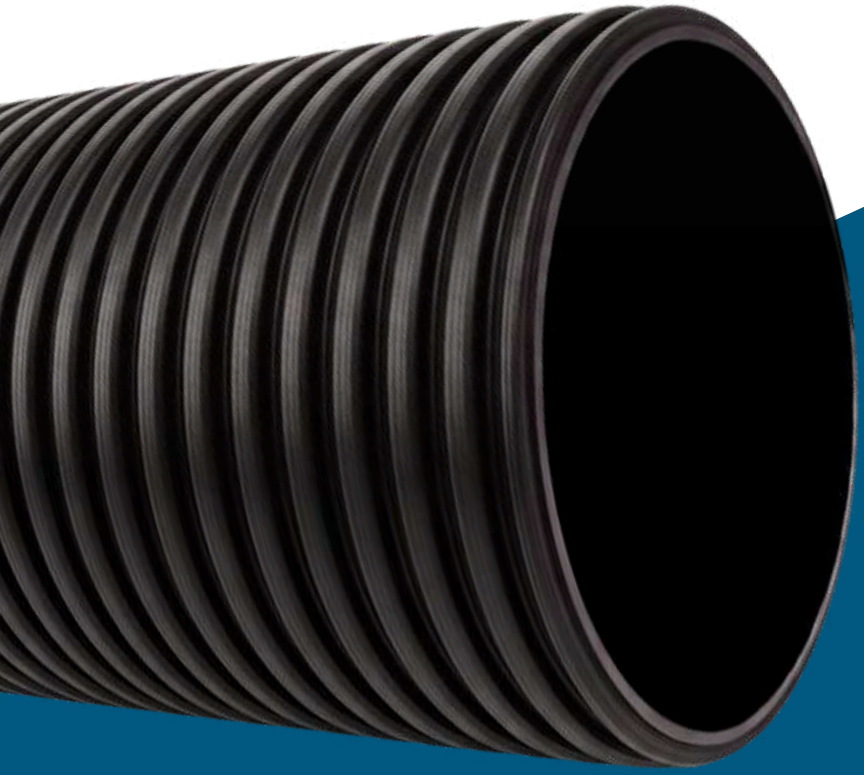
Kanaflex®

MANUAL TÉCNICO

TECHNICAL MANUAL



KNTS Super

Tubería de HDPE corrugado de pared estructurada

Structured-wall Corrugated HDPE pipe

1. **Introducción** 6

1. ***Introduction*** 6

2. **Características Técnicas y Dimensionales – Tubo y accesorios** 7

2. Technical and Dimensional Specifications – Pipes and Fittings 7

2.1 Materia prima 10

2.1 Raw Material 10

2.1.1. Polietileno 10

2.1.1 Polyethylene 10

2.1.2. Tipos de PE en Función de la Densidad 11

2.1.2 PE Classification by Density 11

2.1.3. Resistencias Química del PE 12

2.1.3 Chemical Resistance of PE 12

2.1.4. Resistencia del PEAD 15

2.1.4. HDPE Resistance 15

2.1.5. Otras características 16

2.1.5. Other Characteristics 16

2.1.6. Temperatura de operación 16

2.1.6. Operating Temperature 16

2.2. Tubo KNTS Drain 17

2.2. KNTS Drain Pipe 17

2.3. Accesorios 19

2.3. Fittings 19

2.3.1. Conexión Campana Campana 19

2.3.1. Bell-by-Bell Coupling (Double Bell Coupling) 19

2.3.2. Tapón 20

2.3.2. End Cap / Plug 20

2.3.3. Codo 45° Espiga Espiga 20

2.3.3. 45° Elbow (Spigot x Spigot) 20

2.3.4. Codo 45° Espiga Campana 21

2.3.4. 45° Elbow (Spigot x Bell) 21

2.3.5. Codo 45° Campana Campana 22

2.3.5. 45° Elbow (Bell x Bell) 22

2.3.6. Codo 90° Espiga Espiga 22
2.3.6. 90° Elbow (Spigot x Spigot) 22
2.3.7. Codo 90° Campana Campana 23
2.3.7. 90° Elbow (Bell x Bell) 23
2.3.8. Codo corto 45° Espiga Espiga 24
2.3.8. Short-Radius 45° Elbow (Spigot x Spigot) 24
2.3.9. Codo corto 45° Campana Campana 24
2.3.9. Short-Radius 45° Elbow (Bell x Bell) 24
2.3.10. Codo corto 90° Espiga Espiga 25
2.3.10. Short-Radius 90° Elbow (Spigot x Spigot) 25
2.3.11. Codo corto 90° Campana Campana 26
2.3.11. Short-Radius 90° Elbow (Bell x Bell) 26
2.3.12. Unión "Tee" Espiga Espiga Espiga 26
2.3.12. Tee Branch (Spigot x Spigot x Spigot) 26
2.3.13. Unión "Tee" Campana Campana Campana 27
2.3.13. Tee Branch (Bell x Bell x Bell) 27
2.3.14. Unión "Y" Espiga Espiga Espiga 28
2.3.14. Wye Branch / 45° Lateral Tee (Spigot x Spigot x Spigot) 28
2.3.15. Unión "Y" Campana Campana Campana 28
2.3.15. Wye Branch / 45° Lateral Tee (Bell x Bell x Bell) 28
2.3.16. Reducción Excéntrica Espiga Campana 29
2.3.16. Eccentric Reducer (Spigot x Bell) 29
2.3.17. Reducción Excéntrica Campana Campana 29
2.3.17. Eccentric Reducer (Bell x Bell) 29
2.3.18. Anillo de Sellado 30
2.3.18. Rubber Sealing Ring (Gasket) 30
2.3.19. Pasta Lubricante Kanalub 30
2.3.19. Kanalub Pipe Lubricant 30
3. Dimensionamiento 32
3 Sizing 32
3.1 Dimensionamiento Mecánico e Influencia de Cargas Externas 32
3.1. Mechanical Sizing and Influence of External Loads 32
3.1.1. Clasificación de la Rigidez de los Tubos 33

3.1.1. Pipe Stiffness Classification 33
3.1.2. Condiciones de Instalación e Interacción entre el Tubo y el Suelo 33
3.1.2. Installation Conditions and Pipe–Soil Interaction 33
3.1.3. Diseño Estructural del Tubo 38
3.1.3. Structural Design of the Pipe 38
3.1.4. Estructura Suelo / Tubo (Marston-Spangler) 44
3.1.4. Soil–Pipe Structure (Marston–Spangler) 44
3.1.5. Cálculo de la Deflexión Vertical del Tubo - DDv 46
3.1.5. Vertical Deflection Calculation 46
3.2. Dimensionamiento Hidráulico 54
3.2. Hydraulic Sizing 54
3.2.1. Conductos Libres – Lámina de Agua y Velocidad de Flujo 54
3.2.1. Gravity Flow (Open Channel) – Flow Depth and Velocity 54
4. Instalación 62
4. Installation 62
4.1. Consideraciones Generales sobre el Suelo y Propiedades Geotécnicas 62
4.1. General Considerations on Soil and Geotechnical Properties 62
4.1.1. Suelo de Apertura y Relleno de la Zanja 63
4.1.1. Excavation Soil and Trench Backfill] 63
4.1.2. Suelos para Uso en la Envoltura del Tubo 65
4.1.2. Soils for Use in the Pipe Zone 65
4.1.3. Compactación de Suelos para Uso en Envoltura y Relleno Final 68
4.1.3. Soil Compaction for Embedment and Final Backfill 68
4.2. Procedimiento de Instalación 68
4.2. Installation Procedure 68
4.2.1. Apertura y Preparación de la Zanja 68
4.2.1. Trench Excavation and Preparation 68
4.2.2. Excavación de la Zanja 69
4.2.2. Trench Excavation 69
4.2.3. Ancho de la Zanja 69
4.2.3. Trench Width 69
4.2.4. Profundidad de la Zanja 70
4.2.4. Trench Depth 70

4.2.5. Alineación y Pendiente 71
4.2.5. Alignment and Grade 71
4.2.6. Zanjas con Entibado 71
4.2.6 Shored Trenches 71
4.2.7. Zanjas con Presencia de Agua o Instalación de la Tubería bajo el Nivel Freático 71
4.2.7. Wet Trenches and Installation Below the Water Table 71
4.2.8. Pipe Zone Embedment - Construction Recommendations 75
4.3. Asentamiento del Tubo 79
4.3. Pipe Laying 79
4.3.1. Posicionamiento del Tubo en la Zanja 79
4.3.1. Pipe Handling and Lowering 79
4.3.2. Tubos Paralelos en Zanja 79
4.3.2. Parallel Pipes in a Single Trench 79
4.3.3. Instalación de Tubos en Terrenos de Pendiente Pronunciada 80
4.3.3. Steep Slope Installations 80
4.3.4. Tubos Salientes o con Generatriz Superior por Encima de la Cota del Terreno Natural 81
4.3.4. Embankment/Projecting Installations Above Natural Grade 81
4.3.5. Unión de Tubos y Accesorios 82
4.3.5. Joining Pipes and Fittings 82
4.3.6. Deflexión Angular en la Unión 85
4.3.6. Angular Deflection at Joints 85
4.3.7. Anclaje de Accesorios y Envolvente de Tubos en Hormigón/Concreto 86
4.4. Recomposición del Pavimento 87
4.4. Pavement Restoration 87
4.5. Llegada y Salida en Cajas de Paso o Pozos de Inspección (PV) 88
4.5. Connections to Junction Boxes and Maintenance Holes (MH) 88
5. Manejo y Transporte 89
5. Handling and Transportation 89
6. Almacenamiento y Acopio 90
6. Storage and Stacking 90
7. Aspectos de la Calidad 92
7. Quality Aspects 92

7.1. Estándares Normativos del Tubo KNTS Super 92

7.1. KNTS Super Normative Standards 92

7.2. Identificación del Producto 92

7.2. Product Identification 92

7.3. Control de la Calidad del KNTS Super 93

7.3. KNTS Super Quality Control 93

7.3.1. Control de la Materia Prima 93

7.3.1. Raw Material Testing 93

7.3.2. Control del Producto en el Proceso de Fabricación 94

7.3.2. In-Process Product Testing 94

8. Bibliografía 95

8. Bibliography 96

Notas: 97

Notes: 97

1. Introducción

1. Introduction

El KNTS Super es un tubo corrugado con paredes estructuradas, de doble pared siendo la interna lisa y la externa corrugada anular, fabricado en PEAD (Polietileno de Alta Densidad), destinado a la conducción de líquidos por gravedad en redes enterradas de infraestructura.

The KNTS Super is a corrugated pipe featuring structured walls with a dual-layer profile—a smooth inner wall and an annular corrugated outer wall—manufactured from HDPE (High-Density Polyethylene). It is designed for gravity-fed liquid conveyance in underground infrastructure networks.

Este manual proporciona insumos técnicos para proyectistas e instaladores y no sustituye los criterios de ingeniería, los reglamentos de seguridad o cualesquiera otras leyes y disposiciones locales, así como las especificaciones e instrucciones del proyectista, autoridad final en todas las etapas de los trabajos de ingeniería.

This manual provides technical data for designers and installers and does not replace engineering criteria, safety regulations, or any other local laws and ordinances, nor does it override the specifications and instructions of the design engineer, who remains the final authority across all stages of the engineering work.

En el ítem 2 se presentan las características técnicas y dimensionales de los tubos KNTS Super y accesorios.

Section 2 outlines the technical and dimensional specifications of KNTS Super pipes and fittings.

En el ítem 3 se presentan los parámetros y fórmulas que posibilitan el cálculo de deflexiones verticales y de desempeño hidráulico de los tubos.

Section 3 presents the parameters and formulas for calculating vertical deflection and the hydraulic performance of the pipes.

Los tubos KNTS Super deben instalarse teniendo en consideración el asentamiento y el soporte de relleno del tubo conforme a las orientaciones contenidas en el ítem 4, ya que el éxito de la construcción de redes con tubos no rígidos depende principalmente del tipo de ejecución (zanja o terraplén) y del comportamiento del suelo de envoltura y recubrimiento. El tubo y el material de envoltura/recubrimiento forman un sistema tubo-suelo, pues los tubos no rígidos enterrados constituyen estructuras que interactúan fuertemente con el suelo circundante. Para brindar información a los no familiarizados con el área de geotecnia, en este ítem se abordan algunos conceptos de mecánica de suelos, de modo que se proporcione el fundamento mínimo necesario para

la comprensión de una correcta instalación, involucrando materiales, cuidados y métodos que agregan seguridad en la ejecución del sistema de tuberías en campo.

KNTS Super pipes must be installed with careful consideration given to bedding and backfill support, as outlined in Section 4. The success of pipeline construction using flexible pipes relies primarily on the installation method (trench or embankment) and the behavior of the surrounding envelope and backfill soil. Flexible buried pipes form an integrated pipe-soil system, interacting dynamically with the surrounding soil structure. To assist those unfamiliar with geotechnical engineering, this section covers key soil mechanics concepts, providing the baseline foundation required to ensure proper installation—including materials, best practices, and field techniques that enhance overall system safety.

La instalación debe realizarse de modo riguroso y adecuado, con el objetivo de maximizar los resultados de las innumerables ventajas que los tubos KNTS Super proporcionan.

Installation must be executed rigorously and correctly to fully capitalize on the numerous advantages offered by KNTS Super pipes.

2. Características Técnicas y Dimensionales – Tubo y accesorios

2. Technical and Dimensional Specifications – Pipes and Fittings

El KNTS Super es un tubo corrugado de doble pared, siendo la interna lisa y la externa corrugada anular, fabricado en PEAD (Polietileno de Alta Densidad). Desarrollado para su uso en instalación enterrada, se aplica en drenaje pluvial, alcantarillado sanitario o efluentes químicos, y conducción de aguas subterráneas. El KNTS Super proporciona mayores velocidades de escurrimiento y caudales en el sistema de tuberías, en comparación con tubos fabricados con otros materiales.

KNTS Super is a dual-wall corrugated pipe featuring a smooth inner wall and an annular corrugated outer wall, manufactured from HDPE (High-Density Polyethylene). Engineered for underground installations, it is designed for stormwater drainage, sanitary sewers, chemical effluent disposal, and sub-surface water management. Compared to pipes made from traditional materials, KNTS Super delivers higher flow velocities and capacities across the piping network.

Se fabrica en barras de 6 metros con campana integrada y campana de estanqueidad (anillo de sellado). La unión del tipo junta elástica presenta facilidad de montaje frente a las simples operaciones requeridas, además de utilizar un único accesorio, el anillo de goma. Permite dilataciones y deflexiones angulares que facilitan las adaptaciones de la tubería al trazado del proyecto, reduciendo el empleo de conexiones.

Supplied in 6-meter lengths with an integrated bell and a elastomeric sealing ring, the push-on rubber ring joint ensures fast, simple assembly using a single accessory. The joint design accommodates thermal

expansion and angular deflection, allowing the pipeline to adapt to alignment changes and significantly reducing the need for fittings.

Figura 1 - Tubo KNTS Super / ***Figure 1 – KNTS Super Pipe***

Disponible en las clases de rigidez SN4 (ISO 9969) para todos los diámetros y SN8 para diámetros de hasta 600 mm, el KNTS Super presenta un alto desempeño mecánico, posibilitando la realización de una instalación segura cuando se respetan los parámetros de proyecto y las orientaciones contenidas en este manual. Las paredes externa e interna se suministran en color negro, sin embargo, la pared interna puede suministrarse en color azul u ocre mediante consulta previa.

Available in stiffness classes SN4 (ISO 9969) across all diameters and SN8 for sizes up to 600 mm, KNTS Super exhibits high mechanical performance to ensure safe installation when design parameters and manual guidelines are followed. While both outer and inner walls come standard in black, the inner wall can be supplied in blue or brown upon request.

El KNTS Super se fabrica dentro de elevados estándares de exigencia, cumpliendo la norma ABNT NBR ISO 21.138-3 Sistemas de tuberías plásticas para drenaje y alcantarillado subterráneos no presurizados — Sistemas de tubos con paredes estructuradas de poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) y polietileno (PE) Parte 3: Tubos y conexiones con la superficie externa no lisa, Tipo B.

KNTS Super is manufactured to rigorous quality standards in compliance with ABNT NBR ISO 21138-3: Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage — Structured-wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) — Part 3: Pipes and fittings with non-smooth external surface, Type B.

Son características del KNTS Super:

Key Advantages:

- **Ligereza:** reduce significativamente los riesgos de accidentes personales y la necesidad de maquinaria pesada en las etapas de transporte, manipulación y asentamiento en zanja;

  Lightweight: *Drastically reduces personal injury risks and minimizes the need for heavy machinery during transport, handling, and trench placement.*

- **Barra de 6 metros:** hace que la instalación sea más rápida en comparación con otros tubos de la misma aplicación, proporcionando un ganaje significativo de productividad en la obra;

  6-Meter Lengths: *Accelerates installation speed compared to traditional piping materials, yielding significant productivity gains on site.*

- **Elevada resistencia química:** posibilita la instalación en suelos con elevada salinidad; inmunidad al paso accidental de líquidos agresivos o efluentes industriales;

  High Chemical Resistance: *Allows installation in highly saline soils and provides immunity to accidental exposure to aggressive liquids or industrial effluents.*

- **Baja rugosidad:** su coeficiente de Manning igual a 0,010 posibilita la reducción de la pendiente de instalación y/o, en muchos casos, la reducción del diámetro interno de galerías previamente proyectadas para tubos de mayor rugosidad, sin sacrificar el caudal de diseño;

  Low Roughness: *A Manning coefficient of 0.010 permits reduced installation slopes or, in many cases, smaller pipe diameters than originally specified for rougher materials—without compromising design flow rates.*

- **Alta resistencia al impacto:** reduce a cero la pérdida de material por roturas derivadas de caídas y eventuales golpes mecánicos durante las etapas de manipulación / transporte / instalación en la obra;

  High Impact Resistance: *Prevents material loss from breakage caused by drops or mechanical impacts during handling, transport, and site installation.*

- **Junta tipo espiga-campana-anillo de sellado:** el perfil del tubo KNTS Super, regular a lo largo de toda la sección, permite un acople perfecto entre espiga-campana-anillo de sellado, proporcionando una elevada estanqueidad a la red;

  Bell, Spigot, and Gasket Jointing: *The uniform profile along the length of the KNTS Super pipe ensures a precise fit between the spigot, bell, and rubber ring, guaranteeing high joint tightness.*

El KNTS Super también se fabrica en el tipo perforado, destinándose a la aplicación en dispositivos drenantes de captación de aguas subterráneas en carreteras, vías férreas, aeropuertos, campos deportivos y otras obras de infraestructura donde se hace necesario el control de aguas infiltradas o provenientes de la elevación del nivel freático. Aplicado en la captación y conducción de lixiviados (lixiviado/lixiviados de vertedero) y gas en rellenos sanitarios. En este caso se debe especificar Tubo KNTS Super Perforado (para esta opción, el anillo de sellado no se suministra en conjunto con la barra).

*The KNTS Super is also available in a perforated configuration, designed for subsurface drainage systems that capture groundwater along highways, railways, airports, sports fields, and other infrastructure projects requiring control over infiltration or rising water tables. It is also used for capturing and conveying leachate and gas in landfills. For these applications, specify **KNTS Super Perforated Pipe** (note: sealing rings are not supplied with pipe lengths for this option).*

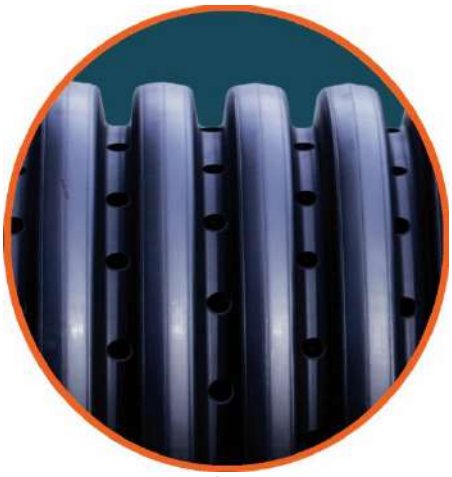


Figura 2 - Tubo KNTS Super Perforado / ***Figure 2 – KNTS Super Perforated Pipe***

2.1 Materia prima

2.1 Raw Material

2.1.1. Polietileno

2.1.1 Polyethylene

El Polietileno (PE) es un plástico obtenido por la unión de innumerables moléculas de etileno (monómeros), a través de la reacción de polimerización, generando una gran macromolécula, la cual, a su vez, confiere a este material las características propias de un polímero.

Polyethylene (PE) is a thermoplastic synthesized through the polymerization of ethylene monomers, forming a high-molecular-weight macromolecule that imparts characteristic polymer properties.

Los polímeros que están constituidos únicamente de carbono e hidrógeno (hidrocarburos) se clasifican como poliolefinas. El PE es la poliolefina que posee la estructura molecular más simple y es el plástico más utilizado actualmente en el mundo.

Polymers composed entirely of carbon and hydrogen (hydrocarbons) are classified as polyolefins. PE is the structurally simplest polyolefin and stands as the most widely used plastic globally.

Entre las ventajas del PE, podemos destacar:
Key advantages of PE include:

- ligereza;
  Lightweight properties
- alta resistencia química;
  Superior chemical resistance
- excelente elasticidad;
  Excellent flexibility and elasticity
- alta resistencia a la abrasión;
  Outstanding abrasion resistance
- alta resistencia al impacto, incluso a bajas temperaturas.
  High impact resistance, even at sub-zero temperatures

2.1.2. Tipos de PE en Función de la Densidad

2.1.2 PE Classification by Density

El PE es notable por su extensa gama de densidad y, de acuerdo con esta propiedad, puede dividirse en:

PE is recognized for its broad density spectrum and is categorized accordingly:

Nombre del Polímero	Sigla
Polietileno de Alta Densidad	PEAD
Polietileno de Media Densidad	PEMD
Polietileno de Baja Densidad	PEBD

Polymer Name	*Abbreviation*
High-Density Polyethylene	*HDPE*
Medium-Density Polyethylene	*MDPE*
Low-Density Polyethylene	*LDPE*

El PE utilizado para la fabricación del tubo KNTS Super posee el valor típico de densidad de aproximadamente 0,95 g/cm³, lo que lo clasifica como Tubo PEAD. Debido a esta característica, aliada a la estructura corrugada de los tubos, el producto final presenta una destacada ligereza cuando se compara con tubos equivalentes fabricados con otros materiales.

The PE resin used in KNTS Super pipes features a typical density of approximately 0.95 g/cm³, classifying it as HDPE. This property, combined with the corrugated structural profile, results in an exceptionally lightweight product relative to conventional piping alternatives.

2.1.3. Resistencias Química del PE

2.1.3 Chemical Resistance of PE

El PE posee una estructura apolar similar a la de los hidrocarburos parafínicos y, por esta razón, este polímero posee una excelente resistencia a sustancias químicas.

PE exhibits a non-polar chemical structure similar to paraffinic hydrocarbons, granting it exceptional resistance to chemical attack.

El PE es resistente a soluciones acuosas de sales, ácidos diluidos y álcalis. Solo agentes fuertemente oxidantes, tales como peróxidos altamente concentrados y ácidos o halógenos atacan el PE tras un período de exposición prolongado.

It remains unaffected by aqueous salt solutions, dilute acids, and alkalis. Only strong oxidizing agents—such as highly concentrated peroxides, concentrated oxidizing acids, or halogens—will attack PE after prolonged exposure.

Tal resistencia no excluye, sin embargo, la posibilidad de que, bajo ciertas condiciones, las propiedades mecánicas del PE puedan verse influenciadas por la acción de compuestos químicos. Para información más específica y detallada, recomendamos consultar la norma ISO/TR 10358 “Plastics pipes and fittings - Combined chemical - resistance classification table”.

However, under specific conditions, certain chemical compounds can still influence the mechanical properties of PE. For comprehensive guidelines, refer to ISO/TR 10358: Plastics pipes and fittings — Combined chemical-resistance classification table.

Algunas informaciones sobre la Resistencia Química del PE están indicadas en la Tabla 1.

Representative chemical resistance data for PE is detailed in Table 1 below.

Producto	Temperatura		Producto	Temperatura	
	20 °C	60 °C		20 °C	60 °C
Acetato de plomo	E	E	Cloruro de sodio	E	E
Acetona 100%	E	E,D	Cloruro de zinc	E	E
Ácido acético glacial	E	G,D,c,f	Cloro (gas y líquido)	F	N
Ácido bromhídrico 100%	E	E	Clorobenceno	G	F,D,d,c
Ácido carbónico	E	E	Cloroformo	G	F,D,d,c
Ácido carboxílico	E	E	Detergentes	E	E,c
Ácido cianhídrico	E	E	Diclorobenceno	F	F
Ácido clorhídrico	E	E,d	Dioctilftalato	E	G,c
Ácido clorosulfónico	F	N	Dióxido de azufre líquido	F	N
Ácido crómico 80%	E	F,D	Azufre	E	E
Ácido fluorhídrico 1-75%	E	E	Esencia de trementina	G	G
Ácido fosfórico 30-90%	E	G,D	Ésteres alifáticos	E	G

Ácido glicólico 55-70%	E	E	Éter	G	F
Ácido nítrico 50%	G,D	F,D,f	Éter de petróleo	G,d,i	F,d
Ácido nítrico 95%	N,F,f	N,c	Flúor gaseoso 100%	N	N
Ácido perclórico 70%	E	F,D	Gasolina	E	G,c
Ácido salicílico	E	E	Hidróxido de amonio 30%	E	E
Ácido sulfocrómico	F	F,f	Hidróxido de potasio conc.	E	E,c
Ácido sulfúrico 50%	E	E	Hidróxido de sodio conc.	E	E,c
Ácido sulfúrico 98%	G,D	F,D,f	Hipoclorito de calcio sat.	E	E
Ácido sulfuroso	E	E	Hipoclorito de sodio 15%	E	E,D,d
Ácido tartárico	E	E	Isooctano	G	G
Ácido tricloroacético 50%	E	E	Metiletilcetona	E	F
Ácido tricloroacético 100%	E	F	Nafta	E	G
Acrilonitrilo	E	E	Nitrato de amonio saturado	E	E
Agua de mar	E	E	Nitrato de plata	E	E
Alcohol bencílico	E	E	Nitrato de sodio	E	E
Alcohol butílico	E	E	Nitrobenceno	F	N,c
Alcohol etílico 96%	E	E	Aceite comestible	E	E
Alcohol metílico	E	E	Diésel	E	G
Amoníaco	E,D,d	E,D,d	Pentóxido de fósforo	E	E
Anhídrido acético	E	G,D	Permanganato de potasio	D,E	E
Anilina	E	G	Peróxido de hidrógeno 30%	E	E,d
Benceno	G,d	G,d,i	Petróleo	E	E
Benzoato de sodio	E	E	Queroseno	G	G,c
Bicromato de potasio 40%	E	E,D	Sales de níquel	E	E
Borato de sodio	E	E	Sulfatos metálicos	E	E
Blanqueadores	E	G,c	Sulfuro de sodio	E	E
Bromo líquido	F	N	Tetracloruro de carbono	G,d,i	F,d,c
Carbonato de sodio	E	E	Tricloroetileno	F,D	N,D
Cloruro de amonio	E	E	Xileno (xilol)	G,d,i	F,c,d

Tabla 1

LEYENDA:

D - Descoloración.

E - Exposición durante 30 días, sin pérdida de características, pudiendo tolerar el contacto por muchos años.

F - Algunos signos de ataque tras 07 días en contacto con el producto.

G - Ligera absorción tras 30 días de exposición, sin comprometer las propiedades mecánicas.

N - No recomendado. Detectados signos de ataque entre minutos a horas, tras el inicio de exposición.

c - Fisuramiento

d - Deformación

f - Fragilización

i - Hinchamiento.

Product	Temperature		Product	Temperature	
	20 °C	60 °C		20 °C	60 °C
Lead acetate	E	E	Sodium chloride	E	E
Acetone 100%	E	E, D	Zinc chloride	E	E
Glacial acetic acid	E	G, D, c, f	Chlorine (gas & liquid)	F	N
Hydrobromic acid 100%	E	E	Chlorobenzene	G	F, D, d, c
Carbonic acid	E	E	Chloroform	G	F, D, d, c
Carboxylic acid	E	E	Detergents	E	E, c
Hydrocyanic acid	E	E	Dichlorobenzene	F	F
Hydrochloric acid	E	E, d	Dioctyl phthalate	E	G, c
Chlorosulfonic acid	F	N	Liquid sulfur dioxide	F	N
Chromic acid 80%	E	F, D	Sulfur	E	E
Hydrofluoric acid 1–75%	E	E	Turpentine	G	G
Phosphoric acid 30–90%	E	G, D	Aliphatic esters	E	G
Glycolic acid 55–70%	E	E	Ether	G	F
Nitric acid 50%	G, D	F, D, f	Petroleum ether	G, d, i	F, d
Nitric acid 95%	N, F, f	N, c	Fluorine gas 100%	N	N
Perchloric acid 70%	E	F, D	Gasoline	E	G, c
Salicylic acid	E	E	Ammonium hydroxide 30%	E	E
Sulfochromic acid	F	F, f	Potassium hydroxide conc.	E	E, c
Sulfuric acid 50%	E	E	Sodium hydroxide conc.	E	E, c
Sulfuric acid 98%	G, D	F, D, f	Calcium hypochlorite sat.	E	E
Sulfurous acid	E	E	Sodium hypochlorite 15%	E	E, D, d
Tartaric acid	E	E	Isooctane	G	G
Trichloroacetic acid 50%	E	E	Methyl ethyl ketone	E	F
Trichloroacetic acid 100%	E	F	Naphtha	E	G
Acrylonitrile	E	E	Ammonium nitrate sat.	E	E
Seawater	E	E	Silver nitrate	E	E
Benzyl alcohol	E	E	Sodium nitrate	E	E
Butyl alcohol	E	E	Nitrobenzene	F	N, c
Ethyl alcohol 96%	E	E	Edible oil	E	E
Methyl alcohol	E	E	Diesel fuel	E	G
Ammonia	E, D, d	E, D, d	Phosphorus pentoxide	E	E
Acetic anhydride	E	G, D	Potassium permanganate	D, E	E
Aniline	E	G	Hydrogen peroxide 30%	E	E, d
Benzene	G, d	G, d, i	Crude oil / Petroleum	E	E
Sodium benzoate	E	E	Kerosene	G	G, c
Potassium dichromate 40%	E	E, D	Nickel salts	E	E
Sodium borate	E	E	Metal sulfates	E	E
Bleaching agents	E	G, c	Sodium sulfide	E	E
Liquid bromine	F	N	Carbon tetrachloride	G, d, i	F, d, c
Sodium carbonate	E	E	Trichloroethylene	F, D	N, D
Ammonium chloride	E	E	Xylene (Xylol)	G, d, i	F, c, d

Table 1

LEGEND:

D *- Discoloration*
E *- 30-day exposure with no loss of properties; suitable for multi-year contact.*
F *- Minor signs of attack after 7 days of contact.*
G *- Slight absorption after 30 days of exposure; mechanical properties remain uncompromised.*
N *- Not recommended. Signs of attack observed within minutes to hours of exposure.*
c *- Cracking / Environmental Stress Cracking*
d *- Deformation / Swelling*
f *- Embrittlement*
i *- Swelling*

2.1.4. Resistencia del PEAD

2.1.4. HDPE Resistance

Abrasión: El PEAD posee una excelente resistencia a la abrasión en comparación con otros materiales utilizados en la fabricación de tubos para aplicaciones en infraestructura.

Abrasion: *HDPE offers exceptional abrasion resistance compared to other materials used in infrastructure pipe manufacturing.*

Para evaluar esta propiedad se desarrolló un método de ensayo, que se conoció como Prueba de Abrasión de Darmstadt, estandarizado en la norma DIN 19534.

To evaluate this property, a test method known as the Darmstadt Abrasion Test was developed, standardized under DIN 19534.

Muestras de tubos de diferentes materiales se sometieron al mismo ensayo de abrasión y los resultados encontrados se presentan en la Figura 3.

Pipe samples of various materials were subjected to the same abrasion test, and the resulting data is presented in Figure 3.

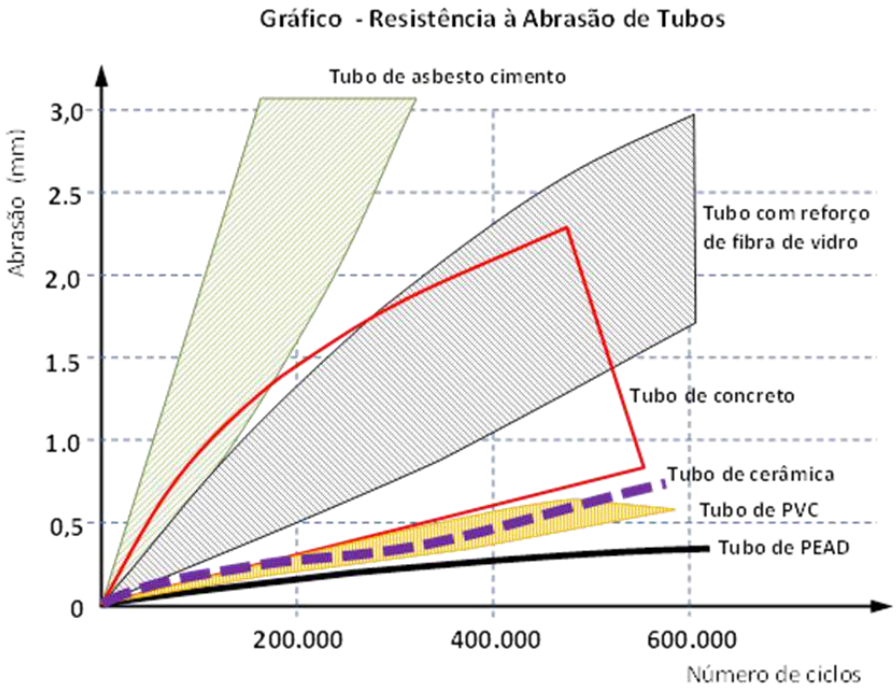


Figura 3 - Gráfico de Abrasión (DIN 19534) - Universidad de Darmstadt

Figure 3 – Abrasion Chart (DIN 19534) – Darmstadt University

2.1.5. Otras características

2.1.5. Other Characteristics

El PEAD es un material dúctil y con excelente resistencia al alargamiento en la rotura, lo que permite que los tubos fabricados con este material se deformen con el eventual movimiento/asentamiento del suelo, sin presentar roturas o fisuras.

HDPE is a ductile material with excellent elongation at break, allowing pipes made from this material to deform alongside potential soil settlement or ground movement without cracking or fracturing.

El PEAD utilizado en la fabricación del tubo KNTS Super presenta valores típicos de resistencia al alargamiento en la rotura por encima del 350% y un módulo de elasticidad del orden de 800 MPa.

The HDPE resin used in the manufacturing of KNTS Super pipes features typical elongation at break values exceeding 350% and an elastic modulus on the order of 800 MPa.

2.1.6. Temperatura de operación

2.1.6. Operating Temperature

El tubo corrugado KNTS Super fue proyectado y dimensionado para trabajar enterrado y no presurizado. Debido a estas condiciones y a la baja conductividad térmica del PEAD, se espera que la superficie externa del tubo esté a una temperatura más baja que la máxima del fluido en su interior.

KNTS Super corrugated pipe is designed and sized for buried, non-pressurized gravity applications. Given these service conditions and the low thermal conductivity of HDPE, the external surface temperature of the pipe is expected to remain lower than the maximum fluid temperature inside.

Los límites de temperatura de operación pueden variar entre 0 y 40 °C, admitiéndose el trabajo a una temperatura máxima de hasta 60 °C en régimen esporádico. La referencia a la temperatura debe considerarse siempre para el fluido y no para el tubo.

Operating temperature limits range from 0 to 40 °C, with intermittent peak temperatures permitted up to 60 °C. Operating temperatures must always be referenced to the fluid, not the pipe itself.

Dentro de este contexto, es de fundamental importancia considerar la propiedad de resistencia química del PEAD y también del material de fabricación del anillo de sellado; por lo tanto, deben observarse las condiciones y límites definidos para cada uno de los materiales que componen el sistema de tuberías. Por ello puede ser necesario reducir el límite máximo de temperatura debido a la compatibilidad química entre el fluido y los materiales de la tubería para los casos en que el líquido conducido sea diferente de aguas pluviales o subterráneas.

In this context, evaluating the chemical resistance of both the HDPE material and the elastomeric sealing ring is critical; therefore, the specific conditions and limits defined for each component in the piping system

must be observed. A reduction in the maximum operating temperature limit may be necessary to ensure chemical compatibility when conveying fluids other than stormwater or groundwater.

Como todo plástico, el PEAD también sufre influencia en sus propiedades bajo el efecto de la temperatura. Un aumento en la temperatura reduce la rigidez del material y una disminución en la temperatura aumenta su rigidez. Aun así, no se esperan implicaciones en la manipulación e instalación de los tubos corrugados ya que, a medida que el tubo se enfría hasta la temperatura ambiente del suelo, retornan las características originales de rigidez.

Like all thermoplastics, HDPE properties are temperature-dependent. An increase in temperature reduces material stiffness, whereas a decrease increases stiffness. However, no adverse effects are expected during pipe handling and installation, as original stiffness characteristics return once the pipe cools to the ambient soil temperature.

Durante la instalación, cuando se observen condiciones extremas entre la temperatura en la superficie del tubo y la temperatura en el ambiente de la zanja, se recomienda, tras la ejecución de las uniones, recubrir el tramo ejecutado para evitar el desplazamiento de las juntas debido al coeficiente de expansión térmica lineal del PEAD.

During installation under extreme ambient-to-trench temperature differentials, backfilling the installed pipeline section immediately after jointing is recommended to prevent joint displacement caused by the linear thermal expansion coefficient of HDPE.

2.2. Tubo KNTS Drain

2.2. KNTS Drain Pipe

El KNTS Super se fabrica en las dimensiones y clase de rigidez presentadas en la Figura 4 y Tabla 2 a continuación:

KNTS Super is manufactured according to the dimensions and stiffness classes shown in Figure 4 and Table 2 below:

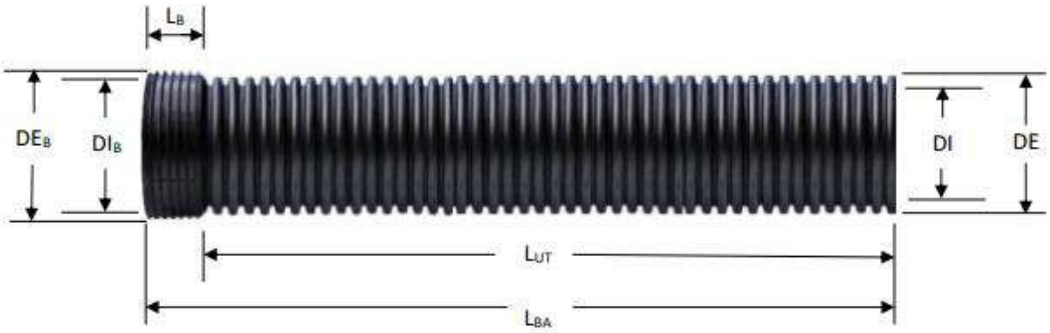


Figura 4 - Tubo KNTS Drain / ***Figure 4 – KNTS Drain Pipe***

Cuadro de medidas de referencia							
Série DN/DI (mm)	Clase de Rigidez	Medidas del Tubo	Medidas de la Campana			Longitud útil de la barra	
	SN (kN/m² o kPa)	DE (mm)	DEB (mm)	DIB (mm)	LB (mm)	LBA (m)	LUT (m)
250	4 u 8	296	315	298	140	6,03	5,89
300	4 u 8	371	395	372	160	6,04	5,88
400	4 u 8	465	495	469	170	6,07	5,90
500	4 u 8	586	621	592	200	6,07	5,87
600	4 u 8	704	740	711	240	6,07	5,83
800	4	903	965	905	350	6,08	5,73
1000	4	1141	1230	1150	480	6,10	5,62
1200	4	1387	1495	1400	400	6,11	5,71
Nota: Serie DN/DI. Diámetro Nominal corresponde al Diámetro Interno.							

Tabla 2 - Cuadro de Medidas del Tubo KNTS Super

Reference Dimension Table							
ND/ID Series (mm)	*Stiffness Class*	*Pipe Dimensions*	*Bell Dimensions*			*Pipe Length*	
	SN (kN/m² or kPa)	*DE (mm)*	*DEB (mm)*	*DIB (mm)*	*LB (mm)*	*LBA (m)*	*LUT (m)*
250	*4 or 8*	*296*	*315*	*298*	*140*	*6.03*	*5.89*
300	*4 or 8*	*371*	*395*	*372*	*160*	*6.04*	*5.88*
400	*4 or 8*	*465*	*495*	*469*	*170*	*6.07*	*5.90*
500	*4 or 8*	*586*	*621*	*592*	*200*	*6.07*	*5.87*
600	*4 or 8*	*704*	*740*	*711*	*240*	*6.07*	*5.83*
800	*4*	*903*	*965*	*905*	*350*	*6.08*	*5.73*
1000	*4*	*1141*	*1230*	*1150*	*480*	*6.10*	*5.62*
1200	*4*	*1387*	*1495*	*1400*	*400*	*6.11*	*5.71*
Note: DN/ID Series. Nominal Diameter corresponds to the Inside Diameter.							

Table 2 – KNTS Super Pipe Dimension Chart

2.3. Accesorios

2.3. Fittings

Kanaflex pone a disposición para la línea KNTS Super una amplia variedad de accesorios que tienen como objetivo proporcionar flexibilidad y versatilidad para necesidades específicas de conexiones en sistemas tubulares.

Kanaflex offers a wide range of fittings for the KNTS Super line, designed to provide flexibility and versatility for specific jointing needs in piping systems.

Los accesorios se fabrican a partir de secciones del propio tubo, mediante proceso de soldadura, garantizando estanqueidad y elevada resistencia en las uniones.

Fittings are fabricated from pipe sections using a specialized welding process, ensuring high joint strength and watertight performance.

Mediante consulta, Kanaflex puede fabricar/suministrar otros tipos de accesorios para Tubos KNTS Super a través de un proceso de segmentación, garantizando la misma estanqueidad de las uniones entre tubos.

Upon request, Kanaflex can custom-fabricate or supply other fitting configurations for KNTS Super pipes using segmenting processes, while maintaining the same watertight joint integrity.

2.3.1. Conexión Campana Campana

2.3.1. Bell-by-Bell Coupling (Double Bell Coupling)

Pieza en PEAD, de sección interna circular, destinada a la unión de tubos KNTS Super del mismo diámetro nominal. La estanqueidad queda asegurada por el anillo de sellado que se aloja en el primer valle de corrugación en la espiga del tubo.

An HDPE fitting with a circular internal cross-section, designed to join KNTS Super pipes of the same nominal diameter. Watertightness is ensured by the elastomeric sealing ring installed in the first valley of the spigot corrugation.

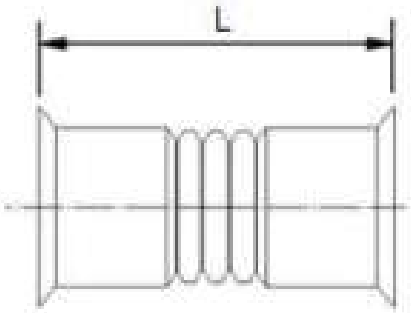


Figura 5 - Conexión Campana Campana KNTS Super / ***Figure 5 – KNTS Super Bell-by-Bell Coupling***

DN	SN (kN/m2)	Dimensiones L (mm)
250	4 u 8	383
300	4 u 8	456
400	4 u 8	490
500	4 u 8	583
600	4 u 8	714
800	4	945
1000	4	1339
1200	4	1223

ND	*SN (kN/m2)*	*Dimensions L (mm)*
250	*4 or 8*	*383*
300	*4 or 8*	*456*
400	*4 or 8*	*490*
500	*4 or 8*	*583*
600	*4 or 8*	*714*
800	*4*	*945*
1000	*4*	*1339*
1200	*4*	*1223*

2.3.2. Tapón

2.3.2. End Cap / Plug

Pieza en PEAD, de sección interna circular, destinada al taponamiento de tubos KNTS Super para evitar la entrada de elementos extraños en su interior al inicio o final de la línea.

An HDPE fitting with a circular internal cross-section, designed to cap KNTS Super pipes to prevent foreign material from entering the system at the start or end of a pipeline run.

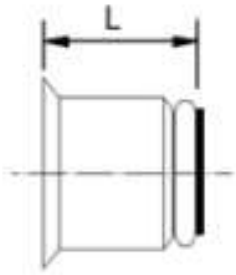


Figura 6 - Tapón KNTS Super / ***Figure 6 – KNTS Super End Cap***

DN	SN (kN/m2)	Dimensiones L (mm)
250	4 u 8	178
300	4 u 8	204
400	4 u 8	217
500	4 u 8	258
600	4 u 8	315
800	4	473
1000	4	670
1200	4	611

ND	*SN (kN/m2)*	*Dimensions L (mm)*
250	*4 or 8*	*178*
300	*4 or 8*	*204*
400	*4 or 8*	*217*
500	*4 or 8*	*258*
600	*4 or 8*	*315*
800	*4*	*473*
1000	*4*	*670*
1200	*4*	*611*

2.3.3. Codo 45° Espiga Espiga

2.3.3. 45° Elbow (Spigot x Spigot)

Pieza en PEAD de sección interna circular en formato Espiga Espiga, destinada a la unión de tubos KNTS Super del mismo diámetro nominal, formando un ángulo de 45° entre los ejes longitudinales de los tubos.

An HDPE fitting with a circular internal cross-section in a Spigot x Spigot configuration, designed to join KNTS Super pipes of the same nominal diameter at a 45° angle.

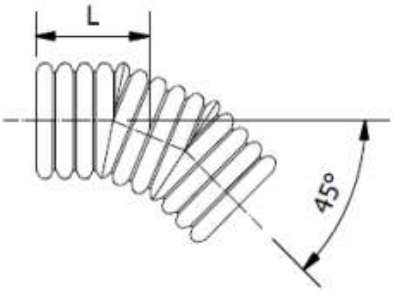


Figura 7 - Codo 45° Espiga Espiga KNTS Super

DN	SN (kN/m2)	Dimensiones L (mm)
250	4 u 8	299
300	4 u 8	341
400	4 u 8	391
500	4 u 8	462
600	4 u 8	584
800	4	Bajo consulta
1000	4	
1200	4	

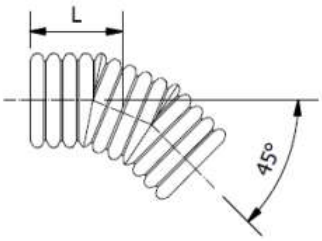


Figure 7 – KNTS Super 45° Elbow (Spigot x Spigot)

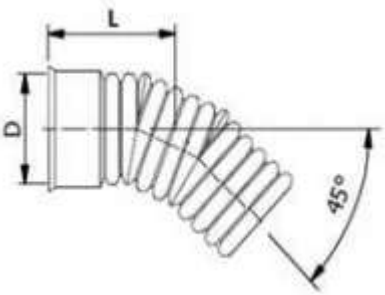
ND	SN (kN/m2)	Dimensions L (mm)
250	4 or 8	299
300	4 or 8	341
400	4 or 8	391
500	4 or 8	462
600	4 or 8	584
800	4	Upon request
1000	4	
1200	4	

2.3.4. Codo 45° Espiga Campana

2.3.4. 45° Elbow (Spigot x Bell)

Pieza en PEAD de sección interna circular en formato Espiga Campana, destinada a la unión de tubos KNTS Super del mismo diámetro nominal, formando un ángulo de 45° entre los ejes longitudinales de los tubos.

An HDPE fitting with a circular internal cross-section in a Spigot x Bell configuration, designed to join KNTS Super pipes of the same nominal diameter at a 45° angle.



DN	SN (kN/m2)	Dimensiones L (mm)
250	4 u 8	322
300	4 u 8	399
400	4 u 8	438
500	4 u 8	517
600	4 u 8	645
800	4	820
1000	4	1181
1200	4	1258

Figura 8 - Codo 45° Espiga Campana KNTS Super

Figure 8 – KNTS Super 45° Elbow (Spigot x Bell)

ND	SN (kN/m2)	Dimensions L (mm)
250	4 or 8	322
300	4 or 8	399
400	4 or 8	438
500	4 or 8	517
600	4 or 8	645
800	4	820
1000	4	1181
1200	4	1258

2.3.5. Codo 45° Campana Campana

2.3.5. 45° Elbow (Bell x Bell)

Pieza en PEAD de sección interna circular en formato Campana Campana, destinada a la unión de tubos KNTS Super del mismo diámetro nominal, formando un ángulo de 45° entre los ejes longitudinales de los tubos.

An HDPE fitting with a circular internal cross-section in a Bell x Bell configuration, designed to join KNTS Super pipes of the same nominal diameter at a 45° angle.

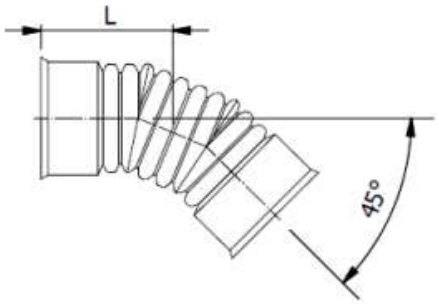


Figura 9- Codo 45° Espiga Campana KNTS Super

Figure 9 – KNTS Super 45° Elbow (Bell x Bell)

DN	SN (kN/m2)	Dimensões L (mm)
250	4 u 8	322
300	4 u 8	399
400	4 u 8	438
500	4 u 8	517
600	4 u 8	645
800	4	Bajo consulta
1000	4	
1200	4	

ND	*SN (kN/m2)*	*Dimensions L (mm)*
250	*4 or 8*	*322*
300	*4 or 8*	*399*
400	*4 or 8*	*438*
500	*4 or 8*	*517*
600	*4 or 8*	*645*
800	*4*	*Upon request*
1000	*4*	
1200	*4*	

2.3.6. Codo 90° Espiga Espiga

2.3.6. 90° Elbow (Spigot x Spigot)

Pieza en PEAD de sección interna circular en formato Espiga Espiga, destinada a la unión de tubos KNTS Super del mismo diámetro nominal, formando un ángulo de 90° entre los ejes longitudinales de los tubos.

An HDPE fitting with a circular internal cross-section in a Spigot x Spigot configuration, designed to join KNTS Super pipes of the same nominal diameter at a 90° angle.

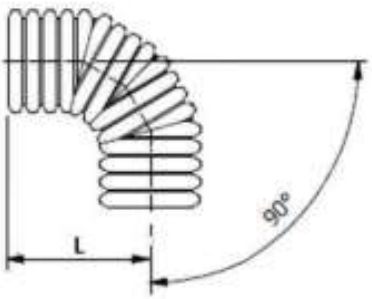


Figura 10 - Codo 90° Espiga Espiga KNTS Super

Figure 10 – KNTS Super 90° Elbow (Spigot x Spigot)

DN	SN (kN/m2)	Dimensiones L (mm)
250	4 u 8	514
300	4 u 8	584
400	4 u 8	644
500	4 u 8	756
600	4 u 8	951
800	4	Bajo consulta
1000	4	
1200	4	

ND	*SN (kN/m2)*	*Dimensions L (mm)*
250	*4 or 8*	*514*
300	*4 or 8*	*584*
400	*4 or 8*	*644*
500	*4 or 8*	*756*
600	*4 or 8*	*951*
800	*4*	*Upon request*
1000	*4*	
1200	*4*	

2.3.7. Codo 90° Campana Campana

2.3.7. 90° Elbow (Bell x Bell)

Pieza en PEAD de sección interna circular en formato Campana Campana, destinada a la unión de tubos KNTS Super del mismo diámetro nominal, formando un ángulo de 90° entre los ejes longitudinales de los tubos.

An HDPE fitting with a circular internal cross-section in a Bell x Bell configuration, designed to join KNTS Super pipes of the same nominal diameter at a 90° angle.

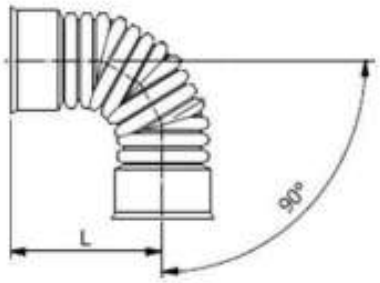


Figura 11 - Codo 90° Campana Campana KNTS Super

Figure 11 – KNTS Super 90° Elbow (Bell x Bell)

DN	SN (kN/m2)	Dimensões L (mm)
250	4 u 8	491
300	4 u 8	526
400	4 u 8	597
500	4 u 8	701
600	4 u 8	890
800	4	Bajo consulta
1000	4	
1200	4	

ND	*SN (kN/m2)*	*Dimensions L (mm)*
250	*4 or 8*	*491*
300	*4 or 8*	*526*
400	*4 or 8*	*597*
500	*4 or 8*	*701*
600	*4 or 8*	*890*
800	*4*	*Upon request*
1000	*4*	
1200	*4*	

2.3.8. Codo corto 45° Espiga Espiga

2.3.8. Short-Radius 45° Elbow (Spigot x Spigot)

Pieza en PEAD de sección interna circular en formato Espiga Espiga, destinada a la unión de tubos KNTS Super del mismo diámetro nominal, formando un ángulo de 45° entre los ejes longitudinales de los tubos.

An HDPE fitting with a circular internal cross-section in a Spigot x Spigot configuration, designed to join KNTS Super pipes of the same nominal diameter at a 45° angle.

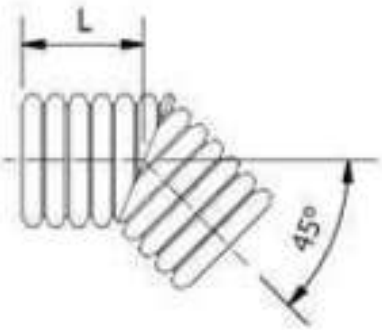


Figura 12 - Codo corto 45° Espiga Espiga KNTS Super

Figure 12 – KNTS Super Short-Radius 45° Elbow (Spigot x Spigot)

DN	SN (kN/m2)	Dimensiones L (mm)
250	4 u 8	306
300	4 u 8	379
400	4 u 8	414
500	4 u 8	488
600	4 u 8	609
800	4	Bajo consulta
1000	4	
1200	4	

ND	*SN (kN/m2)*	*Dimensions L (mm)*
250	*4 or 8*	*306*
300	*4 or 8*	*379*
400	*4 or 8*	*414*
500	*4 or 8*	*488*
600	*4 or 8*	*609*
800	*4*	*Upon request*
1000	*4*	
1200	*4*	

2.3.9. Codo corto 45° Campana Campana

2.3.9. Short-Radius 45° Elbow (Bell x Bell)

Pieza en PEAD de sección interna circular en formato Campana Campana, destinada a la unión de tubos KNTS Super del mismo diámetro nominal, formando un ángulo de 45° entre los ejes longitudinales de los tubos.

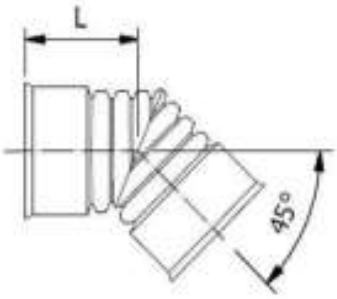


Figura 13 - Codo corto 45° Campana Campana KNTS Super

DN	SN (kN/m2)	Dimensiones L (mm)
250	4 u 8	246
300	4 u 8	326
400	4 u 8	369
500	4 u 8	436
600	4 u 8	552
800	4	Bajo consulta
1000	4	
1200	4	

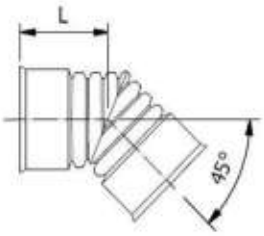


Figure 13 – KNTS Super Short-Radius 45° Elbow (Bell x Bell)

ND	SN (kN/m2)	Dimensions L (mm)
250	4 or 8	246
300	4 or 8	326
400	4 or 8	369
500	4 or 8	436
600	4 or 8	552
800	4	Upon request
1000	4	
1200	4	

2.3.10. Codo corto 90° Espiga Espiga

2.3.10. Short-Radius 90° Elbow (Spigot x Spigot)

Pieza en PEAD de sección interna circular en formato Espiga Espiga, destinada a la unión de tubos KNTS Super del mismo diámetro nominal, formando un ángulo de 90° entre los ejes longitudinales de los tubos.

An HDPE fitting with a circular internal cross-section in a Spigot x Spigot configuration, designed to join KNTS Super pipes of the same nominal diameter at a 90° angle.

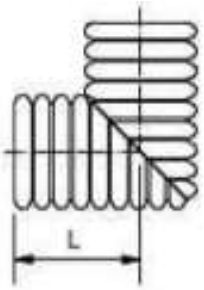


Figura 14 - Codo corto 90° Espiga Espiga KNTS Super

Figure 14 – KNTS Super Short-Radius 90° Elbow (Spigot x Spigot)

DN	SN (kN/m2)	Dimensiones L (mm)
250	4 u 8	358
300	4 u 8	419
400	4 u 8	530
500	4 u 8	620
600	4 u 8	789
800	4	Bajo consulta
1000	4	
1200	4	

ND	SN (kN/m2)	Dimensions L (mm)
250	4 or 8	358
300	4 or 8	419
400	4 or 8	530
500	4 or 8	620
600	4 or 8	789
800	4	Upon request
1000	4	
1200	4	

2.3.11. Codo corto 90° Campana Campana

2.3.11. Short-Radius 90° Elbow (Bell x Bell)

Pieza en PEAD de sección interna circular en formato Campana Campana, destinada a la unión de tubos KNTS Super del mismo diámetro nominal, formando un ángulo de 90° entre los ejes longitudinales de los tubos.

An HDPE fitting with a circular internal cross-section in a Bell x Bell configuration, designed to join KNTS Super pipes of the same nominal diameter at a 90° angle.

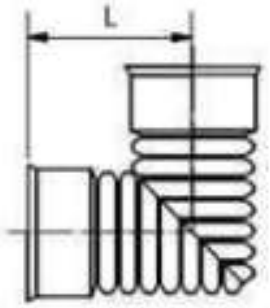


Figura 15 - Codo corto 90° Campana Campana KNTS Super

Figure 15 – KNTS Super Short-Radius 90° Elbow (Bell x Bell)

DN	SN (kN/m2)	Dimensiones L (mm)
250	4 u 8	380
300	4 u 8	477
400	4 u 8	577
500	4 u 8	675
600	4 u 8	850
800	4	Bajo consulta
1000	4	
1200	4	

ND	*SN (kN/m2)*	*Dimensions L (mm)*
250	*4 or 8*	*380*
300	*4 or 8*	*477*
400	*4 or 8*	*577*
500	*4 or 8*	*675*
600	*4 or 8*	*850*
800	*4*	*Upon request*
1000	*4*	
1200	*4*	

2.3.12. Unión "Tee" Espiga Espiga Espiga

2.3.12. Tee Branch (Spigot x Spigot x Spigot)

Pieza en PEAD de sección interna circular en formato Espiga Espiga Espiga, destinada a la unión de tubos KNTS Super del mismo diámetro nominal, formando un ángulo de 90° entre los ejes longitudinales de los tubos.

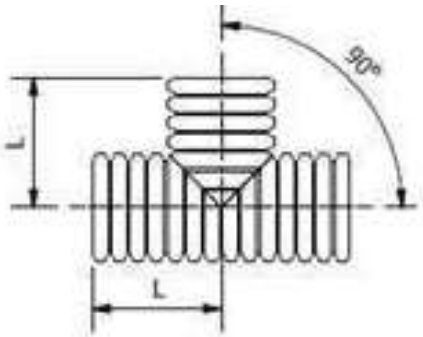


Figura 16 - Unión "Tee" Espiga Espiga Espiga KNTS Super

DN	SN (kN/m2)	Dimensiones L (mm)
250	4 u 8	338
300	4 u 8	437
400	4 u 8	509
500	4 u 8	608
600	4 u 8	761
800	4	Bajo consulta
1000	4	
1200	4	

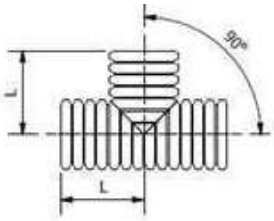


Figure 16 – KNTS Super Tee Branch (Spigot x Spigot x Spigot)

ND	SN (kN/m2)	Dimensions L (mm)
250	4 or 8	338
300	4 or 8	437
400	4 or 8	509
500	4 or 8	608
600	4 or 8	761
800	4	Upon request
1000	4	
1200	4	

2.3.13. Unión "Tee" Campana Campana Campana

2.3.13. Tee Branch (Bell x Bell x Bell)

Pieza en PEAD de sección interna circular en formato Campana Campana Campana, destinada a la unión de tubos KNTS Super del mismo diámetro nominal, formando un ángulo de 90° entre los ejes longitudinales de los tubos.

An HDPE fitting with a circular internal cross-section in a Bell x Bell x Bell configuration, designed to branch KNTS Super pipes of the same nominal diameter at a 90° angle.

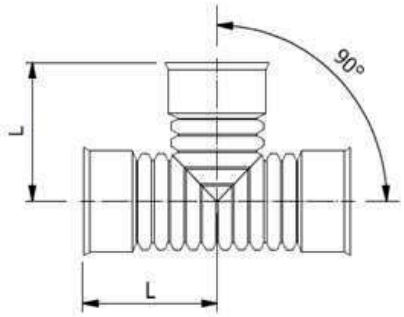


Figura 17 - Unión "Tee" Campana Campana Campana KNTS Super

Figure 17 – KNTS Super Tee Branch (Bell x Bell x Bell)

DN	SN (kN/m2)	Dimensiones L (mm)
250	4 u 8	398
300	4 u 8	495
400	4 u 8	556
500	4 u 8	663
600	4 u 8	822
800	4	Bajo consulta
1000	4	
1200	4	

ND	SN (kN/m2)	Dimensions L (mm)
250	4 or 8	398
300	4 or 8	495
400	4 or 8	556
500	4 or 8	663
600	4 or 8	822
800	4	Upon request
1000	4	
1200	4	

2.3.14. Unión "Y" Espiga Espiga Espiga

2.3.14. Wye Branch / 45° Lateral Tee (Spigot x Spigot x Spigot)

Pieza en PEAD de sección interna circular en formato Espiga Espiga Espiga, destinada a la unión de tubos KNTS Super del mismo diámetro nominal, formando un ángulo de 45° entre los ejes longitudinales de los tubos.

An HDPE fitting with a circular internal cross-section in a Spigot x Spigot x Spigot configuration, designed to branch KNTS Super pipes of the same nominal diameter at a 45° angle.

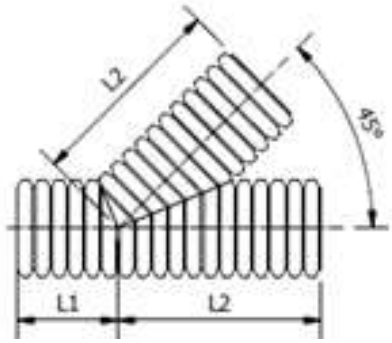


Figura 18 - Unión "Y" Espiga Espiga Espiga KNTS Super

Figure 18 – KNTS Super Wye Branch (Spigot x Spigot x Spigot)

DN	SN (kN/m2)	Dimensiones (mm)	
		L1	L2
250	4 u 8	285	585
300	4 u 8	349	737
400	4 u 8	386	895
500	4 u 8	460	1068
600	4 u 8	568	1329

ND	*SN (kN/m2)*	*Dimensions (mm)*	
		L1	*L2*
250	*4 or 8*	*285*	*585*
300	*4 or 8*	*349*	*737*
400	*4 or 8*	*386*	*895*
500	*4 or 8*	*460*	*1068*
600	*4 or 8*	*568*	*1329*

2.3.15. Unión "Y" Campana Campana Campana

2.3.15. Wye Branch / 45° Lateral Tee (Bell x Bell x Bell)

Pieza en PEAD de sección interna circular en formato Campana Campana Campana, destinada a la unión de tubos KNTS Super del mismo diámetro nominal, formando un ángulo de 45° entre los ejes longitudinales de los tubos.

An HDPE fitting with a circular internal cross-section in a Bell x Bell x Bell configuration, designed to branch KNTS Super pipes of the same nominal diameter at a 45° angle.

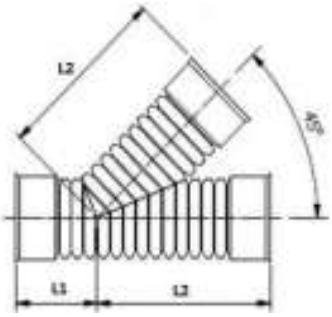


Figura 19 - Unión "Y" Campana Campana Campan KNTS Super

Figure 19 – KNTS Super Wye Branch (Bell x Bell x Bell)

DN	SN (kN/m2)	Dimensiones (mm)	
		L1	L2
250	4 u 8	263	563
300	4 u 8	291	679
400	4 u 8	339	791
500	4 u 8	405	1013
600	4 u 8	507	1268

ND	*SN (kN/m2)*	*Dimensions (mm)*	
		L1	*L2*
250	*4 or 8*	*263*	*563*
300	*4 or 8*	*291*	*679*
400	*4 or 8*	*339*	*791*
500	*4 or 8*	*405*	*1013*
600	*4 or 8*	*507*	*1268*

2.3.16. Reducción Excéntrica Espiga Campana

2.3.16. Eccentric Reducer (Spigot x Bell)

Pieza en PEAD de sección interna circular en formato Espiga Campana, destinada a la unión de tubos KNTS Super de diferentes diámetros nominales.

An HDPE fitting with a circular internal cross-section in a Spigot x Bell configuration, designed to connect KNTS Super pipes of different nominal diameters.

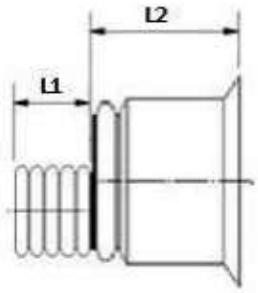


Figura 20 - Reducción Excéntrica Espiga Campana KNTS Super

Figure 20 – KNTS Super Eccentric Reducer (Spigot x Bell)

DN	SN (kN/m2)	Dimensiones	
		L1	L2
300x250	4 u 8	188	204
400x250	4 u 8	188	217
400x300	4 u 8	194	217
500x250	4 u 8	188	258
500x300	4 u 8	194	258
500x400	4 u 8	226	258
600x250	4 u 8	188	315
600x300	4 u 8	194	315
600x400	4 u 8	226	315
600x500	4 u 8	270	315

ND	*SN (kN/m2)*	*Dimensions*	
		L1	*L2*
300x250	*4 or 8*	*188*	*204*
400x250	*4 or 8*	*188*	*217*
400x300	*4 or 8*	*194*	*217*
500x250	*4 or 8*	*188*	*258*
500x300	*4 or 8*	*194*	*258*
500x400	*4 or 8*	*226*	*258*
600x250	*4 or 8*	*188*	*315*
600x300	*4 or 8*	*194*	*315*
600x400	*4 or 8*	*226*	*315*
600x500	*4 or 8*	*270*	*315*

2.3.17. Reducción Excéntrica Campana Campana

2.3.17. Eccentric Reducer (Bell x Bell)

Pieza en PEAD de sección interna circular en formato Campana Campana, destinada a la unión de tubos KNTS Super de diferentes diámetros nominales.

An HDPE fitting with a circular internal cross-section in a Bell x Bell configuration, designed to connect KNTS Super pipes of different nominal diameters.

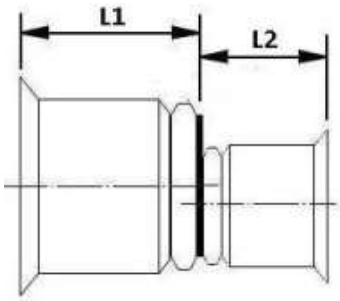


Figura 21 - Reducción Excéntrica Campana

DN	SN (kN/m2)	Dimensiones	
		L1	L2
300x250	4 u 8	204	173
400x250	4 u 8	217	173
400x300	4 u 8	217	204
500x250	4 u 8	258	173
500x300	4 u 8	258	204
500x400	4 u 8	258	217
600x250	4 u 8	315	173
600x300	4 u 8	315	204
600x400	4 u 8	315	217
600x500	4 u 8	315	258

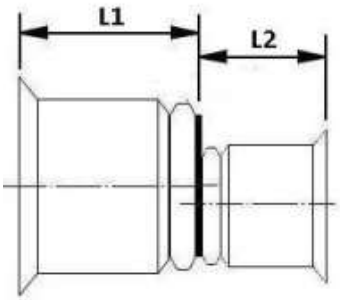


Figure 21 – KNTS Super Eccentric Reducer (Bell x Bell)

ND	SN (kN/m2)	Dimensions	
		L1	L2
300x250	4 or 8	204	173
400x250	4 or 8	217	173
400x300	4 or 8	217	204
500x250	4 or 8	258	173
500x300	4 or 8	258	204
500x400	4 or 8	258	217
600x250	4 or 8	315	173
600x300	4 or 8	315	204
600x400	4 or 8	315	217
600x500	4 or 8	315	258

2.3.18. Anillo de Sellado

2.3.18. Rubber Sealing Ring (Gasket)

Pieza circular no toroidal, fabricada en goma, que debe ser instalada en el valle de la corrugación del extremo de la espiga del tubo, destinada a sellar y dar estanqueidad a los tubos KNTS Super en las uniones conforme a la Figura 21.

A non-toroidal circular rubber gasket installed in the outer corrugation valley at the spigot end to ensure a watertight seal across KNTS Super pipe joints, as shown in Figure 22.

Figura 22 - Anillo de Sellado KNTS Super

Figure 22 – KNTS Super Sealing Ring

2.3.19. Pasta Lubricante Kanalub

2.3.19. Kanalub Pipe Lubricant

Kanalub es una pasta neutra a base de ácidos grasos saponificados de gran poder lubricante, que debe ser aplicada en el interior de la campana y en el anillo de sellado, para facilitar el deslizamiento del anillo en la campana durante la ejecución de la unión. Jamás deben utilizarse grasas o aceites derivados del petróleo, a fin de evitar daños a la goma de los anillos de sellado y/o riesgos al medio ambiente.

Kanalub is a neutral, saponified fatty-acid-based lubricant paste formulated with high lubricity. It must be applied to the inside of the bell and onto the rubber sealing ring to facilitate smooth insertion of the spigot into the bell during joint assembly. Petroleum-based greases or oils must never be used, as they cause deterioration of the rubber gaskets and pose environmental risks.

Figura 23 - Pasta Lubricante Kanalub / ***Figure 23 – Kanalub Pipe Lubricant***

El empaque de la Pasta Lubricante Kanalub, tipo tarro, contiene 900 gramos y para la cuantificación de su uso en la obra se debe considerar la Tabla 3.

Kanalub Pipe Lubricant is supplied in 900-gram tubs. For material estimation on job sites, refer to Table 3 below.

DN del Tubo	Número de uniones por tarro de Kanalub
250	24
300	22
400	20
500	18
600	15
800	12
1000	8
1200	6

Tabla 3

Pipe DN	*Number of Joints per Tub of Kanalub*
250	*24*
300	*22*
400	*20*
500	*18*
600	*15*
800	*12*
1000	*8*
1200	*6*

3. Dimensionamiento

3 Sizing

La información de dimensionamiento contenida en este apartado constituye una guía basada en las normas técnicas vigentes y en la literatura técnica académica.

The sizing information provided in this section serves as a guide based on current technical standards and academic engineering literature.

La información y las fórmulas presentadas en el apartado 3.1 tienen por objeto facilitar la comprensión de los parámetros considerados para el dimensionamiento mecánico del tubo KNTS Super, así como las condiciones de su interacción con el suelo, de modo que su deflexión vertical durante y después de la instalación se mantenga dentro de los límites establecidos en la fase de proyecto.

The concepts and formulas presented in Section 3.1 are intended to facilitate the understanding of the parameters considered in the mechanical design of KNTS Super pipes, as well as their interaction with the surrounding soil, ensuring that vertical deflection during and after installation remains within project design limits.

La información y las fórmulas presentadas en el apartado 3.2 permiten calcular el rendimiento hidráulico de los tubos KNTS Super.

The information and formulas presented in Section 3.2 allow for the calculation of the hydraulic performance of KNTS Super pipes.

3.1 Dimensionamiento Mecánico e Influencia de Cargas Externas

3.1. Mechanical Sizing and Influence of External Loads

El estudio de las cargas externas que actúan sobre tuberías enterradas fue desarrollado teórica y experimentalmente por A. Marston. El concepto fundamental de este estudio establece que la carga debida al peso de la columna de relleno sobre el tubo instalado en zanja se ve modificada por el efecto arco; mediante este fenómeno, parte de dicho peso se transfiere a los prismas laterales adyacentes, de lo que resulta que la carga sobre el tubo puede ser inferior al peso de la columna de relleno que actúa directamente sobre él. Para el desarrollo del estudio fue necesario establecer algunas definiciones esenciales, tales como la Rigidez de los Tubos y las Condiciones de Instalación.

The study of external loads acting on buried pipelines was developed theoretically and experimentally by A. Marston. The core concept of this study establishes that the load resulting from the weight of the backfill prism over a pipe installed in a trench is modified by the arching effect. Through this phenomenon, part of the backfill weight is transferred to the adjacent side prisms, which means the actual load on the pipe can be lower than the weight of the backfill column directly above it. To develop this study, several essential definitions had to be established, such as Pipe Stiffness and Installation Conditions.

3.1.1. Clasificación de la Rigidez de los Tubos

3.1.1. Pipe Stiffness Classification

En relación con el grado de rigidez, los tubos se clasifican en rígidos, semirrígidos o no rígidos (flexibles), según las deformaciones horizontales o verticales que sus secciones transversales puedan alcanzar sin sufrir daños permanentes, de acuerdo con la Tabla 4.

Regarding their degree of stiffness, pipes are classified as rigid, semi-rigid, or non-rigid (flexible), depending on the horizontal or vertical cross-sectional deformations they can undergo without sustaining permanent damage, as shown in Table 4.

Clasificación del tubo	% Deflexión sin daños estructurales	Ejemplos
Rígido	Deflexión < 0,1 %	Hormigón / Concreto, cerámico
Semirrígido	0,1 % ≤ Deflexión ≤ 3,0 %	Hierro fundido
No Rígido (Flexible)	Deflexión > 3,0 %	PEAD, acero, hierro dúctil

Tabla 4 - Clasificación de los tubos según su deflexión

Pipe Classification	*% Deflection Without Structural Damage*	*Examples*
Rigid	*Deflection < 0.1%*	*Concrete, clay/ceramic*
Semi-rigid	*0.1% ≤ Deflection ≤ 3.0%*	*Cast iron*
Non-rigid (Flexible)	*Deflection > 3.0%*	*HDPE, steel, ductile iron*

Table 4 – Classification of pipes according to deflection

Esta clasificación fue modificada posteriormente por el Dr. Spangler (Universidad de Iowa), quien redujo las tipologías a tubos rígidos y no rígidos.

This classification was later modified by Dr. Spangler (Iowa State University), who narrowed the categories down to rigid and non-rigid pipes.

Bajo este criterio mecánico, el tubo KNTS Super se clasifica como tubo no rígido. El concepto de tubo no rígido no hace referencia al sentido longitudinal de la barra, sino a su sección transversal.

Under this mechanical criterion, the KNTS Super pipe is classified as a non-rigid pipe. The concept of a non-rigid pipe refers to its cross-section, not to its longitudinal axis.

3.1.2. Condiciones de Instalación e Interacción entre el Tubo y el Suelo

3.1.2. Installation Conditions and Pipe–Soil Interaction

En cuanto a las condiciones de instalación, los tubos enterrados pueden asentarse en el interior de una zanja o sobre el terreno natural que servirá de base para un terraplén. En la Figura 24 se ilustran las tres condiciones básicas de instalación. Los tubos no rígidos están diseñados para su instalación en suelos firmes, resultando idóneos para su colocación en zanjas abiertas en terreno natural estable.

Regarding installation conditions, buried pipes can be laid inside a trench or directly on natural ground that serves as the foundation for an embankment. Figure 24 illustrates the three basic installation conditions. Non-rigid pipes are designed to be installed in firm soils, making them ideal for placement in open trenches excavated in stable natural ground.

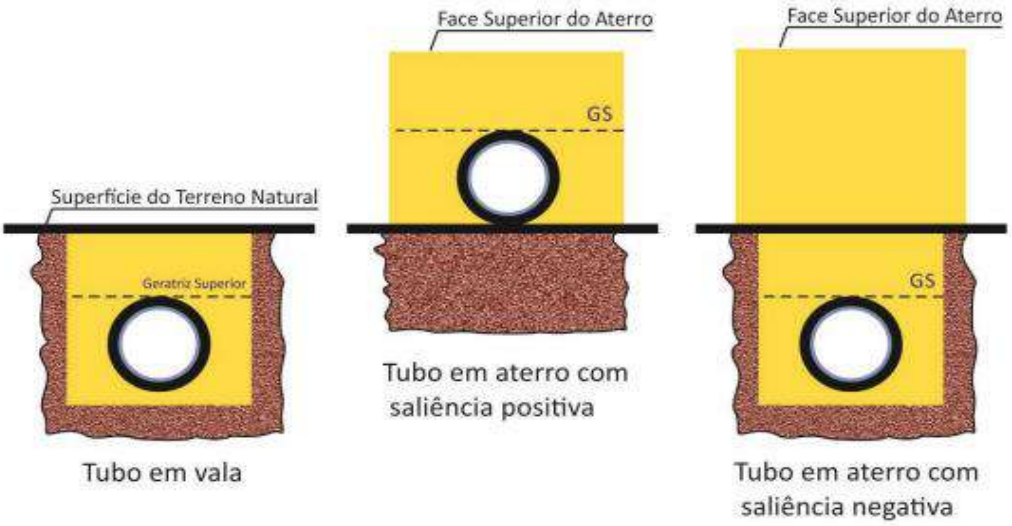


Figura 24 - Condiciones de instalación de tubos en zanja o terraplén

Figure 24 – Installation conditions for pipes in a trench or embankment

La instalación de tubos en zanja presupone que la tubería se asienta en una zanja relativamente estrecha, excavada en suelos pasivos y no alterados, la cual se rellena posteriormente.

Trench installation assumes that the pipeline is laid in a relatively narrow trench excavated in passive, undisturbed soil, which is subsequently backfilled.

El concepto de zanja relativamente estrecha se define por una anchura de zanja comprendida entre 1,5 y 2,0 veces el diámetro exterior del tubo (la anchura ideal es = DE + 2x400 mm). Cuando la anchura de la zanja supera dichos límites, la instalación pasa a comportarse como una condición de terraplén, por lo que deben extremarse las precauciones para la instalación de tubos no rígidos.

A "relatively narrow trench" is defined as having a trench width between 1.5 and 2.0 times the pipe's outer diameter (the ideal width is $W = OD + 2 \times 400$ mm). When the trench width exceeds these limits, the installation begins to behave like an embankment condition; therefore, heightened precautions must be taken when installing non-rigid pipes.

La instalación de tuberías en terrenos que sirven de base para un terraplén comprende dos subdivisiones:

Pipeline installation on ground serving as the base for an embankment falls into two main sub-categories:

- El asentamiento del tubo sobre el terreno natural que recibe el terraplén, manteniendo su generatriz superior por encima de la cota del terreno, como se ilustra para "tubo en terraplén con resalto positivo". En caso de requerirse la instalación de un tubo no rígido en terraplén sobre terreno natural, se debe ejecutar primero el terraplén y su adecuada compactación, para posteriormente realizar la apertura de la zanja y la colocación del tubo.

Positive projecting embankment condition the pipe is laid on natural ground receiving the embankment, with its top crown situated above the natural ground level. If a non-rigid pipe must be installed in an embankment over natural ground, the embankment must first be constructed and properly compacted before excavating the trench and laying the pipe.

- El asentamiento del tubo en el terreno que recibe el terraplén, manteniendo su generatriz superior por debajo de la cota natural del terreno, como se ilustra para "tubo en terraplén con resalto negativo".

  Negative projecting embankment condition the pipe is laid in ground receiving the embankment, with its top crown remaining below natural ground level.

Los estudios desarrollados por Spangler dieron lugar a la siguiente proposición: "Las redes de tuberías enterradas obtienen su capacidad portante de la resistencia inherente de cada tubo a las cargas verticales externas y de la presión lateral del relleno (envoltura) sobre los costados del tubo, la cual genera tensiones en los anillos de la tubería en dirección opuesta a las producidas por la carga vertical".

Studies conducted by Spangler led to the following premise: "Buried piping networks derive their load-bearing capacity from the inherent resistance of each pipe to external vertical loads and from the lateral soil pressure of the sidefill envelope against the pipe walls, which induces hoop stresses in the pipe rings opposite to those produced by the vertical load."

Para tubos no rígidos se ha experimentado y adoptado un límite de anchura de zanja igual a 2 x DE, el cual ofrece buenas condiciones constructivas y de colocación; no se tiene constancia de problemas derivados del empleo de este valor siempre que la tubería se instale conforme a las demás recomendaciones de este manual.

For non-rigid pipes, a trench width limit of $2 \times OD$ has been tested and widely adopted, providing optimal construction and pipe-laying conditions. There are no records of performance issues stemming from this guideline, provided the pipeline is installed in accordance with the other recommendations in this manual.

Como referencia ilustrativa de aplicación se pueden citar las obras de drenaje transversal / alcantarillas en carreteras, que se dividen básicamente en dos tipos: alcantarillas de rasante y alcantarillas de hondonada (cuenca/quebrada).

As an illustrative application example, transverse drainage structures/culverts in highway engineering are basically divided into two types: roadway culverts and stream/ravine culverts.

La **alcantarilla de rasante** constituye una aplicación clásica de "tubo en zanja" o "tubo en terraplén con resalto negativo". Está destinada a la conducción de escorrentías eventuales (cunetas y cárcavas), donde la entrada de agua se realiza habitualmente mediante arquetas de recogida, empleándose para permitir el paso del flujo de agua recogido por los elementos de drenaje superficial, especialmente cunetas. También puede recoger los flujos procedentes de vaguadas naturales o cárcavas interceptadas por la carretera en tramos de corte o desmonte.

*A **roadway culvert** represents a classic application of a "pipe in a trench" or a "pipe in a negative projecting embankment." It is designed to handle intermittent runoff (side ditches and gullies), where water typically enters through collection inlets. Its primary function is to pass surface runoff gathered by drainage elements, especially side ditches. It can also intercept flows from natural drainageways or gullies crossed by cut slopes along the road alignment.*

La **alcantarilla de hondonada** constituye una aplicación clásica de "tubo en terraplén con resalto positivo". Se instala en el fondo de vaguadas y está destinada a cauces permanentes. En obras de mayor envergadura, corresponde a cursos de agua permanentes de arroyos y canales preexistentes, con el consiguiente nivel de responsabilidad estructural.

*A **stream culvert** represents a classic application of a "pipe in a positive projecting embankment." It is installed at the bottom of natural drainageways to handle permanent watercourses. In larger infrastructure works, these convey perennial streams and existing channels, carrying a correspondingly high degree of structural responsibility.*

***Cárcava** – flujo con gran concentración de agua en laderas. Constituye una depresión en el terreno producida por la acción erosiva de dichas aguas de escorrentía. Las cárcavas se clasifican habitualmente a menor escala que los barrancos, valles y cañones.

***Gully** – a channel formed by heavy water concentration on slopes. It represents a depression in the terrain produced by the erosive action of surface runoff. Gullies are generally smaller in scale than ravines, valleys, and canyons.*

***Vaguada / Talweg** – línea que marca el fondo de un valle y por donde discurren las aguas de las fuentes. Línea sinuosa en el fondo del valle resultante de la intersección de dos vertientes y en la cual se concentran las aguas que descienden de ellas.

***Drainageway / Thalweg** – the line defining the lowest points along the length of a valley or valley floor. A sinuous line at the bottom of a valley formed by the intersection of two sloping sides, along which descending surface waters concentrate.*

El tubo KNTS Super aprovecha su capacidad de deformarse o modificarse bajo la acción de las cargas sin sufrir daños estructurales, tal como se ilustra en la Figura 25.

KNTS Super pipe takes advantage of its ability to deform under load without sustaining structural damage, as illustrated in Figure 25.

Esta deformación se conoce como deflexión, la cual permite al tubo adaptarse a la forma del envolvente exterior, transfiriendo la mayor parte de la carga vertical recibida al relleno lateral.

*This deformation is known as **deflexion**, which allows the pipe to conform to the shape of the surrounding backfill envelope, transferring most of the vertical load it receives into the sidefill soil.*

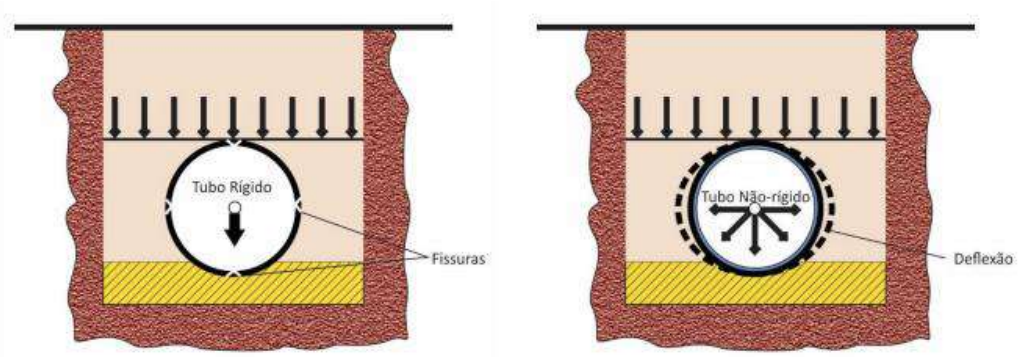


Figura 25 – Comportamiento de los tubos bajo la acción de carga vertical

Figure 25 – Behavior of pipes under vertical loading

Tanto los tubos rígidos como los no rígidos requieren un suelo adecuado, si bien la interacción tubo-suelo difiere en cada caso.

Both rigid and non-rigid pipes require adequate soil support, although the pipe–soil interaction differs significantly in each case.

En el caso del tubo rígido, la carga superior se transmite directamente al fondo de la zanja (cama de apoyo o cuna). En el tubo no rígido, en cambio, la carga se distribuye a través del suelo circundante, de ahí que se afirme que el tubo interactúa con el suelo.

For a rigid pipe, the top load is transmitted directly to the trench bottom (bedding). In contrast, for a non-rigid pipe, the load is distributed throughout the surrounding soil—which is why non-rigid pipes are said to interact with the soil.

La Figura 26 ilustra la interacción suelo/tubo y la transferencia de cargas en ambos tipos de tubería:

Figure 26 illustrates soil–pipe interaction and load transfer for both pipe types:

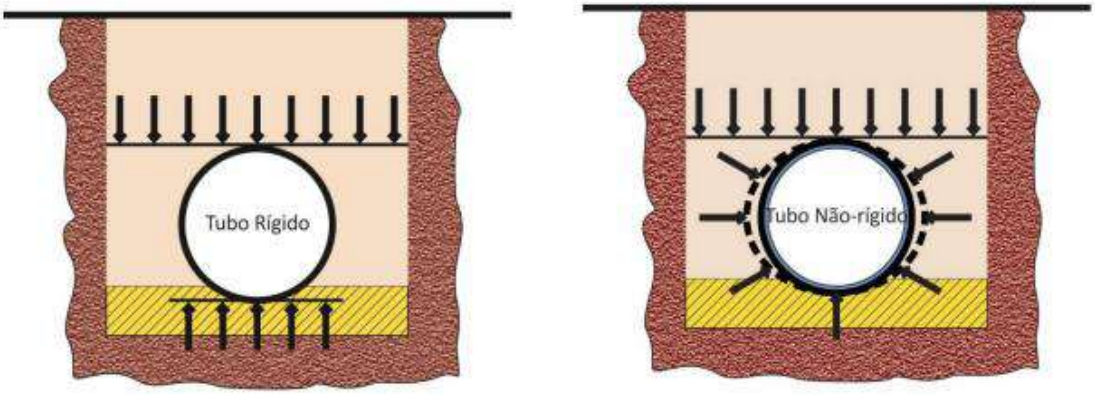


Figura 26 – Interacción Suelo / Tubo (tubo con el suelo de envoltura)
Figure 26 – Soil–Pipe Interaction (pipe with surrounding envelope soil)

Un tubo rígido es, por lo general, considerablemente más rígido que el suelo de envoltura, lo que exige soportar cargas de suelo muy superiores a la carga del prisma situado sobre el tubo.

A rigid pipe is generally significantly stiffer than the surrounding envelope soil, requiring it to carry soil loads much higher than the weight of the soil prism directly above it.

Por otra parte, un tubo no rígido no presenta tanta rigidez como el suelo de relleno, lo que fuerza la movilización del suelo de envolvente lateral a fin de soportar el peso de las cargas de tráfico y del terreno.

On the other hand, a non-rigid pipe is less stiff than the surrounding backfill, forcing the sidefill soil to mobilize lateral resistance to support traffic and overburden loads.

3.1.3. Diseño Estructural del Tubo

3.1.3. Structural Design of the Pipe

Para definir la clase de rigidez aplicable en un sistema de tuberías no rígidas enterradas, los proyectistas deben establecer en primer lugar las deflexiones admisibles para las conducciones, basándose en su experiencia o en normativas de referencia.

To determine the appropriate stiffness class for a buried non-rigid piping system, design engineers must first establish allowable deflection limits for the runs, based on engineering experience or applicable standards.

La práctica habitual en el mercado es la adopción de una deflexión vertical inicial máxima del 5 %; sin embargo, las normas internacionales recomiendan los límites de deflexión reflejados en la Tabla 5. Con el fin de preservar la estanqueidad de las uniones, los valores calculados de deflexión vertical no deben superar dichos límites.

Standard industry practice adopts a maximum initial vertical deflection of 5%; however, international standards recommend the design deflection limits shown in Table 5. To ensure joint tightness and prevent leakage, calculated vertical deflection values must not exceed these limits.

Clase de Rigidez	Deflexión Vertical Media Inicial	Deflexión Vertical Media a Largo Plazo
SN4 y SN8	8%	10%

Tabla 5 - Límites recomendados de deflexión de proyecto

Stiffness Class	Initial Average Vertical Deflection	Long-Term Average Vertical Deflection
SN4 and SN8	8%	10%

Un estudio exhaustivo de registros y observaciones de la deflexión vertical en tubos no rígidos instalados en diversas condiciones durante más de 25 años ha permitido consolidar la experiencia presentada en el Gráfico de Diseño de la Figura 27.

A comprehensive study of records and observations regarding vertical deflection in non-rigid pipes installed under various conditions over more than 25 years has consolidated the experience presented in the Design Chart in Figure 27.

Para las tres condiciones de compactación de la envoltura durante la instalación, es posible estimar el orden de magnitud de la deflexión vertical y seleccionar la clase de rigidez del tubo más adecuada. Las condiciones de validación para esta estimación se de tallan en la Tabla 6.

For the three embedment compaction conditions during installation, it is possible to estimate the order of magnitude of vertical deflection and select the most suitable pipe stiffness class. The validation conditions for this estimate are detailed in Table 6.

Leyenda:

I - Buena Compactación / II - Moderada Compactación / III - Sin Compactación (no recomendado)

Legend:

I - Good Compaction / II - Moderate Compaction / III - No Compaction [not recommended

Figura 27 - Gráfico de Diseño / ***Figure 27 – Design Chart***

El Gráfico de Diseño sirve exclusivamente como referencia informativa para el proyectista y no pretende sustituir el cálculo estructural ni limitar las condiciones a las que puedan someterse los tubos.

The Design Chart serves exclusively as an informative reference for the designer and is not intended to replace structural calculations or limit the conditions to which the pipes may be subjected.

Parámetro	Condiciones de validación
Altura de relleno (*)	0,8 a 6,0 m medidos desde la generatriz superior del tubo.
Cargas de tráfico	Considerada existente.
Calidad de la instalación **Categoría de la instalación "Buena", "Moderada", "Sin" - debe reflejar la ejecución de la mano de obra en la que el proyectista pueda confiar.**	**"Buena" Compactación (I)** En la zanja, el suelo de rellenado de tipo granular en la envoltura del tubo se coloca cuidadosamente en capas de un máximo de 30 cm, debiendo compactarse cada capa antes de recibir la siguiente. A partir de la generatriz superior, el tubo debe cubrirse con una capa de al menos 15 cm también compactada, la cual se considera parte integrante de la envoltura del tubo. La capa de relleno final sobre la envoltura se realiza con material de relleno o suelo nativo y posteriormente se compacta. Los valores típicos para la densidad Proctor deben superar el 94 %.

(Las capas de rellenado de la zanja se detallan en la Figura 26).	**“Moderada” Compactación (II)** En la zanja, el suelo de rellenado de tipo granular en la envoltura del tubo se coloca cuidadosamente en capas de un máximo de 50 cm, debiendo compactarse cada capa antes de recibir la siguiente. A partir de la generatriz superior, el tubo debe cubrirse con una capa de al menos 15 cm también compactada, considerada parte integrante de la envoltura del tubo. La capa de relleno final sobre la envoltura se realiza con material de relleno o suelo nativo y posteriormente se compacta. Los valores típicos para la densidad Proctor deben mantenerse entre el 87 % y el 94 %.
	Sin Compactación (III) Las entibaciones/tablestacas del soporte lateral deben retirarse antes de la compactación, de acuerdo con las recomendaciones de la Norma EN 1610:1997. Si las entibaciones se retiran después de la compactación, se debe considerar que el nivel de compactación "Bueno" o "Moderado" se reducirá al grado Sin Compactación (III).

Tabla 6

Parameter	*Validation Conditions*
Backfill Height (*)	*0,8 to 6,0 m measured from the pipe crown.*
Traffic Loads	*Assumed present..*
Installation Quality ***Installation quality category ("Good", "Moderate", "None") must reflect the level of field execution the designer can rely on.*** ***(Trench backfill layers are detailed in Figure 26).***	***"Good" Compaction (I)*** *Granular backfill soil around the pipe envelope is carefully placed in trench lifts of 30 cm maximum, with each lift thoroughly compacted before placing the next. Above the crown, the pipe must be covered with at least 15 cm of compacted soil, considered an integral part of the envelope. The final backfill layer above the envelope uses select backfill or native soil and is subsequently compacted. Typical standard Proctor density values must exceed 94%.*
	"Moderate" Compaction (II) *Granular backfill soil around the pipe envelope is placed in trench lifts of 50 cm maximum, with each lift compacted before placing the next. Above the crown, the pipe must be covered with at least 15 cm of compacted soil, considered an integral part of the envelope. The final backfill layer above the envelope uses select backfill or native soil and is subsequently compacted. Typical standard Proctor density values should be between 87% and 94%.*

	No Compaction (III) *Trench shoring/sheeting must be removed prior to compaction, in accordance with EN 1610:1997 recommendations. If shoring is removed after compaction, the compaction level must be downgraded from "Good" or "Moderate" to "No Compaction" (III).*

Table 6

(*)*Nota:* *La altura de relleno puede ser inferior a 0,8 m en instalaciones donde la carga de tráfico corresponda a vehículos ligeros y no exista la presencia de un nivel freático elevado que pueda generar empuje hidrostático sobre la tubería enterrada.*

Del mismo modo, las alturas de relleno pueden superar los 6,0 m si se toman las debidas precauciones en el cálculo de la deflexión vertical.

***Note**: Backfill height may be less than 0.8 m in installations where traffic loading consists of light vehicles and there is no high water table that could exert hydrostatic uplift forces on the buried pipe.*

Similarly, backfill heights may exceed 6.0 m provided due care is taken in calculating vertical deflection.

En la Figura 28 se detallan en corte transversal las principales partes y etapas de una instalación típica de tubería enterrada para zanjas de paredes verticales en suelo nativo (o terraplén compactado). La terminología empleada para las partes indicadas en el gráfico es la utilizada a lo largo del texto de este manual.

Figure 28 details a cross-section showing the main zones and stages of a typical buried pipe installation in a vertical-walled trench in native soil (or compacted embankment). The terminology used for these components is applied throughout this manual.

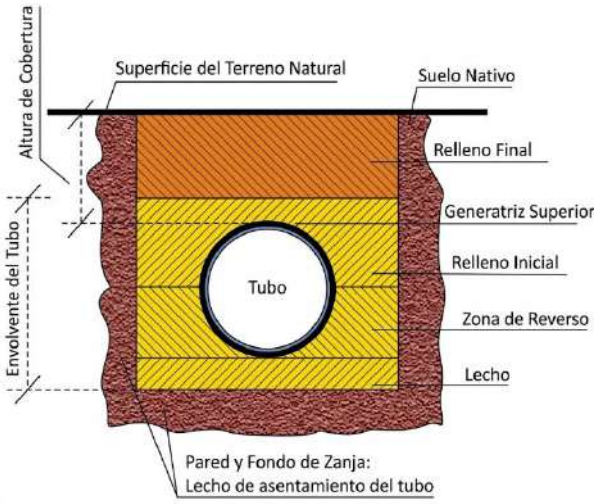


Figura 28 – Tubo enterrado – definición de las partes integrantes de una instalación típica

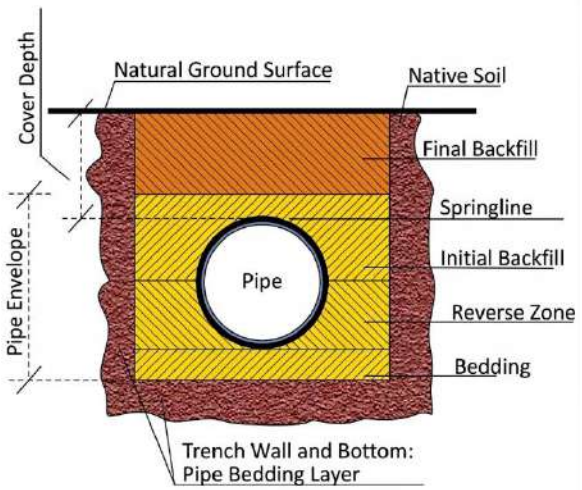


Figure 28 – Buried pipe – component breakdown of a typical installation

Suelo nativo: es el terreno compuesto por material firme, compacto, consistente y sin fallas, donde se excavará la zanja para la instalación del tubo. La cama de asiento del tubo comprende las paredes y el fondo de la zanja. En caso de instalar la tubería en un terraplén sobre suelo nativo, se debe ejecutar primero la correcta compactación del terraplén y, a continuación, la apertura de la zanja.

Native Soil: *Firm, compact, consistent, and defect-free ground in which the trench is excavated for pipe installation. The trench bedding zone includes the trench walls and bottom. If the pipe is installed in an embankment over native soil, the embankment must be properly compacted prior to trench excavation.*

Envoltura: es la denominación que recibe el material compactado adyacente al tubo, el cual incluye la zona de riñoneras (costados), el relleno inicial y la capa inmediatamente superior a la generatriz superior. En instalaciones de tubos no rígidos, la envoltura desempeña una función estructural de gran importancia, donde la capacidad de soporte de las cargas impuestas depende directamente de un apoyo lateral adecuado.

Envelope: *The compacted material immediately surrounding the pipe, including the haunching zone (sides), initial backfill, and the layer directly above the crown. In non-rigid pipe installations, the envelope plays a critical structural role, as the load-bearing capacity of the system depends directly on adequate lateral support.*

Cama de apoyo (cuna): es la capa de soporte sobre la que descansa el tubo. En el caso de tubos no rígidos, la capa de cama de apoyo debe ejecutarse con material granular, preferentemente arena sin compactar, para facilitar el asentamiento de las corrugaciones. Se puede utilizar gravilla (triturado 0 o 1, DN>400) o suelo arcilloso, siempre que no exista presencia de agua ni afloramiento del nivel freático en el fondo de la zanja. Ante la presencia de agua en el fondo de la zanja, no se recomienda el uso de arcillas debido al riesgo de pérdida de consistencia del suelo y la consiguiente degradación de la interacción de soporte tubo-suelo.

Bedding: *The support layer on which the pipe rests. For non-rigid pipes, the bedding layer should consist of granular material, preferably uncompacted sand, to facilitate proper seating of the corrugations. Fine gravel (crushed stone #0 or #1, $DN > 400$) or clayey soil may be used provided no groundwater or water table upwelling is present at the trench bottom. When water is present at the bottom of the trench, clayey soils are not recommended due to the risk of losing soil consistency and degrading pipe-soil interaction support.*

Zona de riñoneras, relleno inicial y capa compactada inmediatamente superior a la generatriz superior: son regiones de la envoltura que requieren una ejecución sumamente rigurosa para que el sistema de tubería no rígida enterrada alcance el rendimiento deseado.

Haunching Zone, Initial Backfill, and Compacted Crown Layer: *Critical areas of the envelope that require strict field execution to ensure the buried non-rigid piping system achieves its design performance.*

Altura de cobertura: es el espesor total de las capas compactadas del suelo de cobertura, medido desde la generatriz superior del tubo en la zanja hasta la superficie del terreno natural o la superficie del terraplén, en caso de que este se sitúe por encima del nivel del terreno.

Depth of Cover: The total thickness of compacted soil layers above the pipe, measured from the pipe crown to the natural ground surface or embankment surface (if elevated above ground level).

3.1.4. Estructura Suelo / Tubo (Marston-Spangler)

3.1.4. Soil–Pipe Structure (Marston–Spangler)

Los doctores Spangler y Marston (Universidad de Iowa - EE. UU.) analizaron el comportamiento de la estructura suelo/tubo no rígido para predecir matemáticamente la deflexión vertical de la tubería como respuesta a la carga (de tráfico y de suelo), al rellenado (compactación y tipo de suelo) y a la propia tubería (material de fabricación y geometría).

Drs. Spangler and Marston (Iowa State University - USA) analyzed the behavior of non-rigid soil–pipe structures to mathematically predict vertical pipe deflection in response to applied loads (traffic and overburden), backfilling (compaction and soil type), and the pipe itself (material properties and geometry).

La ecuación resultante de dicho estudio se conoce como ecuación de Spangler o fórmula de Iowa:

The equation resulting from this work is known as Spangler's Equation or the Iowa Formula:

Deflexión = Carga(s) en la tubería / (Rigidez de la tubería + Rigidez del suelo)

Deflection = Load(s) on the pipe / (Pipe stiffness + Soil stiffness)

Tras la instalación, el reajuste del suelo circundante (envoltura del tubo) evoluciona con el tiempo debido a la carga externa y al modo de asentamiento de la tubería.

Following installation, the settlement and adjustment of the surrounding soil (pipe envelope) evolves over time under external loads and pipe seating dynamics.

La experiencia demuestra que la deflexión vertical máxima tiende a alcanzarse entre 1 y 3 años después de la instalación, en función de los materiales de la envoltura y del relleno final, de la calidad de la compactación y de las cargas externas. Por ello, el cálculo de la deflexión vertical presentado en este manual contempla únicamente las propiedades a corto plazo (iniciales) del producto.

Experience shows that maximum vertical deflection is typically reached between 1 and 3 years after installation, depending on envelope and final backfill materials, compaction quality, and external loads. Therefore, the vertical deflection calculations presented in this manual consider only the short-term (initial) properties of the product.

La Figura 29 ilustra el comportamiento de la deflexión vertical del tubo durante y después de la instalación, considerando la influencia de la carga de tráfico.

Figure 29 illustrates the behavior of vertical pipe deflection during and after installation, considering the influence of traffic loads.

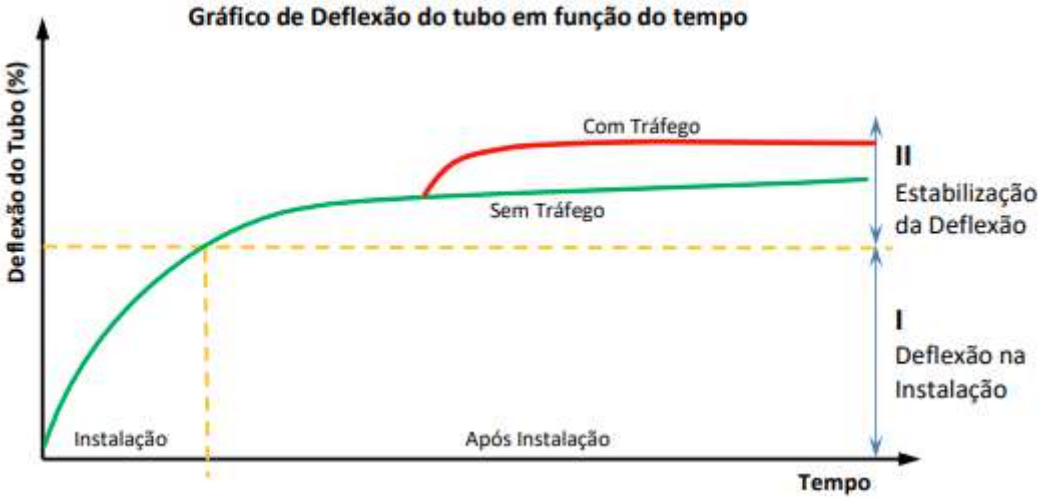


Figura 29 - Gráfico de deflexión del tubo en el momento de la instalación y tras su puesta en servicio

Figure 29 – Pipe deflection over time: at installation vs. post-commissioning

Diversas investigaciones indican que la deflexión adicional hasta que el sistema alcanza su estabilización puede variar entre 1,5 y 2 veces la deflexión resultante de la instalación. Esta variación define el factor de autocompactación que se debe considerar en el cálculo de la deflexión vertical, detallado en el apartado 3.1.5.5.

*Research indicates that additional long-term deflection until system stabilization can range between 1,5 and 2,0 times the deflection measured immediately after installation. This variation defines the **lag factor (consolidation factor)** to be applied in vertical deflection calculations, detailed in Section 3.1.5.5.*

3.1.5. Cálculo de la Deflexión Vertical del Tubo - DD_v

3.1.5. Vertical Deflection Calculation

La ecuación de Spangler fue modificada a partir de estudios desarrollados por diversos investigadores, entre ellos los doctores Barnard y Watkins, quienes simplificaron la ecuación original estableciendo la fórmula modificada de Iowa:

Spangler's equation was modified based on research by various investigators, including Drs. Barnard and Watkins, who simplified the original equation to establish the Modified Iowa Formula:

$$\Delta D_v = b_1.(C.P_s+P_t) / (8.SN+0{,}061.E_R)$$

ΔDv = Deflexión vertical [%]
ΔD_v = Vertical deflection [%]
b_1 = Factor de distribución de carga
b_1 = Load distribution factor (bedding factor)
C = Factor de autocompactación
C = Consolidation fator (deflection lag factor)
P_s = Carga del suelo [kN/m²]
P_s = Soil load [kN/m²]
P_t = Carga de tráfico [kN/m²]
P_t = Traffic load [kN/m²]
SN = Rigidez anular del tubo [kN/m²]
SN = Nominal ring stiffness of the pipe [kN/m²]
E_R = Módulo de rigidez del suelo [kN/m²]
E_R = Soil modulus of reaction /modulus of elasticity [kN/m²]

Los estudios demuestran que la carga vertical que actúa sobre un tubo no rígido colocado en zanja es inferior al peso del material de cobertura. Las fórmulas presentadas a continuación permiten calcular las variables de la fórmula modificada de Iowa según la norma alemana ATV-DVWK-A127, considerando un tubo instalado en zanja de paredes verticales.

Studies show that the vertical load acting on a non-rigid pipe in a trench is lower than the total weight of the soil prism above it. The formulas below allow for the calculation of the variables in the Modified Iowa Formula in accordance with the German standard ATV-DVWK-A127, assuming a pipe installed in a vertical-walled trench.

3.1.5.1. Carga del Suelo (Carga Estática) – P_s

3.1.5.1. Soil Load (Static Load) – P_s

La carga del suelo actuante sobre la tubería se calcula mediante la teoría de Silo, incorporando un factor de corrección derivado de la autosustentación del terreno.

The soil load acting on the pipeline is calculated using Silo Theory, incorporating a correction factor derived from soil self-support (arching action).

$$PS = SC \cdot \gamma \cdot H$$

Ps = Carga vertical del suelo [kN/m²]

P_s = Vertical soil load [kN/m²

γ = Peso específico del material de rellenado [kN/m³]

γ = Unit weight of backfill material [kN/m³]

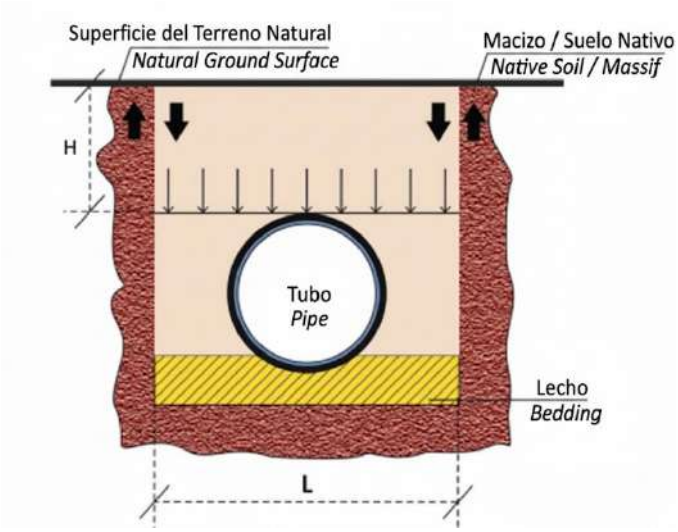
H Profundidad de la zanja hasta la generatriz superior del tubo [m]

H = Depth of trench to the pipe crown [m]

SC = Coeficiente de corrección de la carga del suelo [-]

S_C = Soil load correction coefficient [-]

Figura 30 - Carga de suelo actuante / *Figure 30 – Acting soil load*



3.1.5.2. Coeficiente de Corrección de Carga del Suelo – S_C

3.1.5.2. Soil Load Correction Coefficient – S_C

El coeficiente de corrección de la carga del suelo para zanjas de paredes verticales o sensiblemente verticales se calcula mediante la siguiente fórmula:

The soil load correction coefficient for vertical or near-vertical trench walls is calculated using the following formula:

$$SC = (1 - e^{-2.K_1.tg(\delta).H/L}) / (2.K_1.tg(\delta).H/L)$$

SC = Coeficiente de corrección de la carga del suelo

S_C = Soil load correction coefficient

δ = Ángulo de rozamiento efectivo entre el suelo de relleno y la pared de la zanja [°]

δ = Effective friction angle between backfill soil and trench wall [°]

K_1 = Relación entre empujes horizontales y verticales en el relleno de la zanja

K_1 = Ratio of horizontal to vertical earth pressure in trench backfill

H = Profundidad de la zanja hasta la generatriz superior del tubo [m]

H = Depth of trench to the pipe crown [m]

L = Anchura de la zanja [m]

L = Trench width [m]

***Nota**: Cuando $\delta = 0$, considerar $S_C = 1$. / Note: When $\delta = 0$, use $S_C = 1$.*

Las condiciones de ejecución de la envoltura, específicamente el grado de compactación y las propiedades de sus materiales, resultan fundamentales para el correcto comportamiento de la tubería ante las cargas solicitantes.

Envelope execution conditions—specifically compaction effort and material properties—are fundamental to proper pipeline performance under applied loads.

Los parámetros δ y K_1, en función de la calidad de ejecución de la envoltura, se indican en la Tabla 7.

Parameters K_1 and δ, based on envelope installation quality, are given in Table 7.

Condiciones de recubrimiento		K_1	δ
C1	**Envoltura y relleno final compactados por capas contra la pared de la zanja en suelo natural, con verificación de la densidad Proctor (D_p).**	**0,5**	$\delta = \Psi$
C2	**Envoltura y relleno final compactados por capas contra la pared de la zanja en suelo natural, sin verificación de la densidad Proctor (D_p).**	**0,5**	$\delta = \frac{2}{3}\Psi$
C3	**Envoltura y relleno final en zanjas entibadas verticalmente y sin compactación.**	**0,5**	$\delta = \frac{1}{3}\Psi$
C4	**Zanjas verticales soportadas por paneles de madera u otro equipo de contención.**	**0,5**	$\delta = 0$

***Nota:** Ψ - Ángulo de rozamiento interno del material de la envoltura.*

Tabla 7 – Parámetros δ y K_1 según condiciones de recubrimiento

Embedment Condition		*K1*	*δ*
C1	*Envelope and final backfill compacted in layers against vertical trench walls in natural ground, with Proctor density verification (D_p).*	*0.5*	$\delta = \Psi$
C2	*Envelope and final backfill compacted in layers against vertical trench walls in natural ground, without Proctor density verification (D_p).*	*0.5*	$\delta = \frac{2}{3}\Psi$
C3	*Envelope and final backfill in vertically sheeted/shored trenches without compaction.*	*0.5*	$\delta = 0$
C4	*Vertical trenches supported by trench shields, slide rail systems, or structural sheeting.*	*0.5*	$\delta = 0$

Note: Ψ = Internal friction angle of the envelope material.

Table 7 – K_1 and δ parameters according to backfill conditions

En la Tabla 8 se recogen diversos tipos de suelos aptos para la envoltura, junto con sus valores de peso específico y ángulo de rozamiento interno.

Table 8 lists various soil types suitable for pipe embedment, along with their typical unit weights and internal friction angles.

Tipos de Suelo	γ - Peso específico [kN/m³]	Ψ - Ángulo de rozamiento interno [°]
SUELOS NO COHESIVOS		
Grava + gravilla	21	35,0
Grava + arena	21	35,0
Arena densa	20	35,0
Arena semidensa	20	32,5
Arena suelta	19	30,0
SUELOS COHESIVOS		
Arcilla arenosa rígida	22	22,5
Arcilla arenosa blanda	21	22,5
Arcilla semisólida	21	15,0
Arcilla rígida	20	15,0

Tabla 8 - Tipos de suelos utilizables en envoltura – Peso específico y ángulo de rozamiento

Soil Group / Type	*γ - Unit Weight [kN/m³]*	*Ψ - Internal Friction Angle [°]*
NON-COHESIVE SOILS		
Gravel + crushed rock	*21*	*35,0*
Gravel + sand	*21*	*35,0*
Dense sand	*20*	*35,0*
Medium dense sand	*20*	*32,5*
Loose sand	*19*	*30,0*
COHESIVE SOILS		
Stiff sandy clay	*22*	*22,5*
Soft sandy clay	*21*	*22,5*
Firm/Semi-solid clay	*21*	*15,0*
Stiff clay	*20*	*15,0*

Table 8 – Soil types for envelope backfill – Unit weight and internal friction angle

Los suelos no cohesivos más adecuados para la envoltura de tubos no rígidos son la arena, la gravilla fina o las mezclas de grava, gravilla y arena. Se debe prestar especial atención al empleo de suelos no cohesivos en tubos con escasa altura de cobertura, sin capa superficial impermeable de acabado y con riesgo de ascenso del nivel freático o infiltración de agua de lluvia en la zanja, lo que podría generar empujes hidrostáticos. Los suelos cohesivos, principalmente arcillas, son aplicables en zanjas donde no exista riesgo de acumulación excesiva de agua que reduzca la plasticidad del material de la envoltura y comprometa la capacidad de soporte lateral.

Non-cohesive soils most suitable for non-rigid pipe envelopes are sand, pea gravel, or gravel-sand mixtures. Special attention must be paid when using non-cohesive soils in shallow cover installations lacking an impermeable surface finish, where there is a risk of water table rise or rainwater ponding in the trench, which could induce hydrostatic buoyancy forces. Cohesive soils (primarily clays) are suitable in trenches where there is no risk of excessive water accumulation that could reduce soil plasticity and compromise lateral bearing capacity.

3.1.5.3. Módulo de Rigidez del Material de Envoltura y Relleno Final - E_R

3.1.5.3. Modulus of Reaction of Embedment and Final Backfill Material – E_R

La calidad de la compactación del suelo se mide mediante la "Densidad Proctor" (D_p), que representa la relación entre la densidad del material de la envoltura del tubo y la del suelo natural.

*Soil compaction quality is measured by **Proctor Density** (D_p), representing the ratio of the envelope soil dry density to maximum laboratory dry density.*

Se recomienda un grado de compactación Proctor mínimo del 95 %, tanto para suelos cohesivos como no cohesivos.

A minimum Proctor compaction level of 95% is recommended for both cohesive and non-cohesive soils.

En la Tabla 9 se presenta otra clasificación de grupos de suelo según la norma DIN 18196.

Table 9 presents another classification of soil groups according to the DIN 18196 standard.

Grupo	Tipo de Suelo
1	Suelos no cohesivos
2	Suelos ligeramente cohesivos
3	Suelos cohesivos con mezclas (arena cohesiva y grava)
4	Suelos cohesivos

Tabla 9 - Composición de los Grupos de Suelo

Table 9 – Soil Group Classification (DIN 18196)

El módulo de rigidez del material de relleno (E_R), en función de su grado de compactación (Densidad Proctor - D_p) para los distintos grupos de suelo, se detalla en la Tabla 10.

The soil modulus of reaction (E_R) based on degree of compaction (Proctor Density - D_p) for each soil group is detailed in Table 10.

Grupo de Suelo	Módulo de rigidez del material de envoltura y relleno final (E_R en kN/m² o kPa)					
	Dp=85%	Dp=90%	Dp=92%	Dp=95%	Dp=97%	Dp=100%
1	2.000	6.000	9.000	16.000	23.000	40.000
2	1.200	3.000	4.000	8.000	11.000	20.000
3	800	2.000	3.000	5.000	8.000	13.000
4	600	1.500	2.000	4.000	6.000	10.000

Tabla 10

Soil Group	*Modulus of reaction for embedment and final backfill (E_R in kN/m² or kPa)*					
	Dp=85%	*Dp=90%*	*Dp=92%*	*Dp=95%*	*Dp=97%*	*Dp=100%*
1	*2.000*	*6.000*	*9.000*	*16.000*	*23.000*	*40.000*
2	*1.200*	*3.000*	*4.000*	*8.000*	*11.000*	*20.000*
3	*800*	*2.000*	*3.000*	*5.000*	*8.000*	*13.000*
4	*600*	*1.500*	*2.000*	*4.000*	*6.000*	*10.000*

Table 10

3.1.5.4. Carga de Tráfico (Carga Dinámica) - P_t

3.1.5.4. Traffic Load (Dynamic Load) – P_t

Las cargas de tráfico generadas en la superficie se transmiten al subsuelo. El incremento de tensión vertical correspondiente a la carga de tráfico sobre el plano tangencial a la generatriz superior del tubo se determina mediante la siguiente ecuación. Cuanto menor sea la profundidad de la zanja, mayor será la solicitación por tráfico. La ecuación no resulta aplicable para valores de $H < 0{,}5$ m.

Surface traffic loads are transmitted through the soil cover to the subsoil. The vertical stress increment corresponding to traffic load at the horizontal plane tangent to the pipe crown is determined by Boussinesq-based distribution formulas. The shallower the trench depth, the higher the traffic stress. The equation is not applicable for $H < 0.8$ m.

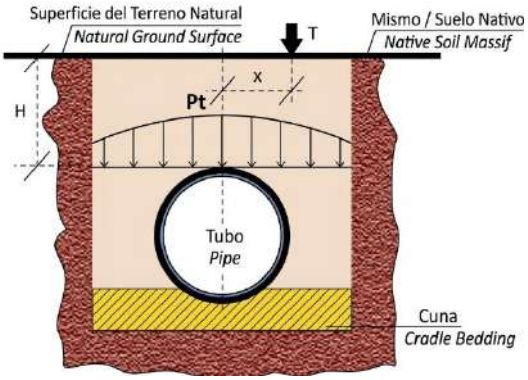


Figura 31 - Carga de tráfico

$$P_t = (3.T) / \{2 . \pi . H^2 . [1 + (x^2/H^2)]^{5/2}\}$$

Pt = Carga de tráfico [kN/m²]

P_t = Traffic load at pipe crown [kN/m²]

T = Carga de tráfico prevista [kN]

T = Design wheel/vehicle traffic load [kN]

H = Profundidad de la zanja hasta la generatriz superior del tubo [m]

H = Depth of trench to the pipe crown [m]

x = Distancia respecto al eje del tubo donde incide la carga [m]

x = Lateral distance from load point to pipe centerline [m

Los valores de la carga de tráfico estimada (T) pueden tomarse de la Tabla 11.

Design traffic load values (T) can be taken from Table 11.

Tipo de Tráfico	Carga Total Prevista (kN)	Carga por Rueda Prevista (kN)
Pesado	600	100
Medio	300	50
LIGERO	120	40 (ruedas traseras) 20 (ruedas delanteras)

Tabla 11 - Carga de tráfico prevista (T)

Traffic Type	*Total Design Load (kN)*	*Design Wheel Load (kN)*
Heavy	*600*	*100*
Medium	*300*	*50*
Light	*120*	*40 (rear wheels)* *20 (front wheels)*

Table 11 – Design traffic loads (T)

3.1.5.5. Factores de Autocompactación y de Distribución de Carga en la Cama de Apoyo

3.1.5.5. Consolidation and Bedding Load Distribution Factors

El factor de autocompactación (C) corrige la deflexión vertical del tubo hasta que el suelo alcanza su estado de estabilización a lo largo del tiempo. Se adopta un valor de 1,5 para compactaciones moderadas y de 2,0 para compactaciones moderadas con baja altura de cobertura.

The consolidation factor (C) accounts for long-term vertical deflection increases until soil stabilization is achieved. A value of $C = 1.5$ is adopted for moderate compaction, and $C = 2.0$ for moderate compaction under shallow depth of cover.

La ejecución de la cama de apoyo influye directamente en la deflexión vertical posterior a la instalación. El factor de distribución de carga (b_1) es un coeficiente de soporte del tubo aplicable al cálculo de la deflexión (véase la ecuación del apartado 3.1.5.) y está asociado al ángulo α formado por el asentamiento de la tubería en la cama de apoyo, tal como se ilustra en la Figura 32.

*Bedding preparation directly affects post-installation vertical deflection. The **load distribution factor** (b_1) is a bedding support coefficient applied in deflection calculations (see Section 3.1.5 equation) associated with the bedding angle (α) formed by pipe seating, as shown in Figure 32.*

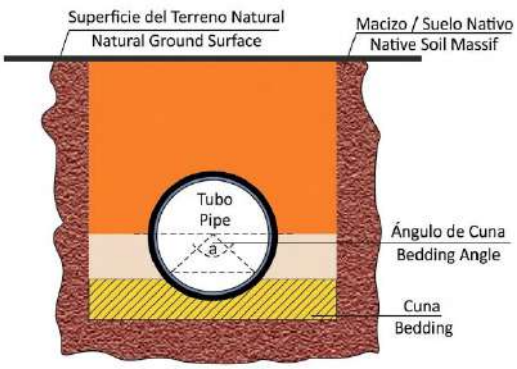


Figura 32 – Ángulo de la cama de apoyo

Figure 32 – Bedding angle (α)

Ángulo de Apoyo (α)	Factor de Distribución de Carga (b1)
0°	0,110
30°	0,108
45°	0,105
60°	0,102
90°	0,096
120°	0,090
180°	0,083

Bedding Angle (α)	*Load Distribution Factor (b1)*
0°	*0,110*
30°	*0,108*
45°	*0,105*
60°	*0,102*
90°	*0,096*
120°	*0,090*
180°	*0,083*

3.1.5.6. Clase de Rigidez o Rigidez Anelar Nominal

3.1.5.6. Stiffness Class or Nominal Ring Stiffness

Los tubos corrugados se clasifican según su rigidez anelar, determinada conforme a la norma ISO 9969.

Corrugated pipes are classified according to their nominal ring stiffness, determined in accordance with ISO 9969.

El término "SN" (*Nominal Ring Stiffness*) indica la rigidez anelar nominal de la tubería, es decir, el valor mínimo garantizado expresado en kN/m² (o kPa).

*The designation **"SN"** (Nominal Ring Stiffness) indicates the minimum guaranteed stiffness value expressed in kN/m² (or kPa).*

El tubo KNTS Super se fabrica en la clase de rigidez SN4, ofreciendo una rigidez anelar mínima de 4 kN/m² (kPa), compatible con los niveles de deflexión y condiciones de validación abordados en el apartado 3.1.3.

*KNTS Super pipe is manufactured in stiffness class **SN4**, providing a minimum ring stiffness of 4 kN/m² (kPa), consistent with the deflection limits and validation conditions discussed in Section 3.1.3.*

3.2. Dimensionamiento Hidráulico

3.2. Hydraulic Sizing

3.2.1. Conductos Libres – Lámina de Agua y Velocidad de Flujo

3.2.1. Gravity Flow (Open Channel) – Flow Depth and Velocity

Las tuberías y canales funcionan como conductos libres cuando la superficie del líquido discurre a presión atmosférica. Los canales son considerados conductos libres abiertos, mientras que los tubos para drenaje o saneamiento en estas condiciones de presión se clasifican como conductos libres cerrados.

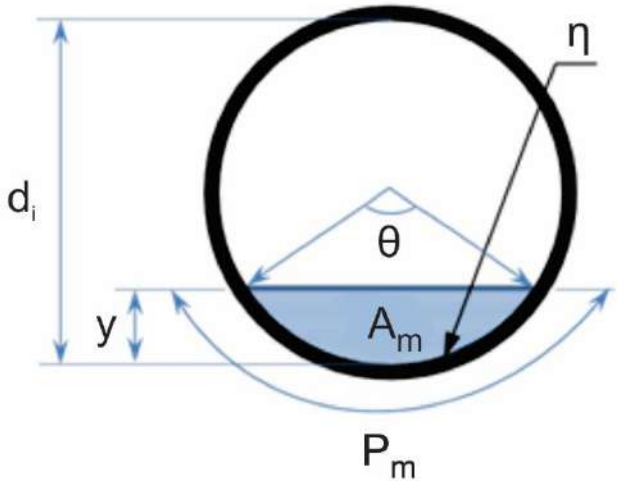
Pipes and channels operate under gravity flow (open-channel flow) conditions when the liquid surface is exposed to atmospheric pressure. Open channels are classified as open gravity flow conduits, whereas buried drainage or sewer pipes operating under atmospheric pressure are classified as closed gravity flow conduits.

En redes de drenaje o alcantarillado por gravedad, el flujo suele ser no uniforme (variado). No obstante, para simplificar el análisis hidráulico del sistema se asume la hipótesis de flujo uniforme.

In gravity-fed drainage or sewerage networks, flow is typically non-uniform (varied flow). However, to simplify the system's hydraulic calculations, uniform flow conditions are assumed.

A efectos del cálculo hidráulico, se consideran las variables representadas en la Figura 33.

For hydraulic sizing purposes, the parameters shown in Figure 33 are considered.



d_i = diámetro interno del tubo, [m]

d_i = Internal pipe diameter [m]

y = tirante de agua *o* calado, [m]

y = Water depth / flow depth [m]

A_m = área mojada, [m²]

A_m = Wetted area [m²]

P_m = perímetro mojado, [m]

P_m = Wetted perimeter [m]

θ = ángulo del espejo de agua, [°]

θ = Water surface central angle [°]

η = coeficiente de *Manning,* [-]

η=Manning's roughness coefficient [-]

Figura 33 - Variables para dimensionamiento hidráulico / Figure 33 – Hydraulic sizing parameters

Los parámetros principales para el dimensionamiento de conductos libres cerrados son la velocidad del flujo y el caudal (volumen de líquido evacuado por unidad de tiempo). Ambos parámetros se calculan para cada diámetro interior de tubo a partir del tirante de agua admitido, el coeficiente de rugosidad, el diámetro interno y la pendiente longitudinal asignada a la conducción, según las fórmulas expuestas a continuación

*The primary parameters for sizing closed gravity flow conduits are **flow velocity** and **discharge/flow rate** (volume of fluid discharged per unit of time). Both parameters are calculated for each internal pipe diameter based on the allowable flow depth, roughness coefficient, internal diameter, and design longitudinal slope, according to the formulas detailed below.*

La velocidad máxima de flujo en un conducto libre cerrado se alcanza cuando el tirante de agua equivale al 81,3 % del diámetro interior ($y/d_i = 0{,}813$). El caudal máximo se registra cuando el tirante alcanza el 93,8 % del diámetro interior ($y/d_i = 0{,}938$).

*The **maximum flow velocity** in a closed gravity conduit occurs when the flow depth reaches 81.3% of the internal diameter ($y/d_i = 0.813$). The **maximum discharge (flow rate)** occurs when the flow depth reaches 93.8% of the internal diameter ($y/d_i = 0.938$).*

La selección del diámetro del tubo se realiza habitualmente en función del caudal de diseño, respetando las limitaciones de pendiente del proyecto.

Pipe diameter selection is typically based on the design peak flow rate, while adhering to project slope constraints.

Al seleccionar un tubo bajo este criterio, debe garantizarse una velocidad de flujo mínima en su interior que evite la sedimentación de sólidos en la solera, lo que podría reducir la capacidad de transporte.

*When selecting a pipe size under this criterion, a **minimum flow velocity** must be maintained to prevent solids deposition along the pipe invert, which could gradually reduce hydraulic capacity.*

Asimismo, resulta fundamental verificar el caudal mínimo del tramo, así como las velocidades mínima y máxima admisibles para la red.

Furthermore, it is essential to verify the minimum flow rate for each run, as well as the allowable minimum and maximum velocities for the network.

El caudal mínimo de diseño establecido por la normativa técnica suele fijarse en 1,5 l/s. En la práctica, los valores mínimos de velocidad oscilan entre 0,60 m/s para aguas residuales y 0,75 m/s para aguas pluviales. La velocidad máxima en redes colectoras se sitúa en torno a 5 m/s para tubos de hormigón/concreto y 8 m/s para tubos metálicos corrugados. En el caso de los tubos de PEAD, al presentar mayor resistencia a la abrasión, las velocidades de 8 m/s o superiores no suponen una limitación técnica. Se pueden proyectar velocidades más altas a criterio del proyectista; en estos casos, es necesario prever desarenadores o arquetas de retención aguas arriba, así como estructuras de disipación de energía en la descarga para prevenir la erosión del cauce receptor.

*The minimum design flow rate specified by technical standards is typically set at **1.5 L/s**. In field practice, minimum velocity thresholds generally range between **0.60 m/s** for sanitary sewers and **0.75 m/s** for storm drains. The maximum design velocity in sewer networks is typically around **5 m/s** for concrete pipes and **8 m/s** for corrugated metal pipes. For HDPE pipes, due to their higher abrasion resistance, velocities of **8 m/s or higher** do not impose technical limitations. Higher velocities may be designed at the engineer's discretion; in such cases, upstream sand traps or grit chambers must be specified, along with downstream energy dissipation structures at outfalls to prevent receiving channel erosion.*

En determinados proyectos, el criterio de velocidad mínima se sustituye por el cálculo de la tensión tractiva (fuerza de arrastre), definida como la componente tangencial del peso del líquido sobre el área correspondiente al radio hidráulico que actúa sobre el material depositado. La fórmula para su cálculo se detalla en el apartado 3.2.1.1.7.

*In certain project specifications, the minimum velocity criterion is replaced by **tractive force (boundary shear stress)** calculations, defined as the tangential component of the liquid weight acting over the area corresponding to the hydraulic radius on bed deposits. The formula for tractive force is detailed in Section 3.2.1.1.7.*

En tubos plásticos de pared interior lisa, el valor mínimo de tensión tractiva suele fijarse en 0,60 Pa para redes de saneamiento y 1,00 Pa para redes pluviales.

*For smooth-walled plastic pipes, the minimum required tractive force is typically set at **0.60 Pa** for sanitary sewer networks and **1.00 Pa** for storm drain networks.*

3.2.1.1. Dimensionamiento Hidráulico de Conductos Libres

3.2.1.1. Hydraulic Sizing Calculations for Gravity Flow

3.2.1.1.1. Ángulo de la Lámina de Agua (θ)

3.2.1.1.1. Water Surface Central Angle (θ)

El ángulo de la lámina de agua (θ) para un tubo de diámetro interno d_i y tirante de agua y se calcula mediante la fórmula:

The water surface central angle (θ) for a pipe with internal diameter d_i and flow depth y is calculated as:

$$\theta = 2 \cdot \arccos[1 - (2 \cdot y/d_i)]$$

θ = Ángulo de la lámina de agua [rad]
θ = Water surface central angle [rad]
y = Tirante o altura de la lámina de agua [m]
y = Water depth / flow depth [m]
d_i = Diámetro interno del tubo [m]
d_i = Internal pipe diameter [m]

3.2.1.1.2. Área Mojada (A_m)

3.2.1.1.2. Wetted Area (A_m)

Obtenido el ángulo de la lámina de agua, el área mojada (A_m) se calcula mediante:

Once the central angle is calculated, the wetted area (A_m) is determined by:

$$A_m = (\theta - \operatorname{sen}\theta) \cdot d_i^2/8$$

A_m = Área mojada (m²)
A_m = Wetted area (m²)
θ = Ángulo de la lámina de agua (rad)
θ = Water surface central angle (rad)
d_i = Diámetro interno del tubo (m)
d_i = Internal pipe diameter [m]

3.2.1.1.3. Radio Hidráulico (R_h)

3.2.1.1.3. Hydraulic Radius (R_h)

A partir del ángulo de la lámina de agua, el radio hidráulico (R_h) se calcula mediante la fórmula:

From the central angle, the hydraulic radius (R_h) is calculated as:

$$R_h = (1 - \text{sen}\theta / \theta) \cdot d_i/4$$

R_h = Radio hidráulico (m)
R_h = Hydraulic radius [m]
θ = Ángulo de la lámina de agua (rad)
θ = Water surface central angle [rad]
d_i = Diámetro interno del tubo (m)
d_i = Internal pipe diameter (m)

3.2.1.1.4. Pendiente (i)

3.2.1.1.4. Slope (i)

La pendiente de la instalación debe adaptarse a la topografía del terreno o ser definida por el proyectista de la red. Ajustar y minimizar la pendiente adoptada reduce la profundidad de las zanjas y los costes de excavación.

The pipeline slope must conform to ground topography or be defined by the design engineer. Adjusting and minimizing slope reduces excavation depths and trenching costs.

3.2.1.1.5. Velocidad de Flujo (V)

3.2.1.1.5. Flow Velocity (V)

La fórmula más utilizada para el cálculo de la velocidad de flujo en conductos libres es la ecuación de Manning:

The most widely used equation for calculating flow velocity in gravity channels is the Manning Equation:

$$V = (1/\eta) \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

V = Velocidad de flujo (m/s)
V = Flow velocity [m/s]
R_h = Radio hidráulico (m)
R_h = Hydraulic radius [m]
i = Pendiente del tubo (m/m)
i = Pipe slope (m/m)
η = Coeficiente de *Manning (-)*
n = Manning's roughness coefficient [-]

Uno de los parámetros más determinantes de esta ecuación es el coeficiente de rugosidad de Manning (η). Cuanto menor sea su valor, mayor será la velocidad del flujo interior para una pendiente dada.

One of the most critical parameters in this equation is Manning's roughness coefficient (η). The lower its value, the higher the internal flow velocity for a given slope.

El coeficiente de Manning varía según el tipo de tubo y su material de fabricación. A efectos prácticos de cálculo, los tubos de PE de pared interior lisa presentan un coeficiente $\eta = 0{,}010$.

Manning's coefficient varies depending on the pipe type and the material from which it is made. For practical calculation purposes, smooth-walled PE pipes have a coefficient of η = 0.010.

3.2.1.1.6. Caudal (Q)

3.2.1.1.6. Discharge / Flow Rate (Q)

El caudal en un tubo funcionando como conducto libre, para líquidos no viscosos, se calcula multiplicando el área mojada por la velocidad de flujo, conforme a la fórmula:

The flow rate in a pipe under open-channel conditions (for non-viscous liquids) is calculated by multiplying the wetted area by the flow velocity:

$$Q = A_m \cdot (1/\eta) \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Q = Caudal (m^3/s)
Q = Discharge / Flow rate [m^3/s]
A_m = Área mojada (m^2)
A_m = Wetted area [m^2]
R_h = Radio hidráulico (m)
R_h = Hydraulic radius [m]
i = Pendiente del tubo (m/m)
i = Pipe slope [m/m]
η = coeficiente de *Manning (-)*
n = Manning's roughness coefficient [-]

3.2.1.1.7. Tensión Tractiva (s_t)

3.2.1.1.7. Tractive Force (s_t)

La tensión tractiva (s_t) se calcula utilizando la fórmula:

Tractive force (boundary shear stress, s_t) is calculated using:

$$\sigma_t = \gamma_l \cdot R_h \cdot i$$

σ_t = Tensión tractiva (Pa)
σt = Tractive force [Pa]
γ_l = Peso específico del líquido (N/m^3)
γ_l = Unit weight of the liquid [N/m^3]
R_h = Radio hidráulico (m)
R_h = Hydraulic radius [m]
i = Pendiente del tubo (m/m)
i = Pipe slope [m/m]

3.2.1.1.8. Consideraciones Generales para el Dimensionamiento Hidráulico

3.2.1.1.8. General Hydraulic Design Considerations

En el dimensionamiento de tubos para redes en las que se definen el caudal inicial y final de proyecto, estos se deben dimensionar para el caudal final. Se deben verificar los valores de velocidad máxima y mínima de flujo, así como la tensión tractiva, para comprobar que se mantienen dentro de los límites establecidos tanto en la condición inicial como en la final de caudal definidas para la red.

When sizing pipes for networks with specified initial and ultimate (peak) design flows, the pipe diameter must be selected to accommodate the ultimate flow rate. Maximum/minimum flow velocities and tractive force must be verified to ensure they remain within specified project limits under both initial and ultimate design conditions.

Se recomienda que, siempre que sea posible, el tubo se verifique para el caudal final con un tirante de agua igual al 81,3 % de su diámetro interior, condición que permite evaluar la máxima velocidad de flujo en el interior y a la salida del sistema.

Whenever possible, it is recommended to verify the pipe for the ultimate flow rate at a water depth equal to 81.3% of its internal diameter—a condition that allows for evaluating the maximum flow velocity both within and at the outlet of the system.

Kanaflex pone a disposición de proyectistas e interesados una Planilla de Cálculo KNTS Drain como apoyo en el dimensionamiento y en la evaluación de todos los parámetros de interés del proyecto, así como para la realización de simulaciones de variación de pendiente o de la relación tirante/diámetro interior (y/d_i) para el proyecto de redes con tubos KNTS Drain.

Kanaflex provides designers and interested parties with the KNTS Drain Calculation Spreadsheet to assist in sizing and evaluating all key design parameters, as well as running simulations for variations in slope or water depth-to-internal diameter ratio ($\frac{y}{D_i}$) when designing networks using KNTS Drain pipes.

DN (mm)	y/d	θ	n	A (m²)	I (%)	0,10%		0,20%		0,30%		0,40%		0,50%	
					Rh m	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s
250	0,938	302,327	0,010	0,0494	0,074	0,56	27,43	0,79	38,80	0,96	47,52	1,11	54,87	1,24	61,35
300				0,0774	0,092	0,65	49,95	0,91	70,64	1,12	86,52	1,29	99,90	1,44	111,70
400				0,1224	0,116	0,75	92,10	1,06	130,24	1,30	159,51	1,50	184,19	1,68	205,93
500				0,1936	0,146	0,88	169,66	1,24	239,94	1,52	293,87	1,75	339,33	1,96	379,38
600				0,2810	0,176	0,99	278,83	1,40	394,32	1,72	482,95	1,98	557,66	2,22	623,48
800				0,4848	0,231	1,19	577,00	1,68	816,01	2,06	999,40	2,38	1.154,01	2,66	1.290,22
1000				0,7485	0,287	1,38	1.029,44	1,95	1.455,85	2,38	1.783,04	2,75	2.058,88	3,08	2.301,89
1200				1,0872	0,346	1,56	1.693,61	2,20	2.395,13	2,70	.933,42	3,12	3.387,22	3,48	3.787,03

Tabla 12 a - Velocidad de flujo y caudal máximo para diferentes pendientes (Parte 1/2)

ND (mm)	y/d	θ	η	A (m²)	I (%)	0,10%		0,20%		0,30%		0,40%		0,50%	
					Rh m	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s
250	0,938	302,327	0,010	0,0494	0,074	0,56	27,43	0,79	38,80	0,96	47,52	1,11	54,87	1,24	61,35
300				0,0774	0,092	0,65	49,95	0,91	70,64	1,12	86,52	1,29	99,90	1,44	111,70
400				0,1224	0,116	0,75	92,10	1,06	130,24	1,30	159,51	1,50	184,19	1,68	205,93
500				0,1936	0,146	0,88	169,66	1,24	239,94	1,52	293,87	1,75	339,33	1,96	379,38
600				0,2810	0,176	0,99	278,83	1,40	394,32	1,72	482,95	1,98	557,66	2,22	623,48
800				0,4848	0,231	1,19	577,00	1,68	816,01	2,06	999,40	2,38	1.154,01	2,66	1.290,22
1000				0,7485	0,287	1,38	1.029,44	1,95	1.455,85	2,38	1.783,04	2,75	2.058,88	3,08	2.301,89
1200				1,0872	0,346	1,56	1.693,61	2,20	2.395,13	2,70	.933,42	3,12	3.387,22	3,48	3.787,03

Table 12a – Maximum flow velocity and discharge for various slopes (Part 1/2)

DN (mm)	y/d	θ	η	A (m²)	I (%)	1,00%		2,00%		3,00%		4,00%		5,00%	
					Rh m	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s
2500	0,938	302,327	0,010	0,0494	0,074	1,76	86,76	2,49	122,69	3,04	150,27	3,51	173,51	3,93	193,99
300				0,0774	0,092	2,04	157,96	2,89	223,39	3,54	273,60	4,08	315,92	4,56	353,21
400				0,1224	0,116	2,38	291,23	3,36	411,86	4,12	504,43	4,76	582,46	5,32	651,21
500				0,1936	0,146	2,77	536,53	3,92	758,76	4,80	929,29	5,54	1.073,05	6,20	1.199,71
600				0,2810	0,176	3,14	881,73	4,44	1.246,96	5,43	1.527,21	6,28	1.763,47	7,02	1.971,61
800				0,4848	0,231	3,76	1.824,64	5,32	2.580,44	6,52	3.160,38	7,53	3.649,29	8,42	4.080,03
1000				0,7485	0,287	4,35	3.255,37	6,15	4.603,79	7,53	5.638,46	8,70	6.510,74	9,73	7.279,23
1200				1,0872	0,346	4,93	5.355,67	6,97	7.574,05	8,53	9.276,28	9,85	10.711,33	11,01	11.975,63

Tabla 12 b - Velocidad de flujo y caudal máximo para diferentes pendientes (Parte 2/2)

DN (mm)	y/d	θ	η	A (m²)	I (%)	1,00%		2,00%		3,00%		4,00%		5,00%	
					Rh m	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s
2500	0,938	302,327	0,010	0,0494	0,074	1,76	86,76	2,49	122,69	3,04	150,27	3,51	173,51	3,93	193,99
300				0,0774	0,092	2,04	157,96	2,89	223,39	3,54	273,60	4,08	315,92	4,56	353,21
400				0,1224	0,116	2,38	291,23	3,36	411,86	4,12	504,43	4,76	582,46	5,32	651,21
500				0,1936	0,146	2,77	536,53	3,92	758,76	4,80	929,29	5,54	1.073,05	6,20	1.199,71
600				0,2810	0,176	3,14	881,73	4,44	1.246,96	5,43	1.527,21	6,28	1.763,47	7,02	1.971,61
800				0,4848	0,231	3,76	1.824,64	5,32	2.580,44	6,52	3.160,38	7,53	3.649,29	8,42	4.080,03
1000				0,7485	0,287	4,35	3.255,37	6,15	4.603,79	7,53	5.638,46	8,70	6.510,74	9,73	7.279,23
1200				1,0872	0,346	4,93	5.355,67	6,97	7.574,05	8,53	9.276,28	9,85	10.711,33	11,01	11.975,63

Table 12b – Maximum flow velocity and discharge for various slopes (Part 2/2)

Nota: *El caudal máximo se registra cuando* $y/d_i = 0{,}938$ *y la velocidad máxima cuando* $y/d_i = 0{,}813$.

Note: *Maximum discharge occurs at* $y/d_i = 0.938$, *while maximum flow velocity occurs at* $y/d_i = 0.813$.

Para otras pendientes o relaciones y/d_i, Kanaflex facilita bajo solicitud la planilla de cálculo correspondientes.

For other slope values or y/d_i *ratios, Kanaflex can provide customized calculation sheets upon request.*

4. Instalación

4. Installation

Considerando que los tubos no rígidos para instalaciones enterradas se diseñan teniendo en cuenta el lecho (suelo nativo o relleno compactado) y la envoltura, el tubo y el material de apoyo forman, juntos, un sistema tubo-suelo adecuado para brindar el soporte a la instalación. Así, es importante que en el proceso constructivo de la red de tubos enterrados, definido en la etapa de proyecto del sistema tubular, se cuente con la fundamentación o el proyecto geotécnico.

Considering that non-rigid pipes for underground installations are designed taking into account both the embedment (native soil or compacted backfill) and the pipe zone, the pipe and the embedment material together form a pipe-soil system capable of providing structural support for the installation. Therefore, it is essential that the construction process for the underground piping network, as defined during the design stage, is grounded in sound geotechnical principles or a specific geotechnical design.

Las recomendaciones de cálculo estructural de este manual se basan en la instalación del tubo no rígido en zanjas con paredes verticales excavadas en terreno natural estable. Para su aplicación en rellenos, la instalación del tubo debe realizarse tras la etapa de compactación del suelo de terracería y la posterior apertura de la zanja, según se abordó anteriormente.

The structural calculation recommendations in this manual are based on installing non-rigid pipes in trenches with vertical walls excavated in stable natural ground. For embankment installations, the pipe must be installed after compacting the embankment soil and subsequently excavating the trench, as addressed previously.

4.1. Consideraciones Generales sobre el Suelo y Propiedades Geotécnicas

4.1. General Considerations on Soil and Geotechnical Properties

El conocimiento de las propiedades geotécnicas del suelo nativo en el lecho, en las zonas de envoltura y en el relleno final es muy importante con relación al sitio y las condiciones de excavación, así como para la posibilidad de aprovechar el suelo local en la envoltura del tubo. El análisis del suelo nativo, cuando se realiza en la etapa de proyecto, permite además identificar variaciones estacionales en el terreno, tales como la presencia de agua.

Understanding the geotechnical properties of the native soil at the trench bottom, within the pipe zone, and in the final backfill is critical regarding site and excavation conditions, as well as evaluating the feasibility of using native soil within the pipe zone. Analyzing the native soil during the design phase also allows for the identification of seasonal ground variations, such as the presence of groundwater.

4.1.1. Suelo de Apertura y Relleno de la Zanja

4.1.1. Excavation Soil and Trench Backfill]

El material nativo o el relleno compactado donde se excavará la zanja debe confinar adecuadamente las capas de envoltura y cobertura del tubo (cama de apoyo, zona del riñón o encamado, relleno inicial y relleno final), de manera que le proporcione el soporte necesario para una instalación que presente un comportamiento adecuado a lo largo de su vida útil.

The native material or compacted backfill in which the trench is excavated must properly confine the pipe zone and cover layers (bedding, haunching, initial backfill, and final backfill) to provide the necessary support for an installation that performs adequately throughout its service life.

En los casos en que los suelos nativos no presenten materiales adecuados para la ejecución de la cama de apoyo y la envoltura del tubo, surgirá la necesidad de importar material.

In cases where native soils do not provide suitable materials for the bedding and pipe zone, imported material will be required.

La caracterización de los suelos comprende básicamente el conocimiento de tres factores:

Soil characterization basically involves understanding three factors:

a) **Los aspectos de su estructura trifásica**, es decir, las proporciones de partículas sólidas, agua y aire presentes en los poros. En su estado más general, el suelo es un elemento compuesto por partículas sólidas que, al organizarse, forman una matriz porosa cuyos vacíos pueden estar llenos de agua y/o aire. Cuando todos los vacíos están llenos de agua, el suelo se denomina "saturado"; cuando están llenos únicamente de aire, se considera "suelo seco". En la condición intermedia, el suelo se denomina "no saturado".

   Three-Phase Structure: *The proportions of solid particles, water, and air present in the soil pores. In its general state, soil is a composite element of solid particles that organize to form a porous matrix whose voids can be filled with water and/or air. When all voids are filled with water, the soil is termed "saturated"; when filled solely with air, it is considered "dry soil." In the intermediate condition, the soil is termed "unsaturated."*

b) **Los aspectos de la curva granulométrica**, la cual se obtiene mediante la separación del suelo en varias fracciones según el tamaño de las partículas. La

clasificación de los suelos conforme al tamaño de sus partículas se divide en Grava (cascajo y gravilla/chancado), Arena, Limo y Arcilla, tomando como referencia la norma ABNT NBR 6502. Las clases Grava y Arena forman los suelos gruesos, también denominados suelos no cohesivos. Los suelos limosos y arcillosos presentan partículas de diámetro muy pequeño, invisibles a simple vista, y se denominan también suelos cohesivos.

Grain-Size Distribution Curve: *Obtained by separating the soil into various fractions based on particle size. According to ABNT NBR 6502, soil classification by particle size is divided into Gravel (pebbles and crushed stone), Sand, Silt, and Clay. Gravel and Sand form coarse-grained soils, also known as non-cohesive soils. Silty and clayey soils consist of very small particles—invisible to the naked eye—and are referred to as cohesive soils.*

c) **Los índices de consistencia** que establecen los límites de consistencia, los cuales son contenidos de humedad a partir de los cuales el material del suelo pasa de un estado físico a otro. En el caso de las arcillas, las partículas, debido a su forma geométrica y composición química, poseen una gran avidez por el agua, la cual influye considerablemente en la consistencia del suelo. Los límites de consistencia, o límites de Atterberg, varían de sólido a líquido, pasando por el estado de plasticidad, según el contenido de humedad. La determinación del límite de liquidez está normalizada por la ABNT NBR 6459 y el límite de plasticidad por la ABNT NBR 7180. *(Límites de Atterberg o de consistencia de un suelo).*

Consistency Indices: *These establish the consistency limits (Atterberg limits), which represent the moisture contents at which soil transitions from one physical state to another. In the case of clays, the particles possess a high affinity for water due to their geometric shape and chemical composition, which significantly influences soil consistency. Consistency limits range from solid to liquid, passing through a plastic state depending on moisture content. Liquid limit determination is standardized by ABNT NBR 6459, and plastic limit by ABNT NBR 7180. (Atterberg or Consistency Limits of Soil).*

En la excavación de zanjas, los suelos deben poseer un determinado contenido de material fino de buena plasticidad para prescindir del uso de entibados. Los materiales libres de finos y los suelos arcillosos de menor consistencia casi siempre requieren alguna forma de contención de las paredes.

During trench excavation, soils must contain a certain amount of fine-grained material with good plasticity to eliminate the need for shoring/trench sheeting. Fine-free materials and softer clayey soils almost always require some form of lateral earth retention.

Los estudios geotécnicos orientados a la implantación de estructuras enterradas normalmente involucran la investigación del subsuelo para permitir un conocimiento

adecuado de la composición del terreno, así como del nivel freático. Existen varias formas de investigación del subsuelo, siendo las más habituales para proyectos de tubos enterrados los sondeos con barrena y el sondeo de reconocimiento simple.

Geotechnical studies for underground structures typically involve subsurface investigation to provide adequate knowledge of soil stratification and the groundwater table. Various subsurface investigation methods exist, with auger borings and standard penetration testing being the most common for buried pipe projects.

	LC	**LP**	**LL**
SÓLIDO	SEMISÓLIDO	PLÁSTICO	LÍQUIDO

	SL	**PL**	**LL**
SOLID	SEMI-SOLID	PLASTIC	LIQUID

El sondeo de reconocimiento simple (SPT - *Standard Penetration Test*) es una actividad que, además de permitir la determinación de la estratigrafía del terreno y la ubicación del nivel freático, permite obtener el índice de resistencia a la penetración del suelo. La resistencia del suelo o recuento de golpes (ensayo SPT) es un indicador referencial para evaluar la firmeza y consistencia del suelo nativo.

The Standard Penetration Test (SPT) is a procedure that, beyond determining soil stratigraphy and groundwater location, provides the soil's penetration resistance index. Soil resistance or blow count (SPT value) serves as a benchmark indicator to evaluate the firmness and consistency of native soil.

4.1.2. Suelos para Uso en la Envoltura del Tubo

4.1.2. Soils for Use in the Pipe Zone

Los suelos de relleno que son granulares por naturaleza proporcionan una rigidez relativamente alta con un esfuerzo de compactación mínimo; los suelos granulares compactados presentan una baja tendencia a desplazarse o consolidarse con el tiempo. Los suelos no cohesivos son menos sensibles a la humedad, tanto al momento de su colocación como durante su uso a largo plazo.

Backfill soils that are naturally granular provide relatively high stiffness with minimal compaction effort; compacted granular soils exhibit a low tendency to shift or consolidate over time. Non-cohesive soils are less sensitive to moisture, both during placement and over long-term operation.

Si las partículas son mayoritariamente de arcilla, los suelos son más sensibles a la humedad, lo que reduce la rigidez y provoca que el terreno se desplace con el tiempo. En este caso, se requiere un mayor esfuerzo de compactación para lograr la densidad requerida. Considerando suelos con un límite de liquidez (LL) máximo del 40%, los suelos plásticos y altamente sensibles a la humedad deben descartarse para su uso como envoltura.

If particles are predominantly clay, the soils become more moisture-sensitive, which reduces stiffness and causes the ground to shift over time. In this scenario, greater compaction effort is required to achieve the specified density. For soils with a maximum Liquid Limit (LL) of 40%, plastic and highly moisture-sensitive soils must be ruled out for pipe zone embedment.

Los suelos granulares tipo gravilla, piedra chancada, cascajo y arena son fáciles de usar como envoltura y relleno, además de resultar muy confiables. Presentan una baja sensibilidad a la humedad y el relleno se puede compactar fácilmente mediante un compactador de placa vibratoria, en capas de 20 a 30 cm. En zanjas con presencia de agua donde se utilice una combinación con suelos de cascajo, debe emplearse un geotextil con función de filtración/separación para evitar la migración de partículas y la subsiguiente pérdida de soporte del tubo.

Granular soils such as gravel, crushed stone, pea gravel, and sand are easy to work with as embedment and backfill, making them highly reliable. They exhibit low moisture sensitivity and can be easily compacted using a vibratory plate compactor in 20 to 30 cm (8 to 12 in) lifts. In trenches with standing water where a combination with gravel soils is used, a geotextile fabric with a filtration/separation function must be installed to prevent particle migration and subsequent loss of pipe support.

Los suelos de tipo arena limosa son aceptables como material de envoltura/relleno para la instalación de tubos. En el caso de zanjas excavadas en suelo de arena limosa, este puede reutilizarse directamente como material de relleno en la zona del tubo. Se debe tener precaución con estos suelos, ya que pueden ser sensibles a la humedad. Podría

requerirse un control de humedad al compactar el suelo para alcanzar la densidad deseada con una energía de compactación razonable.

Silty sand soils are acceptable embedment/backfill materials for pipe installation. When excavating trenches in silty sand, the excavated material can often be reused directly as backfill within the pipe zone. Caution must be exercised with these soils, as they can be moisture-sensitive; moisture control during compaction may be required to achieve the desired density with reasonable compaction energy.

Los suelos tipo arena limosa/arcillosa y limo arenoso/arcilloso son materiales aceptables para la envoltura/relleno; sin embargo, su rigidez relativamente baja perjudica su uso en instalaciones más profundas que puedan saturarse, lo cual impide una compactación adecuada en lugares con agua estancada. Debe tenerse un cuidado especial en la colocación y compactación del relleno debajo del tubo.

Silty/clayey sands and sandy/clayey silts are acceptable materials for embedment/backfill; however, their relatively low stiffness limits their use in deeper installations subject to saturation, which prevents adequate compaction in standing water. Special care must be taken when placing and compacting backfill in the haunch zone beneath the pipe.

El suelo cohesivo puede utilizarse en la zona de envoltura del tubo con las siguientes precauciones:

Cohesive soil may be used in the pipe embedment zone provided the following precautions are taken:

- El contenido de humedad debe controlarse durante la colocación y la compactación. No se debe mojar el suelo arcilloso durante la compactación de las capas al aplicarlo en la envoltura y/o relleno. El proceso de consolidación debe aplicarse al utilizar materiales como arena o polvo de piedra;

  Moisture content must be controlled during placement and compaction. Clayey soil must not be wetted during lift compaction within the pipe zone and/or backfill. Consolidation methods (such as flooding/jetting) should only be applied when using materials like sand or stone dust.
- No debe emplearse en instalaciones con cimentaciones inestables o con presencia de agua en la zanja;

  It must not be used in installations with unstable foundations or where water is present in the trench.
- Se requerirá un esfuerzo adicional para la colocación y compactación del relleno en la zona del riñón;

  Additional effort will be required for placing and compacting backfill in the haunch zone.
- Deben realizarse ensayos de compactación periódicamente durante la instalación para garantizar que se alcance la compactación relativa apropiada;

  Compaction testing must be performed periodically during installation to ensure the target relative compaction is achieved.

- Se debe tener cuidado de no provocar un aumento en el diámetro vertical del tubo debido al exceso de esfuerzo en la compactación lateral.
  Care must be taken to prevent vertical pipe deflection (over-egging/crown rise) caused by excessive lateral compaction effort.

4.1.3. Compactación de Suelos para Uso en Envoltura y Relleno Final

4.1.3. Soil Compaction for Embedment and Final Backfill

En general, el grado de compactación mínimo especificado para las capas es del 94% con relación a la energía del ensayo Proctor Normal.

In general, the minimum specified compaction level for soil lifts is 94% relative to standard Proctor density.

En suelos con una mayor fracción de finos, la compactación de la envoltura debe realizarse con pisones portátiles (manuales o mecánicos). En suelos granulares, la compactación es más eficiente si se ejecuta con equipos de placa vibratoria.

In soils with a higher fraction of fines, embedment compaction should be performed using portable rammers (manual or mechanical trench rammers). In granular soils, compaction is most efficient when executed using vibratory plate compactors.

4.2. Procedimiento de Instalación

4.2. Installation Procedure

4.2.1. Apertura y Preparación de la Zanja

4.2.1. Trench Excavation and Preparation

En la instalación de tuberías enterradas, las paredes de la zanja deben ser preferentemente verticales y su ancho se puede determinar por el diámetro del tubo KNTS Super a instalar, la calidad del suelo local, los materiales de relleno, los niveles de carga y el grado de compactación. Se recomienda que la altura de la capa de envoltura sobre la generatriz superior del tubo (Figura 27) sea de al menos 30 cm y, por encima de esta, la altura de la capa de relleno final no debe ser inferior a 30 cm hasta la cota de la superficie del terreno natural o la cota superior del pavimento/carpeta asfáltica. En situaciones con tráfico vehicular constante y/o relleno por encima de la cota superior de la zanja, la altura de las capas de relleno podrá variar, calculándose en función del límite de deflexión vertical admitido en el proyecto para los tubos, según se aborda en los apartados 3.1.4 y 3.1.5.

For buried pipe installations, trench walls should preferably be vertical. Trench width is determined by the diameter of the KNTS Super pipe being installed, local soil quality, backfill materials, load levels, and compaction requirements. It is recommended that the cover layer above the pipe crown (Figure 27) be at least 30 cm (12 in), above which the final backfill layer must also be at least 30 cm (12 in) to the finished grade or subgrade level of the pavement/asphalt. Under continuous traffic loading and/or deep fills above

the trench crown, backfill depth may vary and must be calculated based on the allowable vertical deflection limit established in the project design (refer to Sections 3.1.4 and 3.1.5).

4.2.2. Excavación de la Zanja

4.2.2. Trench Excavation

La excavación de la zanja debe seguir las especificaciones constructivas de la obra. Si la excavación es mecanizada en su totalidad o en parte, los tipos de equipos a utilizar en esta etapa deben definirse previamente teniendo en cuenta el tipo y volumen de material a excavar, la profundidad y el ancho de la excavación, la necesidad de entibar las paredes, la forma de apoyo del tubo, el espacio disponible entre el tubo instalado y las paredes de la zanja para realizar una compactación adecuada, el tipo de entibado y su retiro, entre otros factores.

Trench excavation must follow the construction specifications of the project. If excavation is fully or partially mechanized, the equipment types must be determined in advance based on the volume and type of material, depth and width of excavation, need for trench shoring, pipe support conditions, working space between the pipe and trench walls for proper compaction, and the type/removal method of shoring used.

El uso de retroexcavadoras o zanjadoras es muy ventajoso, excepto cuando la presencia de rocas u otras interferencias impidan su uso.

The use of backhoes or trenchers is highly advantageous, except where rock formations or existing utility interferences prevent their operation.

Al inicio de la excavación de la zanja, se deben retirar los escombros resultantes de la demolición del pavimento lejos del borde de la misma, para evitar su uso indebido en la posterior etapa de ejecución de la envoltura del tubo. Durante la excavación, el material libre de piedras o escombros debe colocarse fuera de los límites de la zanja con el fin de evitar posibles derrumbes hacia el interior de la misma.

At the start of trenching, asphalt/concrete debris from pavement removal must be placed well clear of the trench edge to prevent accidental inclusion in the pipe embedment zone. During excavation, clean soil free of rocks and debris should be stockpiled outside the trench boundary to avoid cave-ins.

4.2.3. Ancho de la Zanja

4.2.3. Trench Width

El ancho de la zanja debe calcularse de manera que permita los trabajos de instalación del tubo y la compactación del suelo adyacente. El espacio entre el tubo y las paredes laterales de la zanja debe ser superior al ancho de los equipos de compactación necesarios (placas vibratorias, pisones manuales o mecánicos).

Trench width must be calculated to allow sufficient room for pipe assembly and proper compaction of adjacent soil. The clearance between the pipe wall and trench sides must exceed the width of the required compaction equipment (vibratory plates, manual, or mechanical rammers).

Salvo especificación en contrario en el proyecto, el ancho de zanja sugerido para la instalación de los tubos KNTS Super es el siguiente:

Unless otherwise specified in the design, suggested trench widths for installing KNTS Super pipes are detailed in the project standards.

$$\textbf{Ancho de zanja} = \textbf{Diámetro exterior del tubo} + 2 \times 400\ \textbf{mm}$$

4.2.4. Profundidad de la Zanja

4.2.4. Trench Depth

La excavación de la zanja debe superar la profundidad del proyecto en al menos 15 cm, para permitir la colocación de la capa de apoyo y regularización sobre la cual se asentará el tubo.

Trench excavation must exceed the design invert elevation by at least 15 cm (6 in) to accommodate the bedding and leveling layer on which the pipe will rest.

El fondo de la zanja sobre el cual se vertirá la capa de apoyo debe ser uniforme y estar libre de piedras u otros objetos que puedan causar tensiones o daños a los tubos que se van a instalar, respetando siempre la pendiente prevista en el proyecto.

The trench bottom receiving the bedding layer must be uniform and free of rocks or protruding objects that could induce stress concentrations or damage the pipe, while strictly respecting the grade/slope specified in the design.

En algunas situaciones, puede ser necesaria la sustitución parcial del suelo del fondo de la zanja por un material de mejor calidad o incluso por una base de hormigón/concreto; sobre dicha base siempre deberá vertirse la capa de apoyo.

In certain subgrade conditions, partial undercut/soil replacement at the trench bottom with higher-quality material or a concrete base may be necessary; a bedding layer must always be placed over any concrete base.

4.2.5. Alineación y Pendiente

4.2.5. Alignment and Grade

El control de la pendiente del fondo y de las alineaciones en la zanja debe realizarse de forma rigurosa, siguiendo lo establecido en el proyecto, especialmente en instalaciones que funcionan por gravedad.

Grade control of the trench invert and line alignment must be strictly maintained according to project plans, particularly for gravity-flow installations.

4.2.6. Zanjas con Entibado

4.2.6 Shored Trenches

Las zanjas que requieren entibado demandan especial atención y deben ser supervisadas por el ingeniero responsable. Tablones de entibado metálicos o de madera, dispuestos para impedir la fuga del material contenido hacia el interior de la zanja, pueden reutilizarse o retirarse del lugar tras el rellenado. En caso de reutilizar los tablones, se debe verificar que el relleno no sufra daños durante su retirada, y los vacíos dejados deben rellenarse y compactarse adecuadamente.

Trenches requiring shoring/trench boxes demand special attention and must be supervised by the engineer in charge. Steel or timber sheeting used to prevent soil collapse into the trench can be reused or pulled during backfilling. When removing trench sheeting, ensure the backfill is not disturbed or damaged; any voids left by sheeting removal must be filled and properly compacted.

4.2.7. Zanjas con Presencia de Agua o Instalación de la Tubería bajo el Nivel Freático

4.2.7. Wet Trenches and Installation Below the Water Table

Como se abordó en el apartado 4.1.1, en su estado más general el suelo es un elemento compuesto por partículas sólidas que, al organizarse, forman una matriz porosa cuyos vacíos pueden estar llenos de agua y/o aire. Cuando todos los vacíos están llenos de agua, el suelo se denomina "saturado"; cuando están llenos únicamente de aire, se considera "suelo seco". En la condición intermedia, el suelo se denomina "no saturado".

As noted in Section 4.1.1, soil in its natural state consists of solid particles forming a porous matrix filled with air and/or water. When all voids are filled with water, the soil is "saturated"; when filled only with air, it is "dry." The intermediate state is "unsaturated."

Las zanjas excavadas por debajo del nivel freático del terreno requieren operaciones de agotamiento o depresión del nivel freático para mantener la estabilidad de la excavación. Se debe utilizar un sistema adecuado con bombas de succión para rebajar el nivel freático. El nivel de agua debe mantenerse por debajo de la cota de excavación hasta que el material de relleno alcance una altura igual o superior al nivel freático original, a fin de que la zanja permanezca estable. Durante el rebaje del nivel freático, deben adoptarse medidas preventivas para evitar el arrastre de finos y la creación de oquedades en el suelo.

Trenches excavated below the groundwater table require dewatering or groundwater lowering operations to maintain trench stability. An appropriate wellpoint system or suction pumps must be used. Groundwater levels must be maintained below the trench invert elevation until backfill placement reaches a height equal to or greater than the original groundwater table to prevent trench instability. During dewatering, preventive measures must be taken to avoid washing out fines or creating underground voids.

Los tubos total o parcialmente sumergidos están sometidos a subpresión o empuje hidrostático (fuerza de flotación o FF). En este caso, deben tomarse precauciones para evitar que la tubería pueda desplazarse o flotar, con el riesgo de ruptura en las juntas y el compromiso de la instalación. El uso de sacos de lastre es aconsejable en tales situaciones. Una tubería flota cuando el empuje de flotación sobre ella es mayor que las fuerzas que la anclan (empujan o tiran de ella hacia abajo).

Pipes partially or fully submerged are subjected to uplift pressure or buoyant forces (F_F). In such conditions, precautions must be taken to prevent pipe movement or flotation, which risks joint dislodgement and structural compromise. Using ballast bags is recommended in these scenarios. A pipe will float whenever the buoyant force acting upon it exceeds the downward anchoring forces.

Figura 34: Diagrama de flujo de evaluación del riesgo de flotación para tubo enterrado

Figure 34: Flotation Risk Evaluation Flowchart for Buried Pipe

Las fuerzas de anclaje que se oponen a la flotación del tubo, cuya suma puede denominarse **Empuje Negativo (E_N)**, corresponden al peso del suelo seco (P_{se}), el peso del suelo saturado (P_{ss}), el peso del tubo (P_t) y el peso del fluido en el interior del tubo (P_{FL}).

The anchoring forces opposing buoyancy, whose sum can be defined as Net Downward Force (F_R), consist of dry soil weight (W_d), saturated soil weight (W_s), pipe weight (P_T), and fluid weight inside the pipe (P_f).

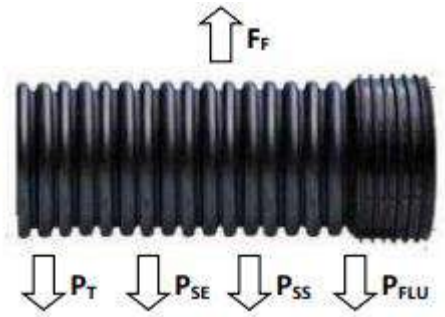


Figura 35 – Fuerzas actuantes en tubos sumergidos o en suelos saturados

Figure 35 – Forces Acting on Submerged Pipes or Saturated Soils

Por razones de seguridad en el cálculo, se recomienda considerar el tubo vacío, es decir $P_{FL} = 0$, al realizar el cálculo de las fuerzas de anclaje (E_N).

For safety margins in calculations, it is recommended to assume the pipe is empty ($P_f = 0$) when calculating downward anchoring forces (F_R).

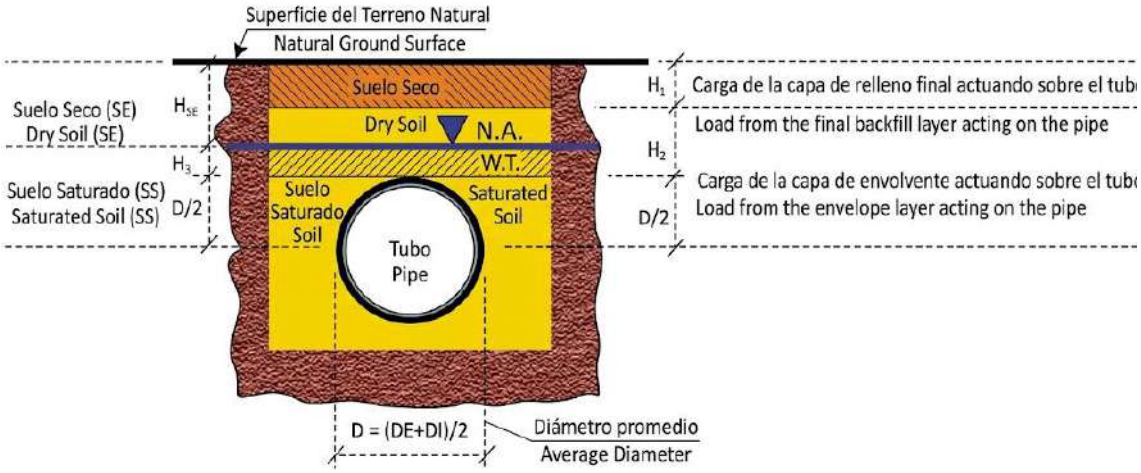


Figura 36 – Sección transversal ilustrativa de zanja con presencia de agua

Figure 36 – Illustrative Cross-Section of a Wet Trench

Para que la tubería no flote, debe mantenerse la siguiente condición: $FF < E_N$

To prevent flotation, the following condition must be satisfied:

DN	FF (N/m)	FR - PT (N/m)
250	594	562
300	930	881
400	1.470	1.392
500	2.333	2.205
600	3.380	3.192
800	5.648	5.358
1000	8.883	8.428
1200	13.040	12.427

Nota: Se considera aceleración de la gravedad $g = 10$ m/s^2 y densidad del agua subterránea $\rho = 1000$ kg/m^3.

Tabla 13 – Fuerza de flotación y peso del tubo KNTS Super

ND	*FF (N/m)*	*FR - PT (N/m)*
250	*594*	*562*
300	*930*	*881*
400	*1.470*	*1.392*
500	*2.333*	*2.205*
600	*3.380*	*3.192*
800	*5.648*	*5.358*
1000	*8.883*	*8.428*
1200	*13.040*	*12.427*

Note: *Assumes acceleration due to gravity $g = 9.81$ m/s^2 and groundwater density $\rho = 1000$ kg/m^3.*

Table 13 – Buoyant Force and Weight of KNTS Super Pipe

4.2.8. Envoltura del Tubo - Recomendaciones Constructivas

4.2.8. Pipe Zone Embedment - Construction Recommendations

El material utilizado en la envoltura debe estar exento de fragmentos rocosos. También se deben evitar los suelos de alta plasticidad o con alto contenido de materia orgánica. De igual manera, se debe evitar el uso de materiales susceptibles a la erosión en la envoltura, los cuales podrían ser fácilmente arrastrados por líquidos procedentes de eventuales fallas en las juntas, lo que generaría cavidades y pondría en riesgo la estructura.

Embedment material must be free of rock fragments, high-plasticity soils, and organic matter. Likewise, erodible materials must be avoided in the pipe zone, as they can be washed away by fluids leaking from potential joint failures, creating cavities and compromising structural stability.

A continuación se describen los procesos ejecutivos para la envoltura del tubo, de acuerdo con la Figura 28.

The step-by-step procedures for pipe embedment are outlined below, in accordance with Figure 28.

4.2.8.1. Cama de Apoyo

4.2.8.1. Bedding

La primera capa vertida en la zanja, la cama de apoyo, es el soporte de la tubería y tiene la función de proporcionar una distribución uniforme de tensiones en las zonas inferiores del perímetro del tubo. La cama de apoyo también sirve para regularizar la superficie sobre la que se apoya la base del tubo, evitando bordes irregulares y elementos punzantes a lo largo de la instalación. El material recomendado para la cama de apoyo es arena no compactada, pudiendo utilizarse también material arcilloso, siempre que no haya presencia de agua o napa freática aflorando en el fondo de la zanja.

The primary layer placed in the trench—the bedding—supports the pipe and distributes stresses uniformly across the lower invert of the pipe profile. Bedding also levels the trench bottom, eliminating high spots or sharp points along the run. The recommended bedding material is uncompacted sand; clayey material may be used provided no groundwater or active seepage is present at the trench bottom.

En los casos en que el fondo de la zanja presente un suelo inestable, se hace necesario un procedimiento de estabilización para el asentamiento de los tubos, como por ejemplo la construcción de una cimentación para reducir posibles asentamientos diferenciales en el fondo. Dicha cimentación puede realizarse utilizando polvo de piedra o cascajo, según la severidad de las condiciones del suelo en el fondo de la zanja, sin presentar una altura inferior a 15 cm.

In cases where the trench bottom consists of unstable soil, a stabilization procedure is required prior to pipe laying—such as constructing a foundation to reduce potential differential settlement at the bottom. This foundation can be built using rock dust or crushed stone, depending on the severity of the soil conditions at the trench bottom, and must have a minimum thickness of 15 cm.

La cama de apoyo debe rebajarse en una cavidad debajo de cada campana (*bolsa*) del tubo para mantener la alineación en la parte inferior de la tubería. El espesor de la cama de apoyo debe ser de 15 cm para apoyo sobre suelo o roca. Lo ideal es que la cama de apoyo tenga una compresibilidad igual a la del relleno compactado en las capas de relleno de la zona del riñón y del relleno inicial, para que el sistema se deforme de manera uniforme durante el proceso constructivo. Tras nivelar la cama de apoyo, su área central se puede ahuecar/mullir hasta una profundidad de 5 cm para el asentamiento de los tubos KNTS, permitiendo el llenado de los valles de la corrugación de la pared externa.

Bell holes must be excavated in the bedding at each joint location to prevent bell-loading and maintain uniform barrel alignment. Bedding thickness should be 15 cm (6 in) over earth or rock foundations. Ideally, bedding compressibility should match that of the compacted haunching and initial backfill layers to promote uniform system deflection under load. After leveling the bedding, the middle third of the bedding width can be uncompacted/loosened to a depth of 5 cm (2 in) to seat the KNTS pipe corrugations effectively.

4.2.8.2. Zona del Riñón (Encamado) y Relleno Inicial

4.2.8.2. Haunching and Initial Backfill

La zona del riñón, al ser un área de difícil acceso, debe recibir especial atención durante el vertido y la compactación. La disposición del material en esta zona debe realizarse con pala y la compactación con un pisón portátil (manual o mecánico). Se debe proceder con cuidado al compactar para garantizar el contacto completo del material con el tubo, evitando así futuras deflexiones excesivas en la tubería.

Because the haunch area beneath the pipe is difficult to access, it requires meticulous placement and compaction. Material in the haunch zone must be placed with hand shovels and compacted using portable rammers (manual or mechanical). Care must be taken to ensure complete contact between backfill and the pipe underside, preventing future excessive deflection.

En las zonas del riñón y de relleno inicial hasta la generatriz superior del tubo, las capas uniformes se deben colocar y compactar simultáneamente a ambos lados del mismo. Bajo ninguna circunstancia se debe realizar la compactación a diferentes elevaciones en los laterales del tubo. Para el relleno lateral, la compactación generalmente avanza mejor cuando se compacta primero junto a la pared de la zanja y luego en dirección al tubo. El número de pasadas del equipo de compactación, a una velocidad de desplazamiento constante, aumentará la compactación relativa. Si se cambia de equipo, el número de pasadas para alcanzar la compactación relativa especificada puede verse afectado. Debido a sus características, los compactadores de placa vibratoria más pesados y anchos compactan a mayor profundidad y en mayor grado que los más ligeros y estrechos. Del mismo modo, los pisones de impacto más pequeños y ligeros tienen menor profundidad efectiva que los más grandes y pesados.

Throughout the haunch and initial backfill zones up to the pipe crown, uniform lifts must be placed and compacted simultaneously on both sides of the pipe. Under no circumstances should compaction be performed at unequal elevations on opposing sides of the pipe. Sidefill compaction generally progresses best by compacting along the trench wall first and working inward toward the pipe. The number of equipment passes at a constant travel speed increases relative compaction. Switching compaction equipment will alter the required number of passes. Heavy, wide vibratory plates achieve deeper and higher compaction density than lightweight units; similarly, small impact rammers have less effective compaction depth than larger, heavier models.

4.2.8.3. Compactación de las Capas

4.2.8.3 Lift Compaction

Las profundidades de instalación máxima y mínima permitidas estarán determinadas por la selección del material y el nivel de compactación del relleno en la zona del tubo. Cuanto más firme sea el suelo, a mayor profundidad se podrá instalar el tubo, cumpliendo con la deflexión límite del proyecto.

Maximum and minimum allowable installation depths are dictated by soil selection and sidefill compaction density in the pipe zone. Firmer soil embedment allows deeper installation while staying within allowable vertical deflection limits.

En el apartado 4.1.2 se presenta una descripción más detallada sobre los tipos de suelo y niveles de compactación.

Refer to Section 4.1.2 for detailed specifications regarding soil types and compaction levels.

Se recomienda precaución durante la actividad de compactación, ya que los equipos pueden generar esfuerzos dinámicos capaces de dañar o desalinear los tubos durante la instalación. Nunca se deben dar golpes directos sobre la tubería, y se deben tomar precauciones para que la forma o alineación de los tubos no cambien por un exceso de compactación.

Exercise caution during compaction, as compaction equipment generates dynamic forces capable of damaging or disaligning pipe segments. Never strike the pipe directly, and take precautions to ensure compaction forces do not deform or displace the pipe alignment.

Para ajustar el método de instalación del tubo a una condición óptima con un determinado tipo de relleno, se deben realizar algunas observaciones durante la fase de instalación de los primeros tramos de tubería, correlacionando la compactación relativa resultante con el tipo de suelo, el método de colocación y compactación en la zanja y áreas de relleno lateral, la altura de las capas empleadas, el contenido de humedad y el número de pasadas. Estas observaciones permiten adquirir una buena sensibilidad para definir los esfuerzos necesarios durante la instalación.

To optimize installation procedures for a specific backfill material, field observations should be conducted during the placement of the first few pipe sections. Correlate target relative compaction with soil type, placement method, lift height, moisture content, and number of passes. These trial runs build field awareness for the required effort on site.

La verificación del incremento del diámetro vertical del tubo constituye una referencia razonable para evaluar el esfuerzo de compactación utilizado durante la instalación cuando el relleno se coloca y compacta adecuadamente en la zanja. Niveles excesivos de compactación lateral pueden resultar en un aumento vertical no deseado del diámetro. Si esto ocurre, se deben revisar los niveles de compactación lateral antes de continuar con la instalación.

Monitoring vertical diameter increase (crown rise/over-egging) serves as a reliable field check for excessive lateral compaction effort. If vertical growth becomes excessive, reduce lateral compaction effort before proceeding.

La compactación sobre la parte superior del tubo debe garantizar que exista suficiente material para no impactar en él. Se deben considerar al menos 30 cm de cobertura cuando se utilice un compactador de placa vibratoria operado manualmente.

Compaction over the top of the pipe crown requires adequate cover to avoid direct impact. A minimum cover of 30 cm (12 in) is required prior to operating a hand-guided vibratory plate compactor directly over the pipe.

4.3. Asentamiento del Tubo

4.3. Pipe Laying

El asentamiento del tubo debe realizarse minuciosamente, respetando las pendientes y alineaciones.

Pipe laying must be executed with precision, adhering strictly to design alignment and grades.

4.3.1. Posicionamiento del Tubo en la Zanja

4.3.1. Pipe Handling and Lowering

Los tubos de hasta DN400 pueden descargarse y bajarse a la zanja manualmente; desde DN500 hasta 1200 deben bajarse con la ayuda de equipo mecánico utilizando fajas/eslingas de nylon sujetas en dos puntos del tubo. Los equipos mecánicos también se podrán utilizar para facilitar los acoplamientos.

Pipes up to DN400 can be offloaded and lowered into the trench manually. Pipes from DN500 to DN1200 must be lowered using mechanical equipment with nylon slings attached at two support points along the pipe length. Equipment may also assist in joint assembly.

Si hay movimiento de maquinaria pesada de la obra alrededor de la zanja, se debe mantener una distancia de 1 a 2 m respecto al eje de tendido de la tubería para evitar daños durante la fase de instalación.

Heavy construction equipment operating near the trench must maintain a minimum clearance of 1 to 2 meters (3 to 6 ft) from the trench edge to prevent wall collapse or pipe damage during installation.

4.3.2. Tubos Paralelos en Zanja

4.3.2. Parallel Pipes in a Single Trench

Cuando se instalan dos tubos paralelos en la misma zanja, el espaciamiento recomendado entre ellos se muestra en la Tabla 14:

When installing two parallel pipes in the same trench, recommended clearances are shown in Table 14:

Diámetro nominal del tubo	Espaciamiento recomendado entre tubos
Hasta DN600	300 mm
> DN600	DE/2

Tabla 14 – Espaciamiento recomendado entre tubos

Nominal Pipe Diameter	*Recommended Clearance Between Pipes*
Hasta DN600	*300 mm*
> DN600	*DE/2*

Table 14 – Recommended Clearance Between Parallel Pipes

Si es necesario instalar más de dos tubos paralelos en la red, se recomienda excavar zanjas diferentes separadas 1,0 m, alojando un máximo de 2 tubos por zanja. Esta recomendación tiene como objetivo limitar el ancho de la zanja a la condición de interacción tubo-suelo para no comprometer los límites de deflexión vertical de los tubos, como se aborda en este Manual.

If it is necessary to install more than two parallel pipes in the network, it is recommended to excavate separate trenches spaced 1.0 m apart, housing a maximum of two pipes per trench. The purpose of this recommendation is to limit the trench width according to the pipe-soil interaction condition, thereby preventing the vertical deflection limits of the pipes from being compromised, as addressed in this Manual.

En caso de requerirse la instalación de tubos de diferentes diámetros en la misma zanja, se recomienda que la parte inferior de los mismos se asiente al mismo nivel. De no ser posible, se debe utilizar un material de envoltura adecuado para rellenar el espacio desde el fondo de la zanja hasta la cota de formación de la cama de apoyo de la parte más baja del tubo más elevado. Este material, al igual que el ubicado entre tubos, debe compactarse para asegurar la interacción tubo-suelo.

If pipes of different diameters must be installed in the same trench, it is recommended that their invert levels (bottoms of the pipes) be set at the same elevation. If this is not feasible, suitable embedment material must be used to backfill the space from the trench bottom up to the invert foundation level of the higher pipe. This material, as well as the material between the pipes, must be compacted to ensure proper pipe-soil interaction

4.3.3. Instalación de Tubos en Terrenos de Pendiente Pronunciada

4.3.3. Steep Slope Installations

El ángulo en el que los taludes pueden presentar inestabilidad depende de la calidad del suelo, y el riesgo de condiciones inestables para la instalación aumenta significativamente con el ángulo de la pendiente. De modo general, los tubos enterrados no deben instalarse en pendientes superiores a 15 grados o en áreas donde la rampa presente inestabilidad.

The angle at which slopes may become unstable depends on the soil quality, and the risk of unstable conditions for installation increases significantly with the slope angle. Generally, buried pipes should not be installed on slopes greater than 15 degrees or in areas where the slope exhibits instability.

Una pendiente pronunciada implica también un aumento en la velocidad del flujo; los tubos de PEAD admiten velocidades de flujo muy superiores a los límites recomendados

en las normas para tubos de hormigón/concreto. Véase el apartado 3.2.1 de este manual para el análisis de la velocidad de flujo.

A steep slope also results in increased flow velocity; HDPE pipes can accommodate flow velocities well above the limits recommended in concrete pipe standards. See section 3.2.1 of this manual for flow velocity analysis.

Para instalaciones enterradas, los tubos se pueden instalar en pendientes superiores a 15 grados en circunstancias especiales, siempre que:

For buried installations, pipes may be installed on slopes exceeding 15 degrees under special circumstances, provided that:

- La estabilidad a largo plazo de la instalación pueda garantizarse mediante un proyecto geotécnico apropiado;

  Long-term slope stability is verified through a detailed geotechnical design.
- Los tubos se entierren utilizando una envoltura de material granular cohesivo de alta resistencia al corte, o bien que dicha resistencia al corte se asegure por otros medios. Las capas de envoltura y relleno final deben compactarse al menos al 94% del Proctor Normal;

  Pipes are embedded in cohesive granular backfill with high shear strength, or shear resistance is engineered through anchors/cutoff walls. Embedment and backfill layers must be compacted to at least 94% Standard Proctor.
- Los tubos se instalen en alineación recta y con la menor holgura posible entre ellos;

  Pipes are laid straight with minimal joint play.
- La instalación se drene adecuadamente para evitar el desmoronamiento de materiales y asegurar la resistencia al corte del suelo.

  Adequate trench drainage is provided to prevent washout and preserve soil shear strength.

La estabilidad individual de cada tubo debe monitorearse durante toda la fase de instalación, controlando principalmente la holgura en cada junta.

Individual pipe joint stability should be monitored throughout construction, paying particular attention to joint homing tolerances.

4.3.4. Tubos Salientes o con Generatriz Superior por Encima de la Cota del Terreno Natural

4.3.4. Embankment/Projecting Installations Above Natural Grade

Como se indicó en el apartado 3.1.2, esta constituye una condición especial de instalación que no se considera del tipo "en zanja". Como ejemplo se pueden citar las alcantarillas en vías férreas y carreteras. Se deben tener dos cuidados especiales al optar por este tipo de aplicación: las paredes laterales no siempre proporcionan la condición de estabilidad que ofrecen las paredes de una zanja excavada en suelo natural, pudiendo ser necesaria la construcción de una estructura de contención tipo gavión u otra de comportamiento equivalente. En la mayoría de los casos no existen cajas de inspección o pozos en los extremos del tramo de tubería. Se deben considerar los riesgos de crecimiento y quema de vegetación en caso de existir en el lugar de la instalación.

As noted in section 3.1.2, this represents a special installation condition that is not considered a standard 'trench-type' installation. Examples include culverts for railways and highways. Two key precautions must be taken when selecting this type of application: the side walls do not always provide the lateral support offered by natural trench walls, which may necessitate the construction of a retaining structure—such as a gabion wall or an equivalent system. In most cases, there are no manholes or inspection chambers at the ends of the pipe section. Additionally, potential risks from vegetation growth and wild/prescribed burns at the installation site must be considered.

4.3.5. Unión de Tubos y Accesorios

4.3.5. Joining Pipes and Fittings

El método de unión se basa en la colocación de la junta de estanqueidad (empaquetadura/anillo) en el valle de la 1.ª corrugación de la espiga (*ponta*) de un tubo y su inserción en la campana (*bolsa*) de otro tubo o accesorio. El desempeño de la junta elástica (presión hidrostática según EN1277) es menor o igual a 0,5 bar.

The jointing method relies on seating an elastomeric sealing gasket (O-ring) in the first corrugation valley of the spigot end and pushing it into the integrated bell of the adjoining pipe or fitting. Joint tightness performance meets EN1277 standards ($\leq$ 0.5 bar hydrostatic pressure).

A continuación se describen, paso a paso, los procedimientos para la correcta unión de tubos y accesorios para garantizar la estanqueidad del sistema:

Step-by-step procedures for assembling watertight joints:

1.° Paso: Preparación de las superficies a unir.

1° Step: Surface preparation prior to joining.

- Limpiar con un paño húmedo la campana que recibirá la espiga del tubo con el anillo de estanqueidad;

  Clean the inside of the bell using a damp cloth.

- En el extremo del tubo, retirar la protección que envuelve el anillo de estanqueidad y verificar su integridad, así como su correcta ubicación en el valle de la 1.ª corrugación;

  Remove the protective wrap from the spigot gasket, inspect it for damage, and confirm it is properly seated in the first corrugation valley.

- Limpiar la espiga y el anillo de estanqueidad.

  Clean the spigot end and sealing gasket.

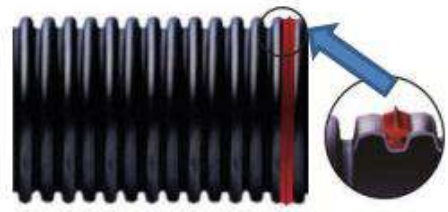


Figura 37 - Detalle del anillo de estanqueidad instalado.

Nota: El color rojo del anillo es ilustrativo. Se suministra en color negro

Figure 37 – Detail of installed sealing ring

Note: *The red color of the ring is for illustrative purposes only. It is supplied in black.*

2° Paso: Lubricación.

2° Step : Lubrication.

- Lubricar el anillo de estanqueidad y la campana del tubo con pasta lubricante Kanalub.

  Apply Kanalub joint lubricant generously over the visible surface of the rubber gasket and the interior surface of the bell

Figura 38 - Aplicación de la pasta lubricante

Figure 38 - Application of lubricant

3° Paso: Alineación de los tubos.

3° Step: Alignment and Assembly

- Alinear los tubos vertical y horizontalmente;

  Align the pipes horizontally and vertically.

- Aproximar la espiga a la campana.

Bring the spigot end up to the bell entrance

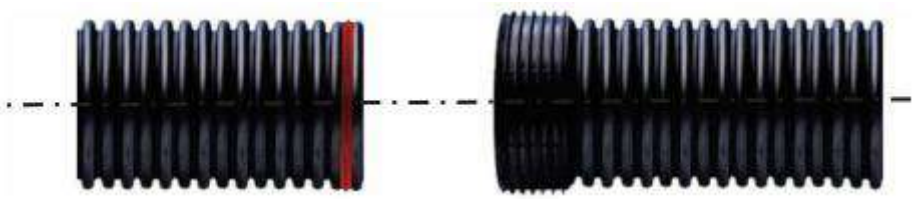


Figura 39 - Alineación de los tubos / *Figure 39 - Pipe alignment*

- La inserción de la espiga en la campana se realiza mediante encaje rápido (tras la lubricación) según las condiciones del párrafo siguiente, empujando o traccionando un tramo de tubo hacia el otro hasta la completa inserción de la espiga en la campana.

  Inserting the spigot into the bell is performed via push-fit (after lubrication) in accordance with the conditions in the following paragraph, pushing or pulling one pipe section toward the other until the spigot is fully seated in the bell.

- Para tubos de hasta DN600, se puede utilizar una palanca y un tope de madera para facilitar este desplazamiento, como se demuestra en la Figura 40. El tope de madera tiene como finalidad evitar esfuerzos concentrados sobre la pared de la espiga o de la campana del tubo.

  For pipes up to DN600, a lever and a wooden block can be used to facilitate this movement, as shown in Figure 40. The purpose of the wooden block is to prevent localized stresses on the wall of the pipe spigot or bell.

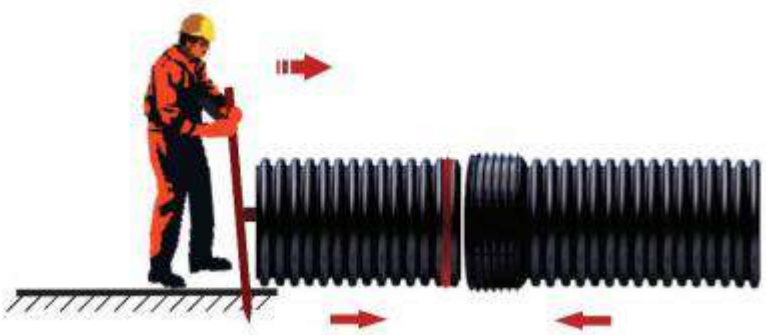


Figura 40 - Introducción de la espiga en la campana

Figure 40 - Inserting spigot into bell

- Para tubos a partir de DN600 (inclusive), la inserción de la espiga en la campana (tras la lubricación) se puede realizar con el auxilio mecánico de una excavadora, colocando un tope de madera como se citó anteriormente y empujando un tramo de tubo hacia el otro. La inserción de la espiga en la campana, especialmente en la instalación de accesorios tipo codo/curva, se puede realizar mediante el uso de fajas/eslingas de nylon con un ancho mínimo de 3 cm, las cuales deben abrazar el cuerpo del tubo (nunca la campana) en cada parte a unir. Con la ayuda de tecles o carracas de apriete, tensionar las fajas para aproximar los tubos hasta la completa inserción espiga-campana.

For pipes DN600 and larger, inserting the spigot into the bell (after lubrication) can be performed with the mechanical assistance of an excavator, placing a wooden block as mentioned above and pushing one pipe section toward the other. The spigot insertion into the bell, particularly when installing fittings like elbows/bends, can be achieved using nylon webbing slings with a minimum width of 3 cm. These slings must wrap around the pipe body (never the bell) on each section to be joined. Using chain hoists or ratcheting strap pullers, tension the slings to draw the pipes together until the spigot is fully seated in the bell.

4.3.6. Deflexión Angular en la Unión

4.3.6. Angular Deflection at Joints

La unión de tubos KNTS Super, del tipo junta elástica (espiga/campana/anillo de estanqueidad), permite deflexiones angulares dentro de ciertos límites para ajustes de alineación y trazado durante la etapa de montaje y a lo largo del tiempo, de modo que absorba pequeños movimientos del suelo sin comprometer la estanqueidad.

KNTS Super elastomeric bell-and-spigot joints permit controlled angular deflection to accommodate minor alignment shifts during installation and long-term soil movement without compromising joint integrity or seal tightness.

La unión, de fácil montaje, proporciona también flexibilidad, ya que permite dilataciones longitudinales con el movimiento del anillo en el interior de la campana. Los tubos estructurados de doble pared no están diseñados para trabajar a flexión, sino únicamente a compresión.

This flexible joint system also accommodates longitudinal thermal expansion and contraction as the gasket slides within the bell cavity. Dual-wall structured pipes are engineered for compressive loads rather than bending moments.

Según el diámetro nominal del tubo, cada unión permite un límite determinado de deflexión angular. Es importante que los tubos se asienten sobre la capa de apoyo en la zanja en perfecta alineación, y solo tras el montaje completo de la unión y de la

envoltura del tubo hasta la generatriz superior se deberá proceder a la deflexión angular hasta los límites indicados en la Tabla 15, para no poner en riesgo la integridad estructural de los tubos, dado que cada unión bajo esfuerzos de deflexión transfiere parte de las tensiones a las paredes de la tubería.

Depending on the nominal diameter of the pipe, each joint allows for a specific angular deflection limit. It is critical that the pipes are laid on the trench bedding layer in perfect alignment; angular deflection up to the limits specified in Table 15 should only be applied after full assembly of the joint and backfilling of the pipe envelope up to the crown. This ensures the structural integrity of the pipes is not compromised, as each joint subjected to deflection forces transfers part of the stresses to the pipe walls.

DN del Tubo	Deflexión Angular Máxima por Unión (grados)
Hasta 300	**2,0**
400 a 600	**1,5**
800 a 1200	**1,0**

Tabla 15 – Deflexión Angular

Pipe Nominal Diameter	*Maximum Angular Deflection per Joint (Degrees)*
Hasta 300	*2,0*
400 a 600	*1,5*
800 a 1200	*1,0*

Table 15 – Maximum Angular Deflection

4.3.7. Anclaje de Accesorios y Envolvente de Tubos en Hormigón/Concreto

Cuando los tubos o conexiones requieran recubrimiento de hormigón/concreto, como dados para soportar cargas atípicas o bloques de anclaje para accesorios en ángulo, se deben tomar precauciones especiales de forma complementaria a las demás pautas de instalación citadas en este manual. Para el anclaje del tubo o accesorios KNTS durante el hormigonado, estos estarán sujetos a elevados esfuerzos de subpresión/flotación. Por lo tanto, para restringir el movimiento que puedan causar dichos esfuerzos, se puede realizar el trincado o amarrado del tubo/accesorio a una base de anclaje, como se ilustra

en la Figura 42. El amarre se puede efectuar con cinta plana de poliéster de un ancho mínimo de 3 cm, lo suficientemente resistente para soportar las fuerzas de flotación, espaciadas a un máximo de 2 m. Las cintas deben tensionarse lo suficiente para impedir la flotación, sin un apriete excesivo que provoque una deflexión adicional en el tubo/accesorio.

When pipes or fittings require concrete encasement—such as pads to support atypical loads or thrust blocks for angled fittings—special precautions must be taken in addition to the other installation guidelines provided in this manual. When anchoring the KNTS pipe or fittings during concrete pouring, they will be subjected to significant uplift/buoyancy forces. Therefore, to restrict movement caused by these forces, the pipe or fitting may be strapped or tied down to an anchor base, as illustrated in Figure 42. Strapping can be performed using flat polyester webbing with a minimum width of 3 cm—strong enough to withstand the buoyancy forces—spaced at a maximum interval of 2 m. The straps must be tensioned sufficiently to prevent flotation, without overtightening that could induce additional deflection in the pipe or fitting.

En la construcción de bloques de anclaje para accesorios en curva, se recomienda dejar las juntas libres, sin revestimiento de hormigón/concreto.

When constructing thrust blocks for elbow fittings, it is recommended to leave the joints exposed, without concrete encasement.

Figura 42 – Anclaje

El uso de sacos de lastre, según se abordó en el apartado 4.2.7, es otra forma de evitar el movimiento de los tubos durante el período de curado del hormigón.

Ballast sandbags (as described in Section 4.2.7) can also be used to stabilize pipes against movement until the concrete sets.

4.4. Recomposición del Pavimento

4.4. Pavement Restoration

El recubrimiento de la tubería debe realizarse en capas de 30 cm de espesor, compactadas, hasta alcanzar una cota mínima de 80 cm por encima de la generatriz superior del tubo, empleando material libre de piedras u objetos cortantes y punzantes

con aristas vivas. El resto del recubrimiento se puede realizar con material granular propio de la excavación, compactado en capas de 30 cm. Si el material excavado no alcanza el grado de compactación necesario del 94% Proctor Normal, se debe sustituir el material de la capa de relleno final por otro de mejor calidad.

Pipe backfilling must be executed in compacted 30 cm (12 in) lifts up to a minimum cover height of 80 cm (31.5 in) above the pipe crown, using material free of rocks or sharp, angular objects. The remaining backfill can be completed using suitable granular material excavated from the site, compacted in 30 cm (12 in) lifts. If the excavated material fails to achieve the required density of 94% Standard Proctor, the final backfill material must be replaced with higher-quality imported soil.

Se debe prever un acabado en la descarga de la tubería, tal como un muro de cabecera/aleta y un disipador de energía, protegiendo la red contra vandalismo, fuego o velocidades elevadas del fluido.

An outfall structure—such as a headwall/wingwall and energy dissipator—must be provided at the pipe discharge point to protect the network against vandalism, fire, or high fluid velocities.

4.5. Llegada y Salida en Cajas de Paso o Pozos de Inspección (PV)

4.5. Connections to Junction Boxes and Maintenance Holes (MH)

El acabado de la llegada o salida del tubo en la Caja de Paso o Pozo de Inspección (PV) se debe realizar siempre con el extremo espiga del tubo. Por lo tanto, para el primer tubo de salida que se tienda desde la caja, se recomienda cortar el tramo cerca de la mitad, utilizar la mitad espiga-espiga y reservar la mitad espiga-campana para la terminación en la caja siguiente, de modo que no se descarte la campana al inicio.

The connection (inlet or outlet) of the pipe at a Junction Box or Maintenance Hole (MH) must always be made using a spigot end. Therefore, for the first outgoing pipe segment laid from a box, it is recommended to cut the pipe segment roughly in half, use the spigot-spigot half for the outlet, and reserve the spigot-bell half for the inlet connection at the next box, ensuring the bell end is not wasted at the start.

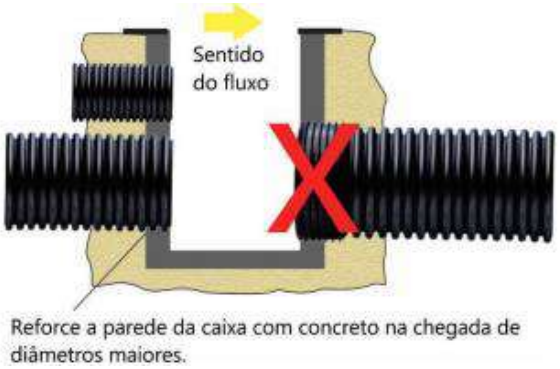


Figura 43

5. Manejo y Transporte

5. Handling and Transportation

Durante el transporte y manejo de los tubos, se debe evitar que ocurran impactos o contactos con elementos que puedan comprometer su integridad, tales como objetos cortantes o punzantes con aristas vivas, piedras, etc.

During transportation and handling of the pipes, impacts or contacts with elements that could compromise their integrity—such as sharp, angular objects, rocks, etc.—must be avoided.

La descarga deberá efectuarse cuidadosamente, no permitiendo que los tubos sean arrojados directamente al suelo con el fin de evitar abolladuras, roturas, perforaciones o la concentración de cargas en un solo punto *(véanse las Figuras 44 y 45)*.

Unloading must be performed carefully, and pipes must never be dropped directly onto the ground to prevent dents, cracks, punctures, or concentrated point loading (see Figures 44 and 45)

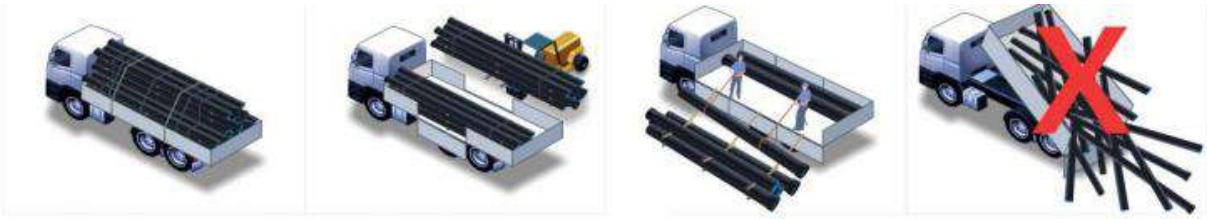


Figura 44 - Cuidados en el transporte y descarga / ***Figure 44 – Precautions during transportation and unloading***

Para diámetros de hasta 400 mm, la descarga podrá efectuarse manualmente; para tubos de 500 mm hasta 1200 mm, se realizará con el auxilio de equipos empleando fajas/eslingas de nylon.

For diameters up to DN400, unloading may be performed manually; for pipes from DN500 to DN1200, mechanical equipment equipped with nylon slings/straps must be used.

Figura 45 - Descarga y manipulación manual y con fajas de nylon

Figure 45 – Manual unloading and handling vs. mechanical handling with nylon slings

No se recomienda el uso de ningún otro material para la elevación, como cadenas o cables de acero, ya que pueden dañar los tubos.

The use of any other lifting hardware, such as chains or steel wire ropes, is strongly discouraged, as they can damage the pipes.

Capacidad Ocupacional por Camión (Ancho = 2,4 m y Alto = 2,8 m)								
DN	Camión 3 Ejes (Truck) 8 m (52 m³)		Camión Furgón 10 m (69 m³)		Tráiler 12 m (81 m³)		Semirremolque 14 m (110 m³)	
	(m)	(barras)	(m)	(barras)	(m)	(barras)	(m)	(barras)
250	474	79	474	79	948	158	948	158
300	288	48	288	48	576	96	576	96
400	150	25	150	25	360	60	360	60
500	114	19	114	19	228	38	228	38
600	72	12	72	12	144	24	144	24
800	36	6	36	6	72	12	72	12
1000	24	4	24	4	48	8	48	8
1200	12	2	12	2	24	4	24	4

Tabla 16 - Capacidad ocupacional por camión

Capacidad Ocupacional por Camión (Ancho = 2,4 m y Alto = 2,8 m)								
ND	*3-Axle Rigid Truck 8 m (52 m³)*		*Box Truck / Van 10 m (69 m³)*		*Trailer 12 m (81 m³)*		*Semi-Trailer 14 m (110 m³)*	
	(m)	*(Joints)*	*(m)*	*(Joints)*	*(m)*	*(Joints)*	*(m)*	*(Joints)*
250	*474*	*79*	*474*	*79*	*948*	*158*	*948*	*158*
300	*288*	*48*	*288*	*48*	*576*	*96*	*576*	*96*
400	*150*	*25*	*150*	*25*	*360*	*60*	*360*	*60*
500	*114*	*19*	*114*	*19*	*228*	*38*	*228*	*38*
600	*72*	*12*	*72*	*12*	*144*	*24*	*144*	*24*
800	*36*	*6*	*36*	*6*	*72*	*12*	*72*	*12*
1000	*24*	*4*	*24*	*4*	*48*	*8*	*48*	*8*
1200	*12*	*2*	*12*	*2*	*24*	*4*	*24*	*4*

Table 16 – Truck Loading Capacity

6. Almacenamiento y Acopio

6. Storage and Stacking

El acopio y almacenamiento de los tubos KNTS Super debe realizarse apoyando el material sobre piezas de madera, en lugares de firmeza uniforme y planos, exentos de cualquier elemento que pueda dañarlo, tales como superficies rígidas con aristas vivas, objetos cortantes o punzantes, piedras, escombros, etc.

Stacking and storage of KNTS Super pipes must be executed by resting the material on wooden sleepers on firm, level ground free of elements that could damage the pipes, such as hard surfaces with sharp edges, pointed objects, rocks, debris, etc.

Evitar golpes en las espigas de los tubos para impedir cualquier tipo de daño. No arrastrar los tubos. Las campanas (*bolsas*) de los tubos deben quedar libres hacia afuera de la pila de almacenamiento, alternándose entre un tubo y otro.

Avoid impacts to the pipe spigots to prevent damage. Do not drag the pipes. Pipe bells (sockets) must extend freely beyond the ends of the stack, alternating direction layer by layer.

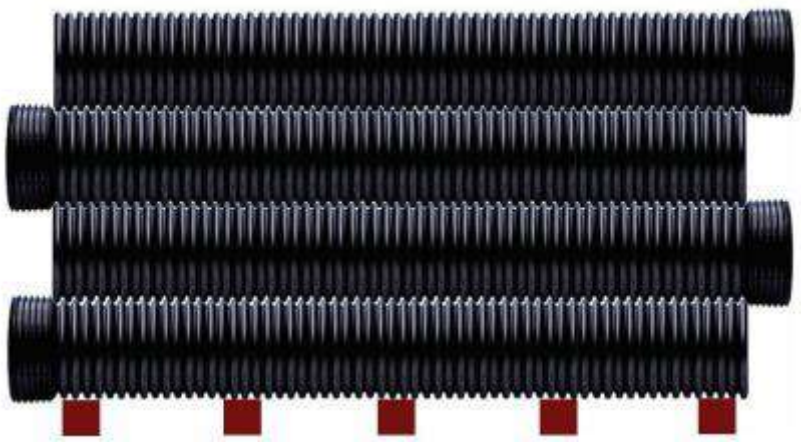


Figura 46

Los tubos no deben acopiarse directamente sobre el suelo para evitar deformaciones. Deben disponerse en forma horizontal, donde la primera capa se colocará sobre listones transversales de madera con un ancho mínimo de 10 cm, espaciados a un máximo de 50 cm entre sí *(Figura 46)*.

Pipes must not be stacked directly on the ground to prevent deformation. They must be laid horizontally, with the bottom layer placed on transverse wooden dunnage/sleepers with a minimum width of 10 cm (4 in), spaced at a maximum of 50 cm (20 in) apart (Figure 46).

Se deben colocar estacas verticales, espaciadas de metro en metro para soporte lateral de las capas de tubos, o bien utilizar calzos anchos de vigas de madera.

Vertical posts spaced every 1.0 m must be installed to provide lateral support for the pipe layers, or alternatively, wide timber beam chocks may be used.

No almacenar los tubos cerca de fuentes de calor y evitar el contacto con agentes químicos agresivos, como solventes en general.

Do not store pipes near heat sources and avoid contact with aggressive chemical agents, such as general solvents.

Acopiar a una altura máxima de tres metros con el fin de facilitar la colocación y retirada de los tubos de la última capa. No deben quedar expuestos a la intemperie por un período superior a 12 (doce) meses.

Stockpile to a maximum height of 3.0 m to facilitate the loading and removal of pipes from the top layer. Pipes must not be left exposed to the elements for a period exceeding 12 (twelve) months.

En caso de requerir un almacenamiento por un período mayor al estipulado anteriormente, se recomienda acopiar los tubos y accesorios en lugares cubiertos y ventilados, o bien cubrirlos con lonas para una protección más eficaz que evite la incidencia directa de los rayos solares.

If storage is required for longer than the period specified above, it is recommended to stockpile the pipes and fittings in covered, well-ventilated areas, or cover them with tarpaulins for more effective protection against direct sunlight.

7. Aspectos de la Calidad

7. Quality Aspects

7.1. Estándares Normativos del Tubo KNTS Super

7.1. KNTS Super Normative Standards

El sistema de tuberías KNTS Drain cumple con los más rigurosos estándares internacionales de producto, definidos por la *International Organization for Standardization* (ISO) y el *European Committee for Standardization* (CEN).

The KNTS Drain piping system complies with rigorous international product standards established by the International Organization for Standardization (ISO) and the European Committee for Standardization (CEN).

Las características y requisitos de los productos KNTS Super se determinan de acuerdo con las siguientes normas:

The performance characteristics and requirements for KNTS Super products are defined in accordance with:

- **ABNT NBR ISO 21138** Partes 1 y 3.
  ABNT NBR ISO 21138 *Parts 1 and 3*
- **EN 681**, parte 1.
  EN 681 *Part 1*

7.2. Identificación del Producto

7.2. Product Identification

Los tubos KNTS Super están marcados de forma legible e indeleble con la siguiente información:

KNTS Super pipes are legibly and indelibly marked with the following information:

- Kanaflex / KNTS Super (nombre de la empresa y línea de producto);
  Kanaflex / KNTS Super *(Company name and product line)*
- Dimensión nominal (DN/ID);
  Nominal Size (DN/ID)
- Rigidez Anular (SN);
  Ring Stiffness (SN)
- Material (PE);
  Material (PE)
- Código de trazabilidad (lote).

7.3. Control de la Calidad del KNTS Super

7.3. KNTS Super Quality Control

Kanaflex mantiene un riguroso sistema de control de calidad para sus productos KNTS Drain, asegurando desde el uso de materias primas adecuadas hasta el cumplimiento de los requisitos de control de proceso de fabricación y desempeño de sus tubos, conexiones y accesorios.

Kanaflex maintains a rigorous quality management system for its KNTS Drain products, ensuring everything from raw material verification to compliance with manufacturing process control and performance testing for pipes, fittings, and accessories.

7.3.1. Control de la Materia Prima

7.3.1. Raw Material Testing

Antes de la producción, las materias primas se evalúan mediante ensayos de Índice de Fluidez y de Densidad, para garantizar condiciones adecuadas de procesamiento y resistencia mecánica para el producto.

*Prior to production, raw materials are evaluated via **Melt Flow Index (MFI)** and **Density** testing to ensure proper processing behavior and mechanical strength in the finished product.*

Figura 47 – Control de materia prima / ***Figure 47 – Raw material quality control***

(Foto adjunta del Plastómetro: equipo para la determinación del Índice de Fluidez de resinas de polietileno, de acuerdo con las normas ISO 1133 y NBR 9053).

(Attached photo of Plastometer: equipment used to determine the Melt Flow Index of polyethylene resins in accordance with ISO 1133 and NBR 9053).

7.3.2. Control del Producto en el Proceso de Fabricación

7.3.2. In-Process Product Testing

Durante el proceso de fabricación, se evalúan las características dimensionales y mecánicas de cada lote producido para asegurar que el producto alcance el desempeño esperado en su aplicación final.

During the manufacturing process, the dimensional and mechanical characteristics of each produced batch are evaluated to ensure the product achieves its intended performance in its final application.

Figura 48 – Control de producto y proceso de fabricación / ***Figure 48 – In-process manufacturing and product control***

(Foto adjunta del equipo para la determinación de la resistencia a la compresión: equipo para determinar la Rigidez Anular / Ring Stiffness, de acuerdo con las normas ISO 9969).

(Attached photo of the equipment for determining compressive strength: equipment to determine Ring Stiffness, in accordance with ISO 9969 standards).

7.3.3. Inspección Final

La evaluación final comprende la verificación del cumplimiento de los requisitos de cada producto de acuerdo con sus códigos, descripciones y marcado.

Final inspection consists of verifying product compliance against specified codes, descriptions, and markings.

Para cada lote de producto se emite un Certificado de Conformidad que contiene la descripción completa del producto, factura, estándar normativo y el cumplimiento de los principales requisitos evaluados para cada lote.

For every production batch, a Certificate of Conformance is issued detailing the complete product description, invoice number, reference standard, and test results for key quality metrics.

Figura 49 – Inspección final / ***Figure 49 – Final inspection***

8. Bibliografía

Norma ABNT NBR 6502 - Rochas e solos (Rocas y suelos).

Norma ABNT NBR 6459 - Solo - Determinação do limite de liquidez (Suelo - Determinación del límite de liquidez).

Norma ABNT NBR 7180 - Solo - Determinação do limite de plasticidade (Suelo - Determinación del límite de plasticidad).

Norma ABNT NBR ISO 21138-1 - Sistemas de tubulações plásticas para drenagem e esgoto subterrâneos não pressurizados — Sistemas de tubos com paredes estruturadas de policloreto de vinila não plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) e polietileno (PE) Parte 1: Especificação de materiais e critérios de desempenho para tubos, conexões e sistemas.

Norma ABNT NBR ISO 21138-3 - Sistemas de tubulações plásticas para drenagem e esgoto subterrâneos não pressurizados — Sistemas de tubos com paredes estruturadas de policloreto de vinila não plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) e polietileno (PE) Parte 3: Tubos e conexões com a superfície externa não lisa, Tipo B.

Norma ASTM D-2321 - Standard Practice for Underground Installation of Thermoplastic Pipe for Sewers and Other Gravity-Flow Applications.

Norma ATV-DVWK-A 127 - Static Calculation of Drains and Sewers.

Norma EN 681 - Elastomeric seals - Materials requirements for pipe joint seals used in water and drainage applications - Part 1: Vulcanized rubber.

Norma ISO 1133 - Plastics - Determination of the melt mass-flow rate (MFR) and the melt volume-flow rate (MVR) of thermoplastics.

Norma ISO 9969 - Thermoplastics pipes - Determination of ring stiffness.

Benedito Bueno, Yuri Costa. Dutos enterrados – aspectos geotécnicos, Oficina de Textos, SP, 2012.

Danieletto, José Roberto. Manual de Tubulações de Polietileno e Polipropileno – Características, Dimensionamento e Instalação, Linha Aberta Comunicações, 2014.

Marston, A.; Anderson, A. The theory of loads on pipes in ditches and tests of cement and clay tile and sewer pipe. Bulletin 31, Iowa Engineering Experiment Station, 1913.

Spangler, M. G. The structural design of flexible pipe culverts. Bulletin 112, Iowa Engineering Experiment Station, 1941.

Spangler, M. G. Theory of loads on negative projecting conduits. Proceedings of HRB, 1950.

8. Bibliography

ABNT NBR 6502 *– Rocks and Soils.*

ABNT NBR 6459 *– Soil – Determination of Liquid Limit.*

ABNT NBR 7180 *– Soil – Determination of Plastic Limit.*

ABNT NBR ISO 21138-1 *– Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage – Structured-wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) – Part 1: Material specifications and performance criteria for pipes, fittings and system.*

ABNT NBR ISO 21138-3 *– Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage – Structured-wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) – Part 3: Pipes and fittings with non-smooth external surface, Type B.*

ASTM D2321 *– Standard Practice for Underground Installation of Thermoplastic Pipe for Sewers and Other Gravity-Flow Applications.*

ATV-DVWK-A 127 *– Static Calculation of Drains and Sewers.*

EN 681-1 *– Elastomeric seals – Materials requirements for pipe joint seals used in water and drainage applications – Part 1: Vulcanized rubber.*

ISO 1133 *– Plastics – Determination of the melt mass-flow rate (MFR) and melt volume-flow rate (MVR) of thermoplastics.*

ISO 9969 *– Thermoplastics pipes – Determination of ring stiffness.*

Bueno, B.; Costa, Y. *– Dutos enterrados – aspectos geotécnicos (Buried Conduits – Geotechnical Aspects), Oficina de Textos, SP, 2012.*

Danieletto, J. R. *– Manual de Tubulações de Polietileno e Polipropileno – Características, Dimensionamento e Instalação (Polyethylene and Polypropylene Piping Manual – Characteristics, Design, and Installation), Linha Aberta Comunicações, 2014.*

Marston, A.; Anderson, A. *– The theory of loads on pipes in ditches and tests of cement and clay tile and sewer pipe. Bulletin 31, Iowa Engineering Experiment Station, 1913.*

Spangler, M. G. *– The structural design of flexible pipe culverts. Bulletin 112, Iowa Engineering Experiment Station, 1941.*

Spangler, M. G. *– Theory of loads on negative projecting conduits. Proceedings of HRB, 1950.*

Notas:

Notes:

1) Kanaflex S.A. Indústria de Plásticos tiene como principio la mejora continua de sus productos fabricados. Se podrán realizar eventuales modificaciones en este manual técnico sin previo aviso, con el objetivo de su perfeccionamiento.

Kanaflex S.A. Indústria de Plásticos *operates on the principle of continuous product improvement. Specifications and details in this technical manual are subject to change without prior notice for product enhancement purposes.*

2) Este manual técnico tiene la intención de colaborar con los usuarios de KNTS Drain en la ejecución de tuberías subterráneas enterradas. En caso de dudas no contempladas en este manual, póngase en contacto con Kanaflex.

This technical manual is intended as a guide to assist users of KNTS Drain in the execution of underground buried piping installations. For questions or edge cases not covered in this manual, please contact Kanaflex directly.

3) Kanaflex dispone y pone a disposición el servicio de asistencia técnica al inicio de la obra. Este servicio tiene el propósito de orientar a los instaladores sobre el procedimiento correcto de instalación del tubo y no puede considerarse como una fiscalización o supervisión. Nuestros técnicos no interfieren en los procedimientos de ingeniería y proyecto, los cuales son responsabilidad de las empresas contratistas, proyectistas e instaladoras.

Kanaflex provides technical startup assistance at the job site upon request. This service aims to guide installers on correct pipe installation procedures and does not constitute site inspection or engineering supervision. Our field technicians do not interfere with engineering or design procedures, which remain the sole responsibility of the contracting, design, and installation firms.

¿Dudas?

Doubts?

Ponte en contacto

Get in touch

+55 (11) 98689-3976

www.kanaflex.com.br

comex@kanaflex.com.br

Kanaflex®