

# Tuberías de polietileno. Manual técnico

AseTUB

AENOR **ediciones**

# Índice

|   |    |
|---|----|
| Presentación .....  | 15 |
| 1. Introducción .....   | 17 |
| 1.1. Objeto y alcance del manual .....  | 17 |
| 1.2. Los materiales plásticos .....   | 18 |
| 1.2.1. Termoplásticos .....   | 19 |
| 1.2.2. Termoestables .....  | 20 |
| 1.3. Evolución histórica y situación actual del uso de las tuberías de PE ... | 20 |
| 2. Características técnicas básicas de los tubos y accesorios de PE .....     | 29 |
| 2.1. Introducción .....   | 29 |
| 2.2. La materia prima: el PE .....  | 29 |
| 2.2.1. Obtención .....  | 29 |
| 2.2.2. Características generales del PE .....                                 | 32 |
| 2.2.3. Densidad .....   | 33 |
| 2.2.4. Peso molecular .....   | 33 |
| 2.2.5. Estructura molecular .....   | 34 |
| 2.2.6. Índice de fluidez (MFR) .....  | 36 |
| 2.2.7. Cristalinidad .....  | 37 |
| 2.3. El proceso de fabricación .....  | 38 |
| 2.3.1. Fabricación de tubos por extrusión .....                               | 38 |
| 2.3.2. Fabricación de accesorios por inyección .....                          | 40 |
| 2.3.3. Fabricación de accesorios manipulados por soldadura .....              | 41 |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 2.4.     | Control de calidad . . . . .   | 41 |
| 2.4.1.   | Sistema de gestión de la calidad . . . . .                                       | 42 |
| 2.4.1.1. | Control de la materia prima . . . . .  | 44 |
| 2.4.1.2. | Control de los tubos . . . . .   | 48 |
| 2.5.     | Definiciones . . . . .   | 52 |
| 2.5.1.   | Definiciones específicas de los tubos de materiales<br>termoplásticos . . . . .  | 52 |
| 2.5.2.   | Terminología empleada para caracterizar a las presiones<br>hidráulicas . . . . . | 56 |
| 2.6.     | Características y propiedades de los tubos de PE . . . . .                       | 59 |
| 2.6.1.   | Introducción . . . . .   | 60 |
| 2.6.2.   | Características mecánicas . . . . .  | 62 |
| 2.6.2.1. | Comportamiento de los tubos de PE ante los<br>esfuerzos de tracción . . . . .    | 62 |
| 2.6.2.2. | Resistencia a la tracción circunferencial. Tipos de PE . .                       | 64 |
| 2.6.2.3. | Módulo de elasticidad . . . . .  | 66 |
| 2.6.2.4. | Alargamiento en la rotura . . . . .  | 68 |
| 2.6.2.5. | Resistencia a la flexión . . . . .   | 69 |
| 2.6.2.6. | Resistencia a los esfuerzos longitudinales . . . . .                             | 69 |
| 2.6.2.7. | Flexibilidad . . . . .   | 69 |
| 2.6.2.8. | Robustez . . . . .   | 73 |
| 2.6.3.   | Características físicas . . . . .  | 76 |
| 2.6.3.1. | Densidad . . . . .   | 76 |
| 2.6.3.2. | Permeabilidad al gas . . . . .   | 77 |
| 2.6.3.3. | Color . . . . .  | 78 |
| 2.6.3.4. | Otras características físicas . . . . .  | 79 |
| 2.6.4.   | Características químicas y biológicas . . . . .                                  | 79 |
| 2.6.4.1. | Resistencia a la corrosión . . . . .   | 79 |
| 2.6.4.2. | Resistencia química . . . . .  | 79 |
| 2.6.4.3. | Resistencia bacteriana . . . . .   | 80 |
| 2.6.5.   | Características térmicas . . . . .   | 81 |
| 2.6.5.1. | Comportamiento ante la temperatura . . . . .                                     | 81 |
| 2.6.5.2. | Estabilidad a la luz y a la intemperie . . . . .                                 | 82 |
| 2.6.5.3. | Resistencia a las radiaciones . . . . .  | 83 |
| 2.6.5.4. | Comportamiento frente a la acción del fuego . . . . .                            | 83 |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.6.6. Características eléctricas  | 84        |
| 2.6.7. Características hidráulicas   | 84        |
| 2.6.8. Reciclabilidad  | 86        |
| 2.7. Ventajas de los tubos de PE   | 86        |
| 2.8. Normativa, reglamentación y certificación                               | 87        |
| 2.8.1. Conceptos básicos   | 87        |
| 2.8.2. Normativa básica de los tubos de PE                                   | 88        |
| 2.8.3. Certificación en los tubos de PE                                      | 90        |
| 2.8.4. Reglamentación básica en materia de tuberías                          | 90        |
| 2.9. Marcado y trazabilidad de las tuberías                                  | 93        |
| <b>3. Características específicas de los tubos de PE según aplicaciones</b>  | <b>95</b> |
| 3.1. Introducción  | 95        |
| 3.2. Tuberías de PE para agua potable  | 96        |
| 3.3. Tuberías de PE para saneamiento   | 101       |
| 3.3.1. Tubos para saneamientos bajo presión hidráulica interior              | 102       |
| 3.3.2. Tubos para saneamientos en lámina libre                               | 104       |
| 3.4. Tuberías de PE y PP estructuradas para saneamiento                      | 105       |
| 3.5. Tuberías de PE para riego y microirrigación                             | 110       |
| 3.5.1. Riego   | 110       |
| 3.5.2. Microirrigación   | 110       |
| 3.6. Tuberías de PE para conducción de agua reciclada                        | 111       |
| 3.7. Tuberías de PE para conducción de gas                                   | 111       |
| 3.8. Tuberías de PE para la protección de cables                             | 113       |
| 3.9. Tuberías de PE para telecomunicaciones                                  | 115       |
| 3.10. Tuberías de PE para otras aplicaciones                                 | 116       |
| 3.10.1. Tuberías de PE para drenaje  | 117       |
| 3.10.2. Tuberías para el transporte de sólidos                               | 117       |
| 3.10.3. Tuberías para emisarios submarinos                                   | 118       |
| 3.10.4. Tuberías para rehabilitación y renovación de conducciones existentes | 119       |
| 3.10.5. Tuberías para instalación sin apertura de zanja                      | 121       |
| 3.10.6. Otras aplicaciones   | 122       |
| 3.10.6.1. Tuberías de desagüe en el ámbito de la edificación                 | 122       |

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| 3.10.6.2. | Tuberías para la refrigeración de líneas eléctricas . . .            | 122 |
| 3.10.6.3. | Tuberías para la protección de conducciones de calefacción . . . . . | 123 |
| 4.        | Accesorios y otros elementos complementarios . . . . .               | 125 |
| 4.1.      | Introducción . . . . .   | 125 |
| 4.2.      | Accesorios en PE de pared lisa . . . . .                             | 125 |
| 4.2.1.    | Accesorios para unión por soldadura a tope . . . . .                 | 126 |
| 4.2.1.1.  | Accesorios inyectados (polivalentes) . . . . .                       | 126 |
| 4.2.1.2.  | Accesorios manipulados . . . . .                                     | 129 |
| 4.2.2.    | Accesorios para unión por electrofusión . . . . .                    | 130 |
| 4.2.3.    | Accesorios para uniones mecánicas . . . . .                          | 132 |
| 4.2.4.    | Accesorios para uniones mediante bridas . . . . .                    | 134 |
| 4.3.      | Accesorios de PE y PP estructurados . . . . .                        | 136 |
| 4.4.      | Válvulas . . . . .   | 137 |
| 4.5.      | Pozos de registro y arquetas de inspección . . . . .                 | 137 |
| 5.        | Sistemas de unión . . . . .  | 143 |
| 5.1.      | Introducción . . . . .   | 143 |
| 5.2.      | Soldadura por electrofusión . . . . .                                | 145 |
| 5.2.1.    | Generalidades . . . . .  | 145 |
| 5.2.2.    | Equipo de soldadura por electrofusión . . . . .                      | 146 |
| 5.2.3.    | Proceso de soldadura por electrofusión . . . . .                     | 148 |
| 5.2.4.    | Precauciones en la electrofusión . . . . .                           | 150 |
| 5.2.5.    | Ventajas de la electrofusión . . . . .                               | 151 |
| 5.3.      | Soldadura a tope . . . . .   | 152 |
| 5.3.1.    | Generalidades . . . . .  | 152 |
| 5.3.2.    | Equipos de soldadura a tope . . . . .                                | 152 |
| 5.3.3.    | Proceso de soldadura a tope . . . . .                                | 155 |
| 5.3.4.    | Rendimientos . . . . .   | 164 |
| 5.4.      | Unión mediante accesorios mecánicos . . . . .                        | 166 |
| 5.5.      | Uniones por junta elástica . . . . .                                 | 168 |
| 5.6.      | Uniones mediante bridas . . . . .                                    | 170 |
| 6.        | Diseño hidráulico . . . . .  | 173 |
| 6.1.      | Introducción . . . . .   | 173 |

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| 6.2.     | Conducciones de abastecimiento . . . . .   | 173 |
| 6.2.1.   | Tipos de redes de abastecimiento . . . . .   | 173 |
| 6.2.2.   | Cálculo de caudales . . . . .  | 175 |
| 6.2.3.   | Presiones en la red . . . . .  | 177 |
| 6.2.4.   | Cálculo de las pérdidas de carga . . . . .   | 179 |
| 6.2.4.1. | Planteamiento general . . . . .  | 179 |
| 6.2.4.2. | Pérdidas de carga continuas . . . . .  | 179 |
| 6.2.4.3. | Pérdidas de carga localizadas . . . . .  | 186 |
| 6.2.5.   | Sobrepresiones debidas al golpe de ariete . . . . .  | 188 |
| 6.2.6.   | Velocidades de diseño . . . . .  | 191 |
| 6.2.7.   | Diámetros mínimos . . . . .  | 193 |
| 6.2.8.   | Métodos para el diseño de las redes de abastecimiento . . . . .  | 194 |
| 6.3.     | Conducciones de saneamiento . . . . .  | 198 |
| 6.3.1.   | Tipos de redes de saneamiento . . . . .  | 198 |
| 6.3.2.   | Cálculo de los caudales de aguas residuales . . . . .  | 200 |
| 6.3.3.   | Cálculo del caudal de aguas pluviales . . . . .  | 202 |
| 6.3.3.1. | Periodo de retorno de diseño . . . . .   | 202 |
| 6.3.3.2. | Intensidad media de precipitación, $I_t$ . . . . .   | 204 |
| 6.3.3.3. | Coeficiente de escorrentía . . . . .   | 207 |
| 6.3.4.   | Caudales de diseño de las conducciones . . . . .   | 209 |
| 6.3.5.   | Diseño hidráulico . . . . .  | 210 |
| 6.3.6.   | Diámetro mínimos . . . . .   | 214 |
| 7.       | Diseño mecánico . . . . .  | 215 |
| 7.1.     | Tubos rígidos y flexibles . . . . .  | 215 |
| 7.1.1.   | Los criterios tradicionales de rigidez . . . . .   | 215 |
| 7.1.2.   | Nuevos criterios para caracterizar la rigidez . . . . .  | 216 |
| 7.2.     | Metodología de cálculo . . . . .   | 219 |
| 7.2.1.   | Hipótesis I. Presión interna positiva (estado tensional) . . . . .   | 219 |
| 7.2.2.   | Hipótesis II. Acciones externas y presión interna positiva<br>(estado tensional y deformaciones) . . . . . | 221 |
| 7.2.3.   | Hipótesis III. Acciones externas (estado tensional y<br>deformaciones) . . . . .                           | 226 |
| 7.2.4.   | Hipótesis IV. Acciones externas y presión interna negativa<br>(pandeo o colapsado) . . . . .               | 228 |
| 7.3.     | Ejemplos de cálculo . . . . .  | 228 |

|  |     |
|--|-----|
| 8. Instalaciones enterradas                        | 235 |
| 8.1. Introducción                                  | 235 |
| 8.2. Transporte, manipulado y acopio               | 235 |
| 8.2.1. Transporte                                  | 235 |
| 8.2.2. Manipulado                                  | 236 |
| 8.2.3. Acopio                                      | 236 |
| 8.3. Trazado                                       | 242 |
| 8.4. Tipos de zanjas                               | 243 |
| 8.5. Excavaciones                                  | 247 |
| 8.6. Montaje                                       | 249 |
| 8.7. Apoyos de la conducción                       | 251 |
| 8.8. Rellenos                                      | 255 |
| 8.8.1. Criterios de selección de materiales        | 255 |
| 8.8.2. Criterios de compactación                   | 258 |
| 8.8.2.1. Técnicas de compactación                  | 259 |
| 8.9. Entibaciones                                  | 262 |
| 8.10. Agotamientos y rebajes del nivel freático    | 268 |
| 9. Las pruebas de la tubería instalada             | 271 |
| 9.1. Introducción                                  | 271 |
| 9.2. Metodología en conducciones de abastecimiento | 271 |
| 9.2.1. Prueba de presión interior                  | 272 |
| 9.2.2. Prueba de estanquidad                       | 273 |
| 9.2.3. La prueba de la Norma UNE-EN 805            | 274 |
| 9.2.4. Etapa preliminar o de relajación            | 276 |
| 9.2.5. Etapa de caída de presión                   | 278 |
| 9.2.6. Etapa principal                             | 279 |
| 9.3. Metodología en conducciones de saneamiento    | 280 |
| 9.3.1. Prueba según la Norma UNE-EN 1610           | 282 |
| 9.3.1.1. Prueba con aire (método "L")              | 284 |
| 9.3.1.2. Prueba con agua (método "W")              | 285 |
| 10. Instalaciones aéreas                           | 291 |
| 10.1. Introducción                                 | 291 |
| 10.2. Determinación de la dilatación longitudinal  | 291 |

|   |            |
|---|------------|
| 10.3. Sistemas de compensación de la dilatación                                     | 293        |
| 10.3.1. Sistema de compensación en "L"  | 294        |
| 10.3.2. Sistema de compensación en "Z"  | 295        |
| 10.3.3. Sistema de compensación en "U"  | 298        |
| 10.4. Distancia entre apoyos en tramos rectos                                       | 300        |
| <b>11. Detalles constructivos especiales</b>  | <b>305</b> |
| 11.1. Macizos de anclaje  | 305        |
| 11.1.1. Codos   | 306        |
| 11.1.2. Derivaciones  | 309        |
| 11.1.3. Conos reductores  | 310        |
| 11.1.4. Tapones   | 310        |
| 11.1.5. Conducciones instaladas en pendiente  | 311        |
| 11.2. Tuberías instaladas en pendiente  | 312        |
| 11.3. Cruce de estructuras  | 314        |
| 11.4. Conexión con tuberías de otros materiales                                     | 315        |
| <b>12. Tuberías de PE en acometidas</b>   | <b>317</b> |
| 12.1. Introducción  | 317        |
| 12.2. Acometidas de abastecimiento  | 317        |
| 12.3. Acometidas de saneamiento   | 319        |
| <b>13. Tuberías de PE en emisarios submarinos</b>                                   | <b>323</b> |
| 13.1. Introducción  | 323        |
| 13.2. Ventajas de PE  | 324        |
| 13.3. Particularidades de los emisarios   | 325        |
| 13.4. Cálculo hidráulico  | 327        |
| 13.5. Estabilidad y resistencia mecánica de la tubería                              | 327        |
| 13.5.1. En instalación  | 327        |
| 13.5.2. En servicio   | 327        |
| 13.6. Elementos auxiliares  | 329        |
| 13.7. Cálculos estructurales durante el fondeo controlado por inundación progresiva | 330        |
| 13.7.1. Construcción por flotación y fondeo   | 330        |
| 13.7.1.1. Introducción  | 330        |
| 13.7.1.2. Unión de tramos en el fondo   | 332        |
| 13.7.1.3. Unión de tramos en la superficie  | 332        |



|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| 13.7.2.   | Descripción de los esfuerzos en las distintas fases de fondeo . . . | 333 |
| 13.7.2.1. | Unión de tramos en el fondo . . . . .                               | 333 |
| 13.7.2.2. | La abolladura . . . . .   | 336 |
| 13.7.3.   | Métodos para reducir los esfuerzos en fondeo . . . . .              | 336 |
| 13.7.3.1. | Tensiones longitudinales . . . . .                                  | 336 |
| 13.7.3.2. | Abolladura . . . . .  | 337 |
| 13.7.4.   | Esfuerzos horizontales en transporte (flotación) . . . . .          | 337 |
| 13.7.5.   | La capacidad mecánica de la tubería . . . . .                       | 338 |
| 13.8.     | Conclusiones . . . . .  | 338 |
| 14.       | Mantenimiento y reparaciones . . . . .                              | 339 |
| 14.1.     | Introducción . . . . .  | 339 |
| 14.2.     | Inspección de canalizaciones . . . . .                              | 339 |
| 14.2.1.   | Técnicas visuales . . . . .   | 340 |
| 14.2.2.   | Técnicas geofísicas . . . . .                                       | 341 |
| 14.3.     | Limpieza . . . . .  | 343 |
| 14.3.1.   | Limpieza con agua . . . . .   | 343 |
| 14.3.2.   | Limpieza con equipos accionados mediante cable . . . . .            | 344 |
| 14.3.3.   | Limpieza con equipos autopropulsados . . . . .                      | 346 |
| 14.3.4.   | Limpieza por procedimientos químicos . . . . .                      | 347 |
| 14.4.     | Reparaciones puntuales de averías . . . . .                         | 347 |
| 14.4.1.   | Sistemas de reparación sin corte de tubería . . . . .               | 348 |
| 14.4.2.   | Sistemas de reparación con corte de tubería . . . . .               | 350 |
| 14.4.3.   | Sistemas de reparación de tuberías estructuradas . . . . .          | 354 |
| 14.4.4.   | Otros sistemas de reparación . . . . .                              | 355 |
| 14.4.5.   | Pinzamiento de tubos de polietileno . . . . .                       | 356 |
| 15.       | Tuberías de PE en aplicaciones sin apertura de zanja . . . . .      | 359 |
| 15.1.     | Introducción . . . . .  | 359 |
| 15.2.     | Rehabilitación . . . . .  | 361 |
| 15.2.1.   | Introducción . . . . .  | 361 |
| 15.2.2.   | Normativa . . . . .   | 361 |
| 15.2.3.   | Entubado simple ( <i>sliplining</i> ) . . . . .                     | 363 |
| 15.2.4.   | Entubado ceñido ( <i>close fit</i> ) . . . . .                      | 367 |
| 15.2.5.   | Acometidas en rehabilitación de redes . . . . .                     | 371 |

|  |     |
|--|-----|
| 15.3. Renovación de conducciones existentes: el <i>bursting</i> . . . . .    | 371 |
| 15.4. Instalación de nuevas tuberías sin apertura de zanja . . . . .         | 372 |
| 15.4.1. Hincas neumáticas o por percusión ( <i>impact moling</i> ) . . . . . | 373 |
| 15.4.2. Perforación horizontal dirigida (HDD) . . . . .                      | 374 |
| 16. Calidad en los sistemas de conducciones . . . . .                        | 381 |
| 16.1. Certificación del producto . . . . .                                   | 381 |
| 16.2. Mercado CE . . . . .   | 383 |
| 16.3. Cualificación de los instaladores . . . . .                            | 385 |
| 16.4. Conclusion . . . . .   | 388 |

# Presentación

Es quizá demasiado ambicioso el pretender recoger en un manual todos los conocimientos sobre las tuberías de polietileno, máxime cuando su evolución es constante y progresiva. Aun así, ésa ha sido nuestra intención, mostrar el estado del arte de este tipo de tuberías que han experimentado un avance espectacular en los últimos años. El avance tecnológico tanto en la materia prima como en el proceso de fabricación, ha sido fruto de un importante esfuerzo de innovación. Este esfuerzo hace posible que hoy puedan ofrecerse soluciones integrales en polietileno para muy diversas aplicaciones.

Es innegable el crecimiento de la presencia de las tuberías plásticas en las redes de conducción de agua, de gas, en la canalización eléctrica, en las aplicaciones industriales, etc. Y ello se debe a sus propiedades intrínsecas que las hacen idóneas para todas estas y otras aplicaciones.

Cuando pensamos en tuberías plásticas pensamos en tuberías flexibles, y las tuberías de polietileno son el paradigma de la flexibilidad, una de sus características principales, sin menospreciar, por supuesto, su ligereza, su resistencia a la presión interna, a las cargas, a la corrosión, su estanquidad y su larga vida útil.

Estas ventajas hacen que las tuberías de polietileno sean las más utilizadas en la conducción de gas, aplicación que exige un alto nivel de seguridad, y que su crecimiento sea imparable en las demás aplicaciones, en especial en conducción de agua para abastecimiento, saneamiento, riego, drenaje, tanto en nuevas redes como en redes existentes sustituyendo a otros materiales.

Todas las características de los sistemas de tuberías de polietileno han sido recogidas en la profusa normativa existente sobre este tipo de tuberías, y en base a la cual es posible la certificación de calidad de las mismas.

La Asociación Española de Fabricantes de Tubos y Accesorios Plásticos, AseTUB, siempre ha apostado por la calidad, como motor de la competencia y el progreso, exigiendo a sus miembros la calidad de sus productos, identificada con la Marca de Calidad “**N**” de AENOR. Esta calidad del producto ha de verse necesariamente acompañada por la calidad de instalación, debiendo exigirse la necesaria cualificación del instalador para garantizar el comportamiento óptimo de los sistemas de tuberías.

Este sello de calidad es el que hemos querido imprimir también en este manual, cuya elaboración ha sido encargada a D. Luis Balairón, Profesor de la Universidad de Salamanca y Director del Laboratorio de Hidráulica del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). Su profesionalidad y gran conocimiento de la materia ya han quedado patentes en obras como las reconocidas *Guías técnicas de abastecimiento y saneamiento* del CEDEX de las que es autor, y ahora se plasman también en este libro.

Finalmente, agradecemos a los expertos técnicos de las empresas de la asociación su colaboración en esta obra, que confiamos sea útil para todos.

AseTUB