

CONDIÇÕES TÉCNICAS PARA **CADERNOS DE ENCARGOS**

Sistema de tubagens PVC-U para saneamento enterrado sem pressão

❶ – O fim das homologações no saneamento

Com a publicação da circular do LNEC de 30-03-2004, os tubos e acessórios de PVC-U da classe 0,4MPa conformes com a norma NP1487 deixaram de ser homologados.

A norma NP1487 foi anulada no ano 2000 pelo IPQ e substituída pelas normas europeias:

- EN 1329-1 (PVC-U para drenagem de águas quentes e frias no interior da estrutura dos edifícios, Série B);
- EN 1401-1 (PVC-U para o saneamento enterrado sem pressão, Série U, SN2 a SN8);
- EN 1456-1 (PVC-U para o saneamento enterrado com pressão, PN6 a PN16);
- EN 1452-1 e -2 (PVC-U para o abastecimento de água com pressão, PN6 a PN25).

A **FERSIL, Freitas & Silva, S.A.**, recomenda para os sistemas de tubagem em PVC-U para saneamento enterrado sem pressão, a utilização dos tubos e acessórios da Série U de acordo com as normas europeias EN 1401-1 (tubos e acessórios de parede compacta) e EN 13476-2 (tubos de parede estruturada tipo 3KKK).

❷ – Descrição do produto

Os tubos e acessórios marca FERSIL em poli (cloreto de vinilo) não plastificado (PVC-U) de parede compacta e com métodos de união por anel elastomérico (oring labial de borracha), por boca lisa para colar ou sem boca, para emprego em canalizações para saneamento enterrado sem pressão, no exterior da estrutura dos edifícios, são fabricados de acordo com a norma europeia EN 1401-1.

Os tubos marca FERSIL 3KKK em poli (cloreto de vinilo) não plastificado (PVC-U) de parede estruturada e com métodos de união por anel elastomérico (oring labial de borracha), por boca lisa para colar ou sem boca, para emprego em canalizações para saneamento enterrado sem pressão, no exterior da estrutura dos edifícios, são fabricados de acordo com a norma europeia EN 13476-2.

❸ - Características técnicas

A) Aspecto, Cor e Marcação

Quando observado sem ampliação as superfícies interiores e exteriores de tubos e de acessórios devem estar lisas, limpas e isentas de ranhuras, bolhas, impurezas e poros, as extremidades dos tubos e dos acessórios devem ser perpendiculares ao seu eixo.

Os tubos e acessórios são coloridos em toda a parede e a cor deve ser preferencialmente o tijolo (tipo RAL 2010 ou 8023) ou o cinzento claro (tipo RAL 7037). A cor da camada interior coextrudada dos tubos 3KKK pode ser diferente.

Os elementos de marcação devem ser impressos ou gravados directamente nos tubos e acessórios ou estar numa etiqueta, de tal forma que após armazenamento, exposição às intempéries, manuseamento e instalação, o requisito de legibilidade se mantenha.

NOTA1: A FERSIL não é responsável se a marcação se tornar ilegível devido a acções efectuadas durante a instalação ou no decurso de utilização, como pintura, riscos, cobertura de componentes ou uso de detergentes, etc., salvo se acordado.

Os tubos devem ser marcados a intervalos de 2 m, no máximo e pelo menos com uma marcação completa por tubo. A marcação mínima requerida para os tubos deve estar conforme com o Quadro 1.

Quadro 1 – Marcação mínima exigida para os tubos

Elementos	Marcas ou símbolos para a Série U da EN 1401-1	Marcas ou símbolos para a Série U da EN 13476-2
Número da Norma Europeia	EN 1401	EN 13476-2
Código da área de aplicação	U	U
Nome do fabricante e/ou marca comercial	FERSIL	FERSIL 3KKK
Dimensão nominal	Por exemplo, 200	Por exemplo, 200
Espessura de parede mínima	Por exemplo, 3,9	Por exemplo, 4,9
Classe de rigidez	SN2	SN4
Material	PVC-U	PVC-U
Informações de rastreabilidade	Data, Hora, OP	Data, Hora, OP

Todos os acessórios devem ser marcados e a marcação mínima requerida deve estar conforme com o Quadro 2.

Quadro 2 – Marcação mínima exigida para os acessórios

Elementos	Marcas ou símbolos para a Série U da EN 1401-1
Número da Norma Europeia	EN 1401
Código da área de aplicação	U
Nome do fabricante e/ou marca comercial	FERSIL
Dimensão nominal	Por exemplo, 200
Ângulo nominal	Por exemplo, 45°
Material	PVC-U
Informações de rastreabilidade	Datador

B) Dimensões

Os diâmetros externos, espessuras de parede e diâmetros internos úteis dos tubos e acessórios comercializados pela FERSIL respeitam os Quadros 3 e 4.

Quadro 3 – Diâmetros e espessuras de tubos e acessórios de PVC-U da Série U de acordo com a EN 1401-1

Diâmetro externo	Boca com oring labial	Classe de rigidez			
		SN2		SN4	
		Espessura nominal (mm)	Diâmetro Interno Útil (mm)	Espessura nominal (mm)	Diâmetro Interno Útil (mm)
110	X	---	---	3,2	103,6
125	X	---	---	3,2	118,6
140 ¹⁾	X	3,2	133,6	---	---
160	X	3,2	153,6	4,0	152,0
200	X	3,9	192,2	4,9	190,2
250	X ²⁾	4,9	240,2	6,2	237,6
315	X ²⁾	6,2	302,6	7,7	299,6

¹⁾ Diâmetro não normalizado.

²⁾ Boca com anel de pressão.

Quadro 4 – Diâmetros e espessuras de tubos de PVC-U 3KKK da série U de acordo com a EN 13476-2

Diâmetro externo	Boca com oring labial	Espessura parede interna (mm)	Classe de rigidez			
			SN2 ¹⁾		SN4	
			Espessura nominal (mm)	Diâmetro Interno Útil (mm)	Espessura nominal (mm)	Diâmetro Interno Útil (mm)
125	X	0,4	---	---	3,2	118,6
140 ²⁾	X	0,4	3,2	133,6	---	---
160	X	0,5	3,2	153,6	4,0	152,0
200	X	0,6	3,9	192,2	4,9	190,2

¹⁾ Classe não normalizada. A norma EN 13476-2 só prevê o SN2 para DN > 500.

²⁾ Diâmetro não normalizado

Os comprimentos dos tubos comercializados pela FERSIL respeitam o Quadro 5.

Quadro 5 – Comprimento de tubos de PVC-U e 3KKK da série U de acordo com as EN 1401-1 e EN 13476-2

Diâmetro externo	Classe de rigidez	
	SN2	SN4
	Boca com oring labial (m)	Boca com oring labial (m)
110	---	6
125	---	6
140	6	---
160	6	6
200	6	6
250 ¹⁾	6	6
315 ¹⁾	6	6

¹⁾ Boca com anel de pressão.

C) Características mecânicas

Os tubos comercializados pela FERSIL respeitam as características mecânicas descritas nos Quadro 6 e 7.

Quadro 6 – Características mecânicas dos tubos de PVC-U e 3KKK Série U de acordo com as EN 1401-1 e EN 13476-2

Características	Requisitos	Parâmetros de ensaio		Método de ensaio
Resistência ao impacto (método do relógio)	$TIR \leq 10\%$	Temperatura de ensaio Tipo de percutor Massa do percutor Altura de queda do percutor	0 °C Conforme a EN 1401-1 ou a EN 13476-2	EN 744
Resistência à compressão circunferencial (SN) ¹⁾	\geq SN relevante (kN/m ²)	Conforme a norma EN ISO 9969		EN ISO 9969
Flexibilidade anelar 30 ²⁾	Sem sinais de: Redução da força, Fissuras Rotura Delaminação Colapso permanente	Deflexão Comprimento do provete Velocidade do deslocamento	30 % do d_{em} 300 ± 10 mm Conforme a EN ISO 9969	EN 1446
Ensaio de fluência ²⁾ (recuperação)	$\leq 2,5$ (extrapolação a 2 anos)	Conforme a norma EN ISO 9967		EN ISO 9967

¹⁾ No caso dos tubos PVC-U Série U da EN 1401-1, os SN relevantes possíveis são o SN2, SN4 e SN8, no caso dos tubos 3KKK Série U da EN 13476-2, para $d_n \leq 500$, os SN relevantes possíveis são o SN4, SN8 e SN16.

²⁾ Só se aplica aos tubos 3KKK Série U da EN 13476-2.

NOTA2: Para diâmetros $d_n \geq 500$ os fabricantes que garantam para um determinado componente uma rigidez circunferencial mínima com valores de SN entre os SN definidos, podem utilizar esse valor apenas para efeitos de cálculo. Estes tubos devem ser sempre classificados e marcados com a classe de rigidez circunferencial imediatamente abaixo.

Quadro 7 – Características mecânicas dos acessórios de PVC-U Série U de acordo com as EN 1401-1

Características	Requisitos	Parâmetros de ensaio		Método de ensaio
Resistência mecânica ou flexibilidade ¹⁾	Sem sinais de fissura, rotura, separação e/ou fuga	Tempo de ensaio Momento de inércia mínimo: DN \leq 250 DN $>$ 250 ou Deslocamento mínimo	15 min 0,15xDN ³ x10 ⁻⁶ kNm 0,01xDN kNm 170 mm	EN 12256
Resistência ao impacto (ensaio de queda livre)	Sem danos na entrada da embocadura	Temperatura de ensaio Tipo de percutor Massa do percutor Altura de queda do percutor	0 °C Conforme a EN 1401-1	EN 12061

¹⁾ Aplica-se apenas aos acessórios manufacturados que incluam mais do que 1 componente.

D) Características físicas

Os tubos e acessórios comercializados pela FERSIL respeitam as características mecânicas descritas nos Quadros 8 e 9.

Quadro 8 – Características físicas dos tubos de PVC-U e 3KKK Série U de acordo com as EN 1401-1 e EN 13476-2

Características	Requisitos	Parâmetros de ensaio		Método de ensaio
Temperatura de amolecimento Vicat (VST)	≥ 79 °C	Conforme a norma EN 727		EN 727
Deformação longitudinal a quente (DLQ)	≤ 5 % O tubo não deve apresentar bolhas ou fissuras	Temperatura de ensaio Tempo de imersão $e_n \leq 8$ mm $e_n > 8$ mm	150 °C 30 min 60 min	EN ISO 2505
Resistência ao diclorometano a uma temperatura especificada (DCMT)	Sem ataque na superfície do tubo	Temperatura de ensaio Tempo de imersão	15 °C 30 min	EN 580

Quadro 9 – Características físicas dos acessórios de PVC-U Série U de acordo com a EN 1401-1

Características	Requisitos	Parâmetros de ensaio		Método de ensaio
Temperatura de amolecimento Vicat (VST)	≥ 77 °C	Conforme a norma EN 727		EN 727
Comportamento ao calor	No ponto de injeção, na linha de soldadura e na cavidade do anel, a espessura das fissuras, delaminações e bolhas, não deve ser inferior a $0,5x_{e_n}$. Nos restantes pontos a espessura não deve ser inferior a $0,7x_{e_n}$.	Temperatura de ensaio Tempo de imersão $e_n \leq 10$ mm $e_n > 10$ mm	150 °C 30 min 60 min	EN 763

E) Características químicas

Se para uma determinada instalação, for necessário avaliar a resistência química dum tubo ou de um acessório, então o tubo deve ser classificado de acordo com as normas ISO 4433-1:1997 e 4433-2:1997.

As tubagens de PVC-U marca FERSIL e os respectivos acessórios oferecem um bom comportamento quando expostos à maioria dos produtos químicos, no entanto este comportamento depende quer das características da matéria prima com que são fabricadas, quer da temperatura dos fluidos que circulam dentro da tubagem.

A FERSIL dispõe de um guia de resistências químicas para todos os produtos que produz, fornecida a pedido, onde se descreve o comportamento das tubagens submetidas ao contacto com diferentes agentes químicos, às temperaturas indicadas, sem pressão interior nem esforços axiais.

Os dados devem ser usados como valor informativo uma vez que são baseados em ensaios laboratoriais, na experiência e prática de instalações e em informações técnicas.

NOTA3: As orientações referentes à resistência aos produtos químicos dos tubos e acessórios de PVC-U estão indicadas no relatório técnico ISO/TR 10358.

F) Desempenho das uniões

As uniões dos tubos e dos acessórios comercializados pela FERSIL respeitam as características de aptidão ao uso descritas no Quadro 10.

Quadro 10 – Características de aptidão ao uso das uniões dos sistemas de tubagem de PVC-U e 3KKK Série U de acordo com as EN 1401-1 e EN 13476-2

Características	Requisitos	Parâmetros de ensaio		Método de ensaio
Estanquidade à água ¹⁾	Sem fuga	Conforme a norma EN 1053		EN 1053
Estanquidade combinada das uniões com boca com oring labial	<i>Sem fuga</i>	Temperatura de ensaio	23±5 °C	EN 1277 Condição B, método 4
		Deformação terminal macho	≥ 10 %	
		Deformação do abocardo	≥ 5 %	
		Diferença	≥ 5 %	
		<i>Pressão de água</i>	<i>0,05 bar</i>	
		<i>Pressão de água</i>	<i>0,5 bar</i>	
		<i>Pressão de ar</i>	<i>- 0,3 bar</i>	
		Temperatura de ensaio	23±5 °C	EN 1277 Condição C, método 4
		Desvio angular $d_n \leq 315$ mm	2 °	
		<i>Pressão de água</i>	<i>0,05 bar</i>	
		<i>Pressão de água</i>	<i>0,5 bar</i>	
		<i>Pressão de ar</i>	<i>- 0,3 bar</i>	

¹⁾ Aplica-se apenas aos acessórios manufacturados que incluam mais do que 1 componente.

G) Perdas de carga

A determinação das perdas de carga, tal como para tubos em PVC rígido é baseada na fórmula de Williams-Hazen:

$$Q = 0.278531 \times C \times d_i^{2,63} \times J^{0,51}$$

sendo:

J = Perda de carga unitária, em m/m

Q = Caudal, em m³/s

d_i = Diâmetro interior do tubo, em m

C = Constante que depende do diâmetro da tubagem:

- $C = 140$, para $d_i > 100$ mm.

Na Figura 1 apresenta-se o ábaco da autoria do Prof. José Augusto Martins, da Escola Politécnica da Universidade de S. Paulo baseado na fórmula de Williams-Hazen para $C=100$. Para valores de $C \neq 100$, multiplicar a perda de carga pelo valor de K correspondente.

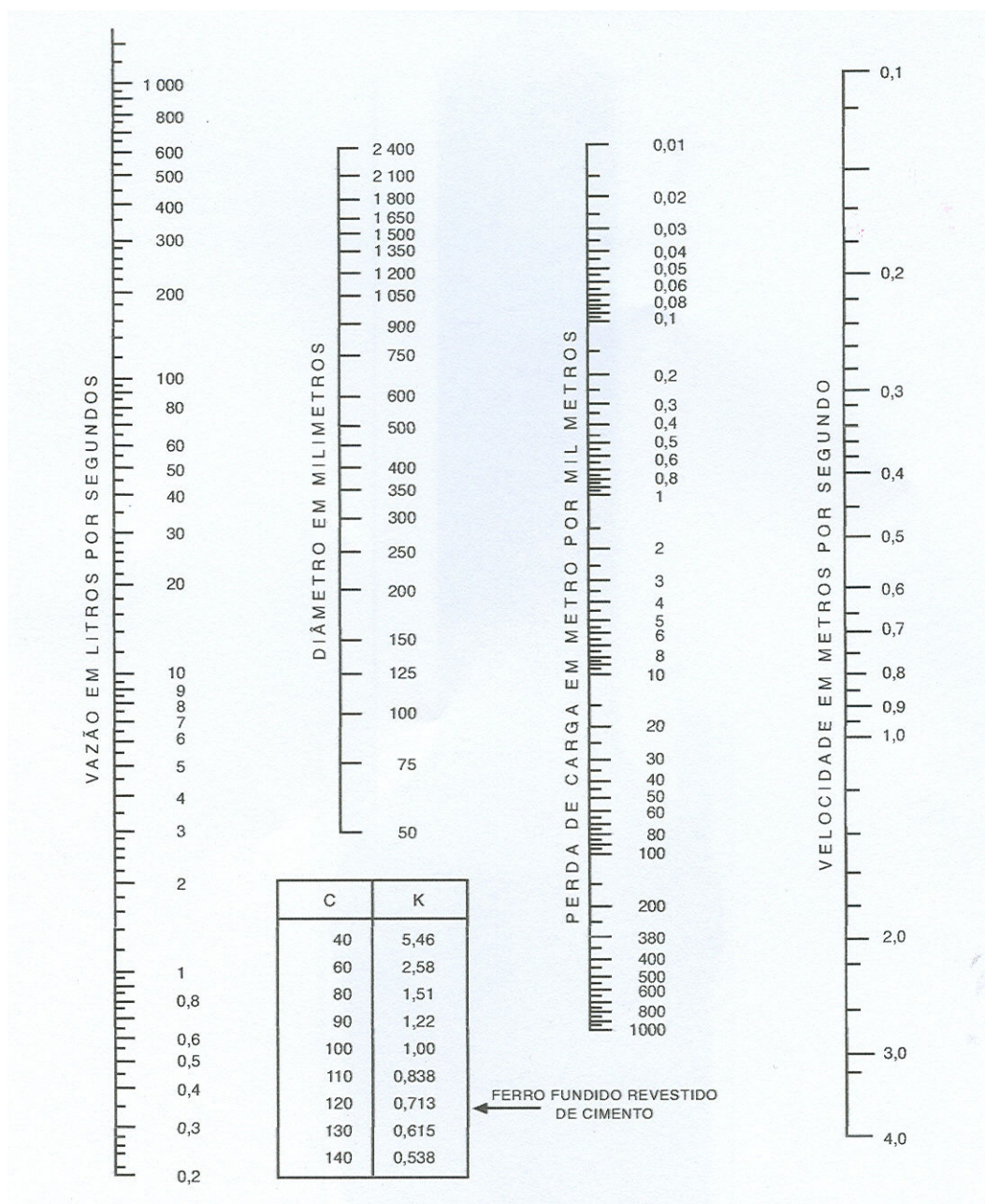


Figura 1 - Ábaco para cálculo de perdas de carga em tubos de PVC

NOTA4: Adaptação de Macintyre, Archibald Joseph "Manual de instalações hidráulicas e sanitárias" Editora Guanabara Koogan S.A. Rio de Janeiro, Brasil, 1990

4 - Condições Técnicas de Instalação

Os sistemas de tubagem de PVC-U e 3KKK são considerados flexíveis, pelo que quando se exerce uma força de compressão perpendicular ao tubo, este deforma dentro de determinados limites e exerce pressão sobre o material que o rodeia. A reacção que se gera nos materiais que rodeiam o tubo, ajudam a controlar a deformação do tubo.

O aumento da deformação do tubo é limitado pelo cuidado que se tem ao escolher a classe de rigidez mais adequada ao tipo de solo, à forma com é efectuado o leito da vala, à escolha dos materiais de enchimento e à forma de compactar o leito e o enchimento.

As condições técnicas de instalação devem ter em conta as indicações do fabricante e devem dentro do possível seguir os requisitos descritos nos seguintes documentos normativos:

- ENV 1401-3 – Guia de instalação para os tubos de PVC-U da EN 1401;
- ENV 1046 – Guia para a instalação aérea e enterrada no exterior de edifícios, de sistemas de canalização em material plástico;
- EN 1610 – Instalação e ensaios de acometidas e redes de saneamento;
- ISSO/TR 7073 – Recomendações técnicas para instalação de tubos de PVC –U enterrados para drenagem e saneamento.

A) A escolha da classe de rigidez circunferencial

A escolha das classes de rigidez circunferencial (SN) depende das diferentes condicionantes do projecto e devem ter em conta o seguinte:

- a utilização de uma classes de rigidez, que foi previamente comprovada em situações similares e é baseada na experiência local;
- os requisitos descritos na norma voluntária ENV 1046;
- a utilização de uma classe de rigidez, baseada nos coeficientes de projecto da própria tubagem

Quando se consideram os coeficientes de projecto da própria tubagem, e é necessário efectuar o cálculo estático, as informações sobre os métodos de cálculo são indicados na norma EN 1295-1, considerando os seguintes parâmetros:

- módulo de flexão $E_{\min} \geq 3000$ MPa (de acordo com a norma de ensaio EN ISO 178);
- coeficiente de fluência: $\gamma < 2$ (de acordo com a norma de ensaio EN ISO 9967) ;
- os limites de deformação máxima admissível para efeitos de cálculo, de acordo com o relatório técnico ISO/TR 7073, indicados na Quadro 11.

Quadro 11 – L imites de deformação máxima admissível, de acordo com o relatório técnico ISO/TR 7073

Classe de rigidez do tubo	Série do tubo	Deformação inicial (após a instalação)	Deformação final (após longa duração)
SN2	SDR 51	$0,05 \times d_n$	$0,08 \times d_n$
SN4 e SN8	SDR 41 SDR 34	$0,08 \times d_n$	$0,10 \times d_n$

NOTA5: Uma deformação até 15%, causada por exemplo pelo movimento do solo, não afecta o correcto funcionamento dos sistemas de tubagem de PVC-U e 3KKK Série U de acordo com as EN 1401-1 e EN 13476-2.

B) Armazenamento e manuseamento

Os tubos de PVC-U devem ser acondicionados numa superfície suficientemente lisa e isenta de objectos cortantes, pedras ou saliências de forma a evitar deformações ou defeitos que poderiam tornar-se permanentes.

Quando se acondicionam tubos com uma das extremidades moldada para união por anel de estanquidade, os abocardos/campânulas deverão ser colocados alternadamente na palete e suficientemente projectadas para o exterior, para que os tubos estejam correctamente suportados ao longo de todo o comprimento.

Os tubos de diferentes diâmetros e espessuras deverão ser armazenados separadamente, no caso de isto não ser possível, os de maior diâmetro e espessura (maior rigidez) deverão ser colocados no fundo.

A exposição prolongada à radiação ultravioleta (luz solar) pode causar a descoloração dos tubos e acessórios de PVC-U, no entanto isso não afecta a resistência mecânica dos mesmos. O aquecimento pode causar deformações que afectem a união, para evitar este risco, recomenda-se o seguinte:

- limitar a altura de armazenamento a 2,5 m;
- proteger os tubos armazenados, da exposição directa à luz solar, recorrendo a cobertura;
- distribuir os tubos para que o ar possa circular entre os tubos;
- armazenar os acessórios em sacos ou caixas que permitam a circulação do ar.

Os tubos deverão ser armazenados ao abrigo de fontes de calor e não deverão contactar com produtos potencialmente perigosos como gasóleo, tintas ou solventes.

Os tubos, quando manuseados individualmente, devem ser baixados, erguidos e transportados de forma controlada sem serem arremessados ou arrastados. No caso de se utilizarem meios mecânicos para a descarga e manuseamento dos tubos ou de paletes de tubos, devem-se usar os meios adequados para evitar que os tubos sejam danificados pelo uso indevido de correntes ou apoios metálicos com esquinas vivas.

No transporte de tubos, os veículos deverão apresentar os estrados lisos e isentos de pregos e outras saliências. O veículo deverá estar equipado com suportes laterais espaçados entre si de cerca de 2 m. Todos os suportes deverão ser lisos, sem arestas salientes.

C) Manuseamento e instalação a baixa temperatura

A resistência ao impactos dos tubos e dos acessórios de PVC-U é reduzida com baixas temperaturas, assim sendo deve ter-se particular cuidado quando se instalam sistemas de tubagem em PVC-U a temperaturas inferiores a 0 °C. Quer durante o manuseamento quer durante a fase de instalação.

D) Métodos de união

A ligação dos troços de tubos é efectuada recorrendo a acessórios do mesmo material e do mesmo diâmetro nominal e da mesma classe de rigidez circunferencial e garantindo uma total estanquidade. O tipo de uniões entre tubos ou entre tubos e acessórios pode ser por colagem ou por anel elastomérico.

As uniões por colagem sustentam os esforços axiais. Neste tipo de união, a ponta macho deve ser previamente chanfrada e as superfícies a colar devem ser previamente limpas, secas e libertadas de gorduras, pelo que se aconselha o uso de um produto de limpeza. Após a secagem do líquido de limpeza, aplica-se a cola em camada fina no sentido longitudinal, sobre toda a superfície a colar do elemento macho e à entrada do abocardo/campânula.

A aplicação da cola deve ser efectuada de forma rápida. Para diâmetros superiores a 110 mm, recomenda-se que a operação seja efectuada por duas pessoas, para que a cola seja aplicada simultaneamente nas duas superfícies. Deve retirar-se o excesso de cola eventualmente presente na junta exterior, logo após a execução da união;

***NOTA6:** As colas à base de solventes fortes de PVC necessitam de um tempo de maturação (após a colagem), longo a baixas temperaturas e curto a temperaturas elevadas. Não se recomenda que a colagem seja efectuada a temperaturas inferiores a 5°C.*

O perfil do anel elastomérico e do abocardo/campânula constituem desenhos específicos da FERSIL, pelo que não deverão ser substituídos por outros. No caso dos anéis serem fornecidos separadamente, a ranhura deve ser limpa, removidos os objectos estranhos e o anel colocado correctamente.

Como as uniões por anel de estanquidade não sustentam esforços axiais, deve ser dada atenção especial ao projecto dos blocos de ancoragem e à sua localização no sistema de tubagem. Os blocos de ancoragem devem ser projectados para susterm o esforço máximo desenvolvido em virtude da pressão interna, quando o ensaio de pressão é efectuado.

A execução correcta desta união requer que a extremidade macho do tubo seja chanfrada e lubrificada antes da inserção no abocardo/campânula. O lubrificante deve também ser aplicado ao anel de borracha, após este estar perfeitamente ajustado na ranhura. Após a lubrificação das duas superfícies, a introdução deve ser efectuada para evitar o depósito de sujidade.

Ao contrário do que sucede na união por colagem, neste tipo de união, o elemento macho não deve ser introduzido completamente na campânula do outro elemento; o seu extremo deve distanciar 1 cm (normalmente 1 cm por cada 3 m de tubo). Para isso é necessário, antes da montagem definitiva, referenciar-se por meio de um traço a lápis a extensão a ser introduzida (Figura 2).

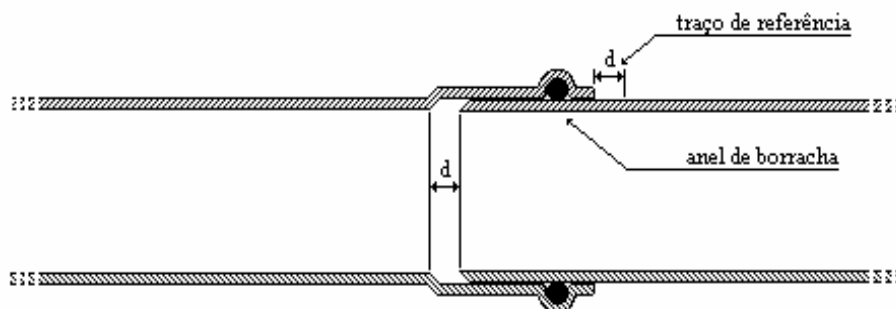


Figura 2 - União por anel de estanquidade

O lubrificante deve ser o mais inócuo possível. A Fersil recomenda a utilização de vaselina industrial ou massa de silicone;

E) Instalação em vala

A Figura 3 consiste numa representação esquemática dos termos e definições utilizados na instalação em obra.

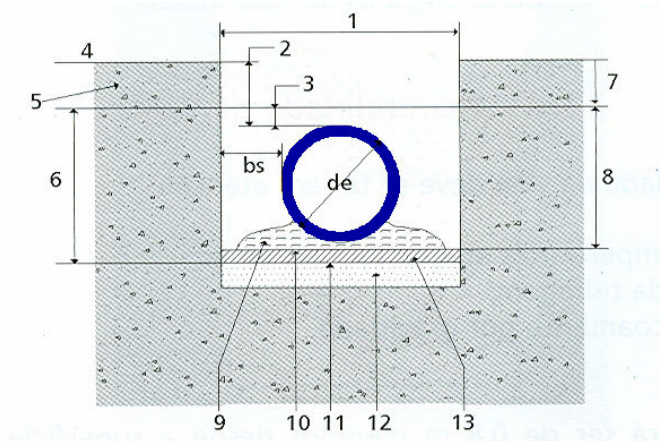


Figura 3 – Esquema típico de uma vala simples

Legenda:

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1 – Largura da vala | 8 – Zona do tubo |
| 2 – Profundidade da cobertura | 9 – Zona de apoio |
| 3 – Aproximadamente 250 mm | 10 – Topo do leito |
| 4 – Superfície do solo | 11 – Fundo do leito |
| 5 – Solo original | 12 – Fundação, se necessário |
| 6 – Zona de compactação | 13 – Leito, se necessário |

Se a natureza do terreno e os meios de escavação o permitirem e por razões de economia, as paredes da vala devem ser verticais (ver a Figura 4). Estas condições melhoram a distribuição do peso das terras e das cargas móveis.

No caso de não ser possível executar uma vala com paredes verticais, recomenda-se uma secção segundo a Figura 5, tendo em consideração que a geratriz superior do tubo está no interior da zona da vala com paredes verticais.

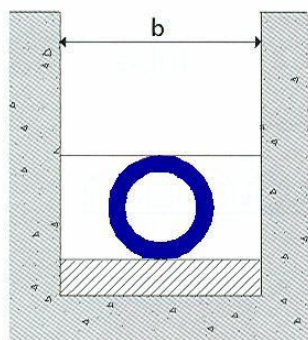


Figura 4 – Vala simples

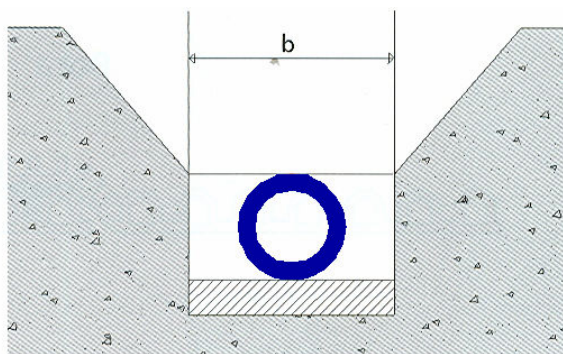


Figura 5 – Vala simples com plano inclinado

A largura da vala deve ser suficiente de modo a permitir a correcta montagem do sistema de tubagem e a compactação do material de enchimento.

A largura da vala é calculada a partir da fórmula seguinte:

$$b = d_n + 500$$

sendo:

b – largura total da vala, em mm

d_n – diâmetro nominal do tubo, em mm

Considerando a fórmula anterior, temos que, o valor do comprimento na horizontal entre a geratriz do tubo e a parede da vala, b, é de 250 mm (Ver a Figura 1). Este valor é independente do diâmetro do tubo.

Na determinação da profundidade da vala deve-se ter em atenção o seguinte:

- as cargas fixas e móveis;
- a protecção da tubagem a temperaturas ambientais extremas;
- o diâmetro e propriedades da tubagem.

A profundidade mínima aconselhada deverá ser de 0,80 m medidos desde a superfície do terreno até à geratriz superior do tubo.

Não é necessário um leito de areia na vala, a não ser que hajam pedras e objectos com arestas. Nesse caso recomenda-se um leito com terra seleccionada ou areia, com uma espessura mínima compreendida entre 100 e 150 mm, cuidadosamente compactado e nivelado. O material utilizado deve ser granular, por exemplo: cascalho, brita, areia, etc.

NOTA7: A classificação dos solos é dada pela norma ENV 1046., veja-se o Quadro 15.

O material do leito deve ser espalhado uniformemente ao longo de toda a largura da vala e nivelado, mas não deve ser compactado.

F) Enchimento e compactação na vala

O material de enchimento deve ser granular com uma granulometria máxima de acordo com o Quadro 12.

Quadro 12 – Granulometria do material de enchimento em função do diâmetro nominal da tubagem

Diâmetro exterior nominal d_n (mm)	Granulometria máxima (mm)
< 300	20
≥ 300	30

O solo original pode ser usado como material de enchimento se cumprir os seguintes requisitos:

- Inexistência de partículas de granulometria superiores às indicadas no Quadro 12;
- Inexistência de aglomerados de partículas com dimensão superior a 2x as granulometrias indicadas no Quadro 12;
- Inexistência de resíduos de asfalto, garrafas, latas, árvores; etc.;
- Ausência de materiais passíveis de congelação;
- Ser possível obter um grau de compactação igual ao recomendado no Quadro 13.

Quadro 13 – Densidades Proctor, em função da classe de compactação e tipo de material de enchimento

Grupo do material de enchimento				
Classe de compactação	4 SPD %	3 SPD %	2 SPD %	1 SPD %
N	75 a 80	79 a 85	84 a 89	90 a 94
M	81 a 89	86 a 92	90 a 95	95 a 97
W	90 a 95	93 a 96	96 a 100	98 a 100

Normalmente para condutas não sujeitas a cargas de tráfego uma classe de compactação N é suficiente, em condutas que estão sujeitas a cargas de tráfego é necessário uma classe de compactação do tipo W.

De acordo com a norma ENV 1046, a espessura máxima das camadas e o número de passagens recomendadas em função do tipo de equipamento utilizado na compactação, classe de compactação e classe de solo (veja-se o Quadro 15) são os constantes no Quadro 14.

Quadro 14 – Espessura máxima e número de passagens recomendado em função do tipo de equipamento

Equipamento	Nº de passagens em função da classe de compactação		Espessura máxima das camadas após compactação em função da classe de solo (m)				Espessura antes da compactação (m)
			1	2	3	4	
	W	M					
Manual: Min. 15 kg	3	1	0,15	0,10	0,10	0,10	0,20
“vibrating tamper” vibratório: Min. 70 kg	3	1	0,30	0,25	0,20	0,15	0,30
Prato vibratório: Min. 50 kg	4	1	0,10	-	-	-	0,15
Min. 100 kg	4	1	0,15	0,10	-	-	0,15
Min. 200 kg	4	1	0,20	0,15	0,10	-	0,20
Min. 400 kg	4	1	0,30	0,25	0,15	0,10	0,30
Min. 600 kg	4	1	0,40	0,30	0,20	0,15	0,50
Cilindro vibratório Min. 15 kN/m	6	2	0,35	0,25	0,20	-	0,60
Min. 30 kN/m	6	2	0,60	0,50	0,30	-	1,20
Min. 45 kN/m	6	2	1,00	0,75	0,40	-	1,80
Min. 65 kN/m	6	2	1,50	1,10	0,60	-	2,40
Cilindro duplo vibratório Min. 5 kN/m	6	2	0,15	0,10	-	-	0,20
Min. 10 kN/m	6	2	0,25	0,20	0,15	-	0,45
Min. 20 kN/m	6	2	0,35	0,30	0,20	-	0,60
Min. 30 kN/m	6	2	0,50	0,40	0,30	-	0,85
Cilindro triplo pesado Min. 50 kN/m	6	2	0,25	0,20	0,20	-	1,00

O enchimento a partir dos 300 mm acima da geratriz superior do tubo pode ser feito com material da própria escavação com uma granulometria máxima de 30 mm. No caso de ser necessário a compactação do enchimento superficial, o material utilizado deve apresentar no máximo um tamanho de partícula não superior a 2/3 da espessura da camada de compactação.

G) Classificação dos solos

Neste manual considerou-se a divisão dos solos em três tipos, segundo a norma ENV 1046, nomeadamente solos granulares, coesivos e orgânicos. Cada um destes tipos de solos tem subgrupos, esta subdivisão para os solos granulares é efectuada com base no tamanho das partículas e nos solos coesivos com base nos níveis de plasticidade.

Quadro 15 – Classificação dos solos segundo a norma ENV 1046

Tipo de solo			Grupo de solo			Uso em enchimento	
#	1)	Designação	Características	Exemplos			
Granular	1	(GE) [GU]	Cascalho de tamanho uniforme	Curva granulométrica estreita, predominância de uma granulometria	Rocha britada, cascalho de parias, de rio e de moreia, escória e cinza vulcânica	Sim	
		[GW]	Cascalho de granulometria contínua, mistura de cascalho e areia	Curva granulométrica contínua, diversas granulometrias			
		(GI) [GP]	Misturas irregulares de cascalho e areia	Curva granulométrica em escada			
	2	(SE) [SU]	Areias de tamanho uniforme	Curva granulométrica estreita, predominância de uma granulometria	Areias de dunas, de vales e de bacias	Sim	
		[SW]	Areias de granulometria contínua, mistura de cascalho e areia	Curva granulométrica contínua, diversas granulometrias	Areia de moreia de praia e de rio		
		(SI) [SP]	Misturas irregulares de cascalho e areia	Curva granulométrica em escada			
	3	(GU) [GM]	Cascalho sedimentado, mistura de granulometria irregular de cascalho	Curva granulométrica larga, intermitente, com sedimento de grão fino	Cascalho alterado pelo tempo, detritos, cascalho argiloso	Sim	
		(GC) [GT]	Cascalho argiloso, mistura de granulometria irregular de cascalho, areia e argila	Curva granulométrica larga, intermitente, com argila de grão fino			
		(SU) [SM]	Areias sedimentadas, mistura de granulometria irregular de areia e sedimento	Curva granulométrica larga, intermitente, com sedimento de grão fino	Areia saturada, terra preta e areia loesse		
		(ST) [SC]	Areias argilosas, mistura de granulometria irregular de areia e argila	Curva granulométrica larga com fios de argila	Areia de terra preta, argila, marga de aluvião		
	Coesivo	4	(UL) [ML]	Sedimento orgânico, areias muito finas, areia fina de sedimentos ou argila	Fraca estabilidade, reacção rápida, ligeira ou nula plasticidade	Loesse, terra preta	Sim
			(TA) (TL) (TM) [CL]	Argila inorgânica, argila plástica	Estabilidade média e alta, reacção não muito lenta, plasticidade fraca e média	Marga de aluvião, argila	
Orgânico	5	(OK)	Mistura de solos de grão diferente com húmus ou grés	Mistura de plantas ou não, cheiro a podre, leves e porosas	Terra, areia calcária, areia de turfa	Não	
		(OU) [OL]	Sedimento orgânico e argila orgânica sedimentada	Grande estabilidade, reacção lenta a muito rápida, plasticidade média a elevada	Calcário, conquífero, terra		
		(OT) [OH]	Argila orgânica, argila com misturas orgânicas	Grande estabilidade, reacção nula, plasticidade média a elevada	Lama, terra preta		
	6	(HN) (HZ) [PT]	Turfa e outros solos muito orgânicos	Turfas decompostas, fibrosas de cor castanha a preta	Turfa	Não	
		[F]	Lamas	Lama e muito mole, depositada debaixo de água com areia, argila ou calcário	Lamas		

NOTA8: Os símbolos apresentados nesta coluna entre parênteses rectos, [], correspondem à classificação segundo as normas BS 5930 e os parênteses curvos, (), à norma DIN 18196.

Quando o solo é uma mistura de dois ou mais tipos de solos, pode-se utilizar para a sua classificação o solo predominante. Frequentemente a densidade ou grau de consolidação é indicado para o solo sob a forma de letras ou números, no Quadro 16 apresenta-se uma relação aproximada entre as várias designações utilizadas.

Quadro 16 – Terminologia utilizada nas classes de compactação

Designação	Grau de compactação			
% densidade Proctor ¹⁾	≤ 80	81 a 90	91 a 94	95 a 100
Grau de compactação esperado	Não (N)			
		Moderado (M)		
			Bem (W)	
Solos granulares	Pouco denso	Medianamente denso	Denso	Muito denso
Solos orgânicos	Mole	Firme	Duro	Muito duro
¹⁾ Determinado de acordo com a norma DIN 18127				

Quando não é conhecida informação detalhada sobre o solo original assume-se como grau de compactação entre 91 e 97 % densidade Proctor.

H) Desvio máximo numa instalação rectilínea

Em condições normais, os sistemas de tubagem para saneamento enterrado sem pressão deveriam ser instalados em linha recta, no entanto e porque estamos a falar de sistemas de tubos flexíveis são permitidos os seguintes raios de curvatura, sem que comprometam a estanquidade das uniões:

- $d_n \leq 200 \text{ mm} \Rightarrow$ raio de curvatura $R \geq 300 \times d_n$
- $d_n > 200 \text{ mm} \Rightarrow$ raio de curvatura $R \geq 500 \times d_n$

Nestes casos tem que se controlar o aumento da tensão sobre as uniões, pelo que o desvio angular deve ser superior a:

- $d_n \leq 315 \text{ mm} \Rightarrow$ desvio angular $\leq 2^\circ$
- $315 \text{ mm} < d_n \leq 630 \text{ mm} \Rightarrow$ desvio angular $\leq 1,5^\circ$
- $d_n > 630 \text{ mm} \Rightarrow$ desvio angular $\leq 1^\circ$

I) Reparações na conduta

Quando é necessário efectuar uma intervenção para reparar um ponto qualquer da conduta, deve-se ter em conta as instruções do fabricante, assim sendo a FERSIL recomenda sempre a utilização do tubo e/ou acessório da mesma classe de rigidez que o usado na conduta.

A reparação pode ser efectuada substituindo o componente ou efectuando a remoção de parte de um componente e a sua substituição recorrendo por exemplo a uniões telescópicas:

- Identificar e remover toda a secção que estiver estragada;
- Se for necessário cortar a secção, o corte deve ser perpendicular e se necessário chanfrar a extremidade;
- Aplicar uma ponta de tubo e/ou uma união telescópica deslizando-a até ao ponto de união;

- Deve-se ter o cuidado para que a inserção das uniões telescópicas e dos troços de tubo seja efectuada sob um leito adequado.

J) Ensaios em obra

Os ensaios nos sistemas de tubagem em PVC-U e 3KKK Série U das normas EN 1401-1 e EN 13476-2 devem ser realizados de acordo com o procedimento descrito no ponto 13 da norma EN 1610.

Os tubos de PVC-U e 3KKK não são porosos pelo que é possível utilizar parâmetros e requisitos mais rigorosos que os descritos na norma EN 1610.

▪ Ensaio com ar

Este ensaio requer a utilização de equipamentos de vedação apropriados para os troços submetidos a ensaio. Por questões de segurança deve-se ter cuidados acrescidos nos ensaios dos grandes diâmetros.

- Método de ensaio: método “L” no caso dos tubos termoplásticos aplica-se o método LC;
- Pressão de ensaio: 100 mbar (10kPa);
- Queda de pressão admissível 5 mbar (0,5 kPa);
- Duração do ensaio $d_n < 400 \text{ mm} \Rightarrow 3 \text{ min};$
 $d_n \geq 400 \text{ mm} \Rightarrow 0,01 \times d_n \text{ min};$

▪ Ensaio com água para condutas

A pressão de ensaio é obtida, determinado a pressão equivalente resultante de encher toda a secção da conduta até ao encher o ponto mais alto da conduta a pressão medida na base deve-se situar entre os 100 mbar (10 kPa) a 500 mbar (50 kPa). A conduta deve ser estabilizada durante uma 1h, após a qual deve ser reposta a pressão e iniciado o ensaio.

- Método de ensaio: método “W” ;
- Pressão de ensaio: 100 mbar (10 kPa) a 500 mbar (50 kPa)
- Queda de pressão admissível 10 mbar (1 kPa);
- Adição de água admissível 0,04 l/m² da superfície interna molhada;
- Duração do ensaio 30 min

▪ Ensaio com água para caixas de inspecção (caixas de ramal) e caixas de visita

- Método de ensaio: método “W” ;
- Pressão de ensaio: 100 mbar (10 kPa) a 500 mbar (50 kPa)
- Queda de pressão admissível 10 mbar (1 kPa);
- Adição de água admissível 0,05 l/m² da superfície interna molhada;
- Duração do ensaio 30 min;