

ANEXO II

BORRADOR

NORMAS TÉCNICAS DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA

BORRADOR

ÍNDICE

Capítulo I. CONDICIONES GENERALES, SISTEMA DE UNIDADES Y GLOSARIO	9
1.1. OBJETO	9
1.2. ÁMBITO DE APLICACIÓN	9
1.3. DISPOSICIONES DE APLICACIÓN GENERAL	9
1.3.1. Documentos relacionados	9
1.3.2. Competencias de intervención	9
1.3.3. Interpretación y resolución de cuestiones técnicas	10
1.3.4. Obligado cumplimiento	10
1.3.5. Materiales autorizados	10
1.3.6. SISTEMA DE UNIDADES	10
1.4. GLOSARIO DE TÉRMINOS	13
1.4.1. Presiones	15
1.4.1.1. Presiones hidráulicas que solicitan a la tubería o a la red	16
1.4.1.2. Presiones relativas a los componentes	17
1.4.2. Red	19
Capítulo II. ELEMENTOS DE LA RED DE ABASTECIMIENTO	23
2.1. GENERALIDADES	23
2.2. TUBERÍAS	23
2.2.1. Fundición dúctil	23
2.2.1.1. Generalidades	23
2.2.1.2. Definiciones	23
2.2.1.3. Espesor de pared	24
2.2.1.4. Clases K para tubos y racores	24
2.2.1.5. Clase 40 para tubos	25
2.2.1.6. Presiones	26
2.2.1.7. Dimensiones	28
2.2.1.8. Uniones	30
2.2.1.9. Utilización de los tipos de tuberías de fundición dúctil	31
2.2.2. Polietileno	31
2.2.2.1. Generalidades	31
2.2.2.2. Definiciones	32
2.2.2.3. Marcado y trazabilidad de las tuberías	34
2.2.2.4. Clasificación	34
2.2.2.5. Características técnicas	35
2.2.2.6. Dimensiones de los tubos	35

2.2.2.7.	Accesorios.....	37
2.2.2.8.	Sistemas de unión	37
2.2.2.9.	Utilización de los tipos de tuberías de PE.....	37
2.2.3.	Policloruro de vinilo orientado molecularmente PVC-O	38
2.2.3.1.	Generalidades	38
2.2.3.2.	Definiciones.....	38
2.2.3.3.	Clasificación	38
2.2.3.4.	Características técnicas	38
2.2.3.5.	Dimensiones	39
2.2.3.6.	Accesorios.....	40
2.2.3.7.	Sistemas de unión	40
2.2.3.8.	Utilización de la tubería de PVC-O	40
2.2.4.	Acero.....	40
2.2.4.1.	Diámetros nominales.....	40
2.2.4.2.	Presión nominal	41
2.2.4.3.	Clasificación	41
2.2.4.4.	Uniones	41
2.2.4.5.	Utilización de la tubería de acero.....	42
2.3.	ELEMENTOS DE MANIOBRA, REGULACIÓN Y CONTROL.....	42
2.3.1.	Válvulas de seccionamiento	43
2.3.1.1.	Válvula de compuerta.....	43
2.3.1.2.	Válvula de mariposa	43
2.3.2.	Válvulas de aeración, ventosas.....	44
2.3.3.	Válvulas de regulación y seguridad	45
2.3.3.1.	Válvulas de regulación	45
2.3.3.2.	Válvulas de seguridad	46
2.3.4.	Desagües.....	47
2.3.5.	Sistema de telecontrol	48
2.4.	ACCESORIOS DE LA RED	48
2.4.1.	Dispositivos de toma.....	48
2.5.	ESTACIONES DE BOMBEO	49
Capítulo III.	ACOMETIDAS	50
3.1.	GENERALIDADES.....	50
3.2.	COMPONENTES DE LAS ACOMETIDAS	50
3.2.1.	Dispositivo de toma	50
3.2.2.	Ramal de acometida	51
3.2.2.1.	Tubo de alimentación.....	51
3.2.2.2.	Capacidad de transporte mínima de la red	52

3.2.3. Válvula o llave de registro.....	53
3.3. DIMENSIONAMIENTO DE LAS ACOMETIDAS	53
3.3.1. Dimensionamiento	53
3.3.2. Acometida para protección contra incendios	58
3.3.2.1. Generalidades	58
3.3.2.2. Dimensionamiento.....	59
3.3.3. Dimensionamiento del contador	59
3.3.3.1. Calibre del contador para suministro de abastecimiento	59
3.3.3.2. Calibre del contador para suministro contra incendio.....	59
3.4. INSTALACIÓN INTERIOR.....	59
3.4.1. Protección contra retornos.....	60
3.4.2. Sistemas de sobreelevación: grupos de presión	60
3.4.3. Contadores.....	61
3.4.3.1. Dimensionamiento alojamiento contador general	61
3.4.3.2. Elementos del contador general	62
3.4.3.3. Alojamiento contadores divisionarios.....	63
3.4.3.4. Elementos de los contadores divisionarios	64
Capítulo IV. CONDICIONES GENERALES DE DISEÑO.....	65
4.1. INFORME E INFORMACIÓN PREVIA	65
4.2. DOTACIONES Y DEMANDAS.....	65
4.2.1. Dotaciones	65
4.2.2. Demandas	65
4.2.3. Caudales	66
4.3. ADUCCIÓN	68
4.4. RED DE DISTRIBUCIÓN.....	68
4.5. RIEGO DE ZONAS VERDES Y FUENTES ORNAMENTALES	70
4.5.1. Superficie de riego.....	70
4.5.2. Sistema de riego.....	71
4.5.3. Fuentes ornamentales.....	71
4.6. CONDICIONES DE CÁLCULO.....	71
4.6.1. Generalidades.....	71
4.6.2. Pérdidas de carga	72
4.6.2.1. Pérdidas de carga continuas	72
4.6.2.2. Pérdidas de carga localizadas.....	74
4.6.3. Golpe de ariete	76
4.6.3.1. Consideraciones	76
4.6.3.2. Sobrepresiones debidas al golpe de ariete	76

4.6.4. Consideraciones hidráulicas para el diseño	77
4.6.5. Cálculo mecánico	80
4.6.5.1. Consideraciones generales	80
4.6.5.2. Determinación de las acciones en tuberías enterradas.....	81
4.6.5.3. Dimensionamiento de tuberías enterradas.....	82
4.6.5.4. Cálculo mecánico en tuberías aéreas de fundición dúctil	83
4.6.6. Anclajes	84
4.7. DEPÓSITOS	88
4.7.1. Requisitos funcionales	88
4.7.1.1. Funciones	88
4.7.1.2. Calidad del agua	88
4.7.1.3. Explotación	89
4.7.2. Esquemas de disposición de un depósito	91
4.8. IMPULSIONES	92
4.9. ESTACIONES DE BOMBEO	93
4.9.1. Generalidades	93
4.9.2. Elección del sistema de bombeo más adecuado	93
4.9.3. Componentes básicos	94
Capítulo V. INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA	100
5.1. INSTALACIÓN DE TUBERÍAS	100
5.1.1. Especificaciones generales	100
5.1.2. Transporte, almacenamiento y manipulación	100
5.1.3. Instalación de tubos enterrados	100
5.1.3.1. Zanja para el alojamiento de la tubería.....	100
5.1.3.2. Ejecución de las zanjas.....	104
5.1.3.3. Agotamiento de zanjas y rebajamiento del nivel freático.....	105
5.1.3.4. Sistemas de entibación.....	105
5.1.3.5. Montaje de la tubería	106
5.1.3.6. Cama de apoyo.....	108
5.1.3.7. Relleno de la zanja	108
5.1.3.8. Reposición del pavimento afectado	109
5.1.3.9. Protección catódica.....	109
5.1.4. Instalación de tubos aéreos	111
5.1.5. Otras instalaciones	112
5.2. OBRAS DE FÁBRICA, ALOJAMIENTOS	112
5.2.1. Obras de fábrica y alojamientos de elementos de la red	112
5.2.2. Alojamiento válvulas de compuerta en cascos urbanos	113

5.2.3. Acceso a las obras de fábrica, tapas.....	113
5.3. CRUCES DE TUBERÍAS CON CARRETERAS.....	114
5.3.1. Cruce de tuberías bajo carreteras existentes	114
5.3.2. Cruce de nueva carretera sobre tubería existente o prevista	115
5.4. REHABILITACIÓN DE TUBERÍAS.....	116
5.4.1. Encamisado con manga reversible	117
5.4.2. Entubado de la tubería (compact pipe)	118
5.4.3. Rompedor estático (Bursting)	118
5.4.4. Revestimiento interior con mortero de cemento	119
5.4.5. Rehabilitación de juntas mediante manguitos	119
Capítulo VI. PRUEBA, PUESTA EN SERVICIO, CONEXIÓN Y RECEPCIÓN.....	120
6.1. PRUEBA DE LA TUBERÍA INSTALADA	120
6.1.1. Metodología.....	121
6.1.1.1. Etapa preliminar.....	122
6.1.1.2. Etapa principal o de puesta en carga	123
6.2. PUESTA EN SERVICIO DE LA TUBERÍA	125
6.2.1. Limpieza general.....	125
6.2.2. Desinfección	125
6.3. CONEXIÓN Y PUESTA EN SERVICIO DE LA RED	127
6.4. RECEPCIÓN DE LA RED	127
Capítulo VII. TRAMITACIÓN DE PROYECTOS.....	129
7.1. INFORME PREVIO.....	129
7.2. DOCUMENTACIÓN MÍNIMA A PRESENTAR	129
7.3. INCUMPLIMIENTO	130
Anexo I. ACTA DE PRUEBA DE LA TUBERÍA INSTALADA	131
AI.1. ACTA DE PRUEBA DE LA TUBERÍA INSTALADA	132
Anexo II. FICHAS - PLANOS	133
AII.1. ACOMETIDA.....	134
AII.2. CONTADOR GENERAL	135
AII.3. LOCAL O ARMARIO PARA CONTADORES DIVISIONARIOS	136
AII.4. VÁLVULA DE COMPUERTA EN POZO O ARQUETA	137
AII.5. VÁLVULA DE COMPUERTA CON TRAMPILLÓN	138

AII.6. VÁLVULA DE MARIPOSA EN POZO O ARQUETA	139
AII.7. VENTOSA	140
AII.8. DESAGÜE	141
AII.9. VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN	142
AII.10. HIDRANTE	143
AII.11. ZANJA TIPO	144
AII.12. BRIDAS	145
Anexo III. NORMATIVA	146
AIII.1 LEGISLACIÓN ESPAÑOLA	147
AIII.2 LEGISLACIÓN DE LA UNIÓN EUROPEA	149
AIII.3 NORMAS UNE (Una Norma Española).....	150
AIII.4 NOMAS UNE-EN	154
AIII.5 PROYECTOS DE NORMAS EUROPEAS prEN.....	161

BORRADOR

Capítulo I. CONDICIONES GENERALES, SISTEMA DE UNIDADES Y GLOSARIO

1.1. **OBJETO**

Las presentes Normas tienen por objeto unificar los criterios técnicos mínimos que han de cumplir los proyectos, ejecución y funcionamiento de los elementos de la red de abastecimiento, para optimizar la prestación del servicio a los clientes.

1.2. **ÁMBITO DE APLICACIÓN**

Estas Normas son de aplicación dentro del Área de Cobertura del *Servicio Municipal de Aguas* para las redes de abastecimiento de agua, tanto de nueva construcción como las renovaciones de redes existentes y vayan a integrarse al conjunto de la infraestructura de abastecimiento del Servicio.

1.3. **DISPOSICIONES DE APLICACIÓN GENERAL**

1.3.1. **Documentos relacionados**

La presente Normativa se entiende como complementación de todas aquellas disposiciones legales que son de aplicación a un abastecimiento de agua potable y muy especialmente:

- Reglamento del suministro domiciliario de agua de Andalucía. Decreto 120/1991 de 11-06-91
- Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

Además de las expresamente recogidas en estas Normas, deberán cumplirse todas aquellas disposiciones legales que estén vigentes y resulten de aplicación.

1.3.2. **Competencias de intervención**

En la red de abastecimiento no podrá intervenir ninguna persona ajena al *Servicio Municipal de Aguas* sin la autorización previa por escrito.

1.3.3. Interpretación y resolución de cuestiones técnicas

La resolución de cuestiones técnicas no previstas en las presentes Normas, así como su interpretación, será facultad del *Servicio Municipal de Aguas*, de acuerdo con la reglamentación vigente en cada momento.

1.3.4. Obligado cumplimiento

Estas Normas serán de obligado cumplimiento para todos los Organismos públicos o privados que realicen obras que supongan instalación o modificación de elementos de las redes de abastecimiento. Para ello, y tal como establece el Decreto 120/1991, es competencia del *Servicio Municipal de Aguas* "definir, proyectar y dirigir o en su caso autorizar cualquier tipo de obra que afecte a su abastecimiento".

1.3.5. Materiales autorizados

Con objeto de asegurar y poder garantizar unos requisitos mínimos de calidad de los materiales a utilizar en el ámbito de aplicación de estas Normas Técnicas, todos los materiales deberán cumplir con los requisitos de la legislación española que les afecten y las normas de producto que en este documento se indican. En el Anexo III está recogida en detalle la siguiente legislación y normativa:

- Legislación española
- Legislación de la Unión Europea
- Normas UNE
- Normas UNE-EN

En todo caso, el *Servicio Municipal de Aguas* será el que tenga la competencia de autorizar la instalación de cualquier elemento en la red en el ámbito de aplicación de estas Normas Técnicas.

1.3.6. SISTEMA DE UNIDADES

Las unidades adoptadas en el presente documento corresponden a las del Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI), cuyas unidades básicas son las siguientes:

Resistencias y tensiones:	$\text{N/mm}^2 = \text{MPa}$
Fuerzas:	kN
Fuerzas por unidad de longitud:	kN/m

Fuerzas por unidad de superficie: kN/m^2 ó N/mm^2

En las tablas siguientes se indican las equivalencias entre otras unidades que pueden ser frecuentes en el ámbito de las tuberías a presión, así como los prefijos empleados en el SI.

Tabla I-1, Factores de conversión

	Para convertir	en	Multiplicar por
Longitud	mm	Pulgadas	0,0394
	m	Pies	3,2808
	m	Yardas	1,0936
	m	Brazas	0,5468
	km	Millas tierra	0,6214
	km	Millas mar (USA)	0,5399
	km	Millas mar (UK)	0,5396
Superficie	mm^2	Pulgadas cuadradas	0,001550
	m^2	Pies cuadrados	10,7369
	m^2	Yardas cuadradas	1,1960
	km^2	Acres	247,105
	km^2	Millas cuadradas	0,3861
	Hectáreas	Acres	2,4710
Volumen	cm^3	Pulgadas cúbicas	0,0610
	m^3	Pies cúbicos	35,3145
	m^3	Yardas cúbicas	1,3079
	m^3	Acre-pie	$8,107 \times 10^{-4}$
	m^3	Galones (USA)	264,178
	m^3	Galones (UK)	219,979
Peso	Kg	Libras	2,2046
	Toneladas métricas	Toneladas (USA)	1,1023
	Toneladas métricas	Toneladas (UK)	0,9842
Densidad	kg/m^3	Libra/pie ³	0,06243
	kg/m^3	Libra/pulgada ³	$3,613 \times 10^{-5}$
Caudal	m^3/s	Pie ³ /min	2.118,6
Velocidad	km/h	Millas hora (mph)	0,6214
	km/h	cm/s	27,78
	km/h	Pie/minuto	54,68
	km/h	Nudo	0,5396
Presión	kg/cm^2	Atmósferas	1,033
	kg/cm^2	Bares	1,000
	kg/cm^2	T/ m^2	10
	kg/cm^2	MPa	0,10
	Atmósferas	Metros columna de agua	10,33
	kg/cm^2	Libras/pulgada ² (psi)	14,22
	kg/cm^2	Libra/pie ²	2.048,0
	kg/cm^2	Toneladas/pie ² (tsf)	0,9140

Tabla I-2. Prefijos para múltiplos y submúltiplos del SI

Factor	Prefijo	Símbolo
10 ⁻¹	deci	d
10 ⁻²	centi	c
10 ⁻³	mili	m
10 ⁻⁶	micro	μ
10 ⁻⁹	nano	n
10 ⁻¹²	pico	p
10 ⁻¹⁵	femto	f

Factor	Prefijo	Símbolo
10	deca	da
10 ²	hecto	h
10 ³	kilo	k
10 ⁶	mega	M
10 ⁹	giga	G
10 ¹²	tera	T
10 ¹⁸	atto	A

A continuación se indica en la *Tabla I-3* la relación entre distintas unidades de presión.

Tabla I-3

	$Pa = \frac{N}{m^2}$	$MPa = \frac{N}{mm^2}$	$\frac{kgf}{cm^2}$	<i>atm</i>	<i>m. c. a.</i>	<i>mmHg</i>	<i>bar</i>
$Pa = \frac{N}{m^2}$	1	10 ⁻⁶	10,2 · 10 ⁻⁶	9,87 · 10 ⁻⁶	1,02 · 10 ⁻⁴	0,0075	0,00001
$MPa = \frac{N}{mm^2}$	10 ⁶	1	10,1972	9,86923	101,974	7500,62	10
$\frac{kgf}{cm^2}$	98.066,5	0,098067	1	0,96784	10	760	1,01325
<i>atm</i>	101.325	0,101325	1,03323	1	10,3326	760	1,01325
<i>m. c. a.</i>	9.806,38	0,009806	0,1	0,09678	1	73,5539	0,09806
<i>mmHg</i>	133,322	1,333 · 10 ⁻⁴	0,00136	0,00132	0,013595	1	0,00133
<i>bar</i>	100.000	0,1	1,01972	0,98692	10,1974	750,062	1

(*atm*= atmósfera; *m.c.a.*= metro de columna de agua; *mm Hg* = milímetro de mercurio)

Equivalencia con otras unidades de presión:

- 1 kgf/cm² = 14,223 psi (libra por pulgada cuadrada)
- 1 kgf/cm² = 2048,2 psf (libra por pie cuadrado)
- 1 kgf/cm² = 0,9289 tsf (tonelada por pie cuadrado)

1.4. GLOSARIO DE TÉRMINOS

A continuación se definen una serie de términos de índole general de aplicación para todos los tipos de tubos y demás elementos constitutivos de la tubería, figurando en los respectivos apartados del documento aquellas otras definiciones de carácter específico.

Tubo. Elemento de sección transversal interior uniforme en forma de corona circular y que en sentido longitudinal es generalmente recto. El elemento de unión que se disponga en cada caso se entiende que forma parte del tubo como tal.

Pieza especial. Elemento que, intercalado entre los tubos, permite cambios de dirección o de diámetro, derivaciones, empalmes, obturaciones, etc. Las "piezas especiales" son, en cualquier caso, los "fittings" o "raccords" en la denominación inglesa o francesa, respectivamente.

Válvula. Elemento hidromecánico que, instalado entre los tubos, permite controlar el paso del agua, evitar su retroceso, reducir su presión, dar seguridad a la red, etc. La norma UNE-EN 805:2000 define a la válvula como el "componente que permite cortar o regular el caudal y la presión, por ejemplo: válvula de aislamiento, válvula de regulación, dispositivo reductor de presión, purgador, válvula anti-retorno, hidrantes y bocas de riego".

Elemento complementario de la tubería. Es cualquier estructura, fundamentalmente obras de fábrica (macizos de anclaje, arquetas, cámaras de válvulas y otros dispositivos), que intercalada en la tubería, permite y facilita su explotación.

Unión. Es el dispositivo que hace posible enlazar de forma estanca dos elementos consecutivos de la tubería. Los sistemas de unión suelen clasificarse de la siguiente manera:

- a) **Uniones flexibles.** Si permiten una desviación angular significativa, tanto durante como después de la instalación, y un ligero desplazamiento diferencial entre ejes.
- b) **Uniones rígidas.** Si no permiten desviación angular significativa ni durante ni después de la puesta en obra.
- c) **Uniones ajustables.** Si solamente permiten una desviación angular significativa en el momento de la instalación, pero no posteriormente.

Otra clasificación habitual de los sistemas de unión sería la siguiente:

- **Uniones autotrabadas o resistentes a la tracción.** Si son capaces de resistir el empuje longitudinal producido por la presión interna y, cuando se dé el caso,

también por las fluctuaciones de temperatura y contracción de Poisson de la tubería bajo presión interna.

- **Uniones no autotrabadas o no resistentes a la tracción.** Las que tienen un juego axial adecuado para acomodar el movimiento axial del extremo liso inducido por fluctuaciones térmicas y contracción de Poisson de la tubería bajo presión interna, además de la desviación angular especificada.

Accesorio. "Elemento distinto a los tubos, piezas especiales, válvulas, uniones o elementos complementarios de la red, pero que forman también parte de la tubería, como por ejemplo contra-bridas, tornillos y juntas para uniones acerrojadas, dispositivos para toma en carga, etc." (UNE-EN 805:2000).

A los efectos de estas Normas, las ventosas y los contadores han sido considerados como accesorios.

Componente. Es cualquiera de los elementos antes definidos, los cuales constituyen la tubería (tubos, piezas especiales, uniones, elementos complementarios, accesorios, etc.).

Revestimiento exterior. Material complementario aplicado a la superficie exterior de un componente con objeto de protegerle contra la corrosión, del deterioro mecánico y/o del ataque químico.

Revestimiento interior. Material complementario aplicado a la superficie interior de un componente con objeto de protegerle contra la corrosión, deterioro mecánico y/o ataque químico.

Dispositivo de toma en carga. Componente utilizado para conectar la acometida a una conducción de abastecimiento, usualmente capaz de cortar el flujo del agua hacia la acometida.

Hidrante. Elemento conectado normalmente en la red de distribución principal, con la finalidad de ser utilizado ante cualquier emergencia por el Servicio de Extinción de Incendios.

Tubería. Es la sucesión de tubos unidos, con la intercalación de las piezas especiales, de las válvulas, de los accesorios necesarios y de los elementos complementarios que la red requiera, formando un conducto estanco no permeable que conserve las calidades del agua para su suministro y que permita una explotación fácil y económica.

Diámetro interior (ID). La norma UNE-EN 805:2000 lo define como “el diámetro interior medio de la caña del tubo en una sección cualquiera”.

Diámetro exterior (OD). Análogamente, la norma UNE-EN 805:2000 lo define como “el diámetro exterior medio de la caña del tubo en una sección cualquiera”.

Diámetro nominal (DN). Valor tomado de una serie de números convencionales que se adopta para caracterizar dimensionalmente a los diámetros, y que coincide aproximadamente, en general, con su valor real en milímetros.

Se puede referir tanto a los diámetros interiores (diámetro nominal interior, DN/ID), como a los exteriores (diámetro exterior nominal, DN/OD). Cuando no se especifique a cuál de ellos se refiere (y se hable, en consecuencia, simplemente de diámetro nominal, DN) debe tenerse en cuenta que en unos tubos se refiere al interior (DN=DN/ID; fundición, hormigón y PRFV) mientras que en otros es al exterior (DN=DN/OD; acero, PVC-U, PVC-O y PE).

En la norma UNE-EN 805:2000, la serie de números convencionales que determinan los posibles valores normalizados de los DN son los siguientes, según DN se refiera a OD o a ID:

DN/ID: 20, 30, 40, 50, 60, 65, 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1.000, 1.100, 1.200, 1.250, 1.300, 1.400, 1.500, 1.600, 1.800, 2.000, 2.100, 2.200, 2.400, 2.500, 2.600, 2.800, 3.000, 3.200, 3.500, 4.000.

DN/OD: 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90, 110, 125, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 630, 710, 800, 900, 1.000, 1.100, 1.200, 1.250, 1.300, 1.400, 1.500, 1.600, 1.800, 2.000, 2.100, 2.200, 2.400, 2.500, 2.600, 2.800, 3.000, 3.200, 3.500, 4.000.

Ovalación. Diferencia entre la forma real y la teórica de la sección transversal de los tubos.

1.4.1. Presiones

Es preciso distinguir, en cualquier caso, entre las presiones hidráulicas que solicitan a la tubería, y las presiones que cada componente es capaz de resistir individualmente.

Zonas de presión. Áreas de rangos de presión en la red de abastecimiento de agua.

Golpe de ariete. Fluctuaciones rápidas de presión debidas a las variaciones de caudal durante intervalos cortos de tiempo.

1.4.1.1. Presiones hidráulicas que solicitan a la tubería o a la red

Presión estática. Es la presión en una sección de la tubería cuando, estando en carga, se encuentra el agua en reposo.

Presión de diseño (DP). Es la mayor de la presión estática o la presión máxima de funcionamiento en régimen permanente en una sección de la tubería, excluyendo, por tanto, el golpe de ariete. Estará fijada por el proyectista, considerando futuras ampliaciones.

Presión máxima de diseño (MDP). Es la presión máxima que puede alcanzarse en una sección de la tubería en servicio, fijada por el proyectista, considerando las fluctuaciones producidas por un posible golpe de ariete, donde:

- MDP se designa MDPa, cuando se fije previamente el golpe de ariete admitido.
- MDP se designa MDPc, cuando el golpe de ariete se calcule.

Presión de prueba de la red (STP). Es la presión hidráulica interior a la que se prueba la tubería una vez instalada y previo a la recepción para comprobar su estanquidad.

Presión de funcionamiento (OP). Es la presión interna que aparece en un instante dado en un punto determinado de la red de abastecimiento de agua.

Presión de servicio (SP). Es la presión interna en el punto de conexión a la instalación del consumidor, con caudal nulo en la acometida.

En la *Tabla I-4*, se relaciona la terminología empleada en UNE-EN 805:2000 y el Pliego de Tuberías del MOPU de 1974 para referirse a las distintas presiones que solicitan a la tubería.

Tabla I-4

Concepto	Norma UNE-EN 805:2000		Pliego MOPU 1974	
	Denominación	Siglas	Denominación	Siglas
Presión solicitante cuando, estando en carga, se encuentra el agua en reposo	Presión de diseño (la mayor de ambas)	DP	Presión estática	
Presión máxima en funcionamiento en régimen permanente			Presión de servicio	
Presión máxima que puede alcanzarse considerando las fluctuaciones debidas al golpe de ariete	Presión máxima de diseño	MDP	Presión máxima de trabajo	P _t
Presión a la que se prueba la tubería una vez instalada y previo a la Recepción	Presión de prueba de la red	STP	Presión de prueba en zanja	
			Presión de prueba de estanqueidad	

A modo de ejemplo, si la presión estática que va a solicitar una tubería es de 0,5 N/mm², la presión de diseño (DP) será también 0,5 N/mm² si se trata de una conducción por gravedad, o algo mayor (0,75 N/mm², por ejemplo), si es el caso de una impulsión. La MDP, al considerar las sobrepresiones debidas al golpe de ariete, será, a su vez, mayor (1 N/mm², por ejemplo), y la STP tendrá un valor algo superior a la MDP (1,25 N/mm², por ejemplo).

1.4.1.2. Presiones relativas a los componentes

Presión nominal (PN). Valor numérico de una serie convencional que se adopta, a efectos de referencia, para caracterizar los tubos, las piezas especiales y los demás elementos de la tubería en relación con la presión hidráulica interior (en kp/cm²) que son capaces de resistir en ausencia de cargas externas. A igualdad de DN, las características geométricas de los elementos de unión (bridas y otros) de una misma serie de PN serán tales que permitan la conexión entre ellos

A modo de resumen, la utilización del concepto de PN es de aplicación para las válvulas y para los tubos de materiales plásticos (PVC-U, PVC-O, PE y PRFV) no empleándose, en general, ni en los tubos de hormigón ni en los metálicos. En estos últimos (tubos metálicos; acero y fundición), cuando se unan mediante bridas, sí se emplea también el concepto de PN para caracterizar a las bridas en relación con la presión interior.

Y a modo de síntesis, se entiende que ésta es la presión que los elementos son capaces de aguantar en servicio sin considerar el golpe de ariete (presión de diseño, DP) y en ausencia de cargas externas.

Presión de funcionamiento admisible (PFA). Presión máxima que un componente es capaz de resistir de forma permanente en servicio.

Presión máxima admisible (PMA). Presión máxima, incluido el golpe de ariete, que un componente es capaz de soportar en servicio.

Presión de prueba en obra admisible (PEA). Presión hidrostática máxima que un componente recién instalado es capaz de soportar, durante un periodo de tiempo relativamente corto, con objeto de asegurar la integridad y estanquidad de la conducción.

Presión de prueba en fábrica. Es la presión hidráulica interior a la que se prueban los tubos previo al suministro para comprobar su estanquidad.

Presión de rotura (Pr). Es la presión hidrostática interior que, en ausencia de cargas externas, deja fuera de servicio al material constitutivo de la tubería. En los tubos de material homogéneo, esta presión se relaciona con la resistencia mínima a la tracción (Rm) del material (la que agota su capacidad resistente, no teniendo necesariamente porque romperle), mediante la expresión:

$$P_r = \frac{2 \cdot e}{ID} \cdot R_m$$

Pr: presión de rotura, en N/mm²

E: espesor de la pared del tubo, en mm

ID: diámetro interior, en mm

Rm: Resistencia mínima a la tracción del material, en N/mm²

A modo de resumen en la *Tabla I-5* se indican las relaciones entre las presiones de la red y sus componentes.

Tabla I-5

RELACIÓN ENTRE LAS PRESIONES RELATIVAS A LA RED Y A LOS COMPONENTES		
Presiones de la Red		Presiones de los Componentes de la Red
DP	≤	PFA
MDP	≤	PMA
STP	≤	PEA

1.4.2. Red

Red de gravedad. Red en la que el caudal y/o presión se deben a la gravedad. Existen dos tipos de redes de gravedad:

- Las redes bajo presión (o en carga), si la conducción trabaja a sección llena.
- Las redes de lámina libre, si la conducción trabaja a sección parcialmente llena.

Aducción. Es el conjunto de conducciones, elementos e instalaciones que conectan las estaciones de tratamiento con las redes de distribución, tales como embalses, tuberías primarias, depósitos, estaciones de tratamiento y estaciones de elevación. Estas conducciones no deben de disponer de acometidas ni hidrantes.

Conducción secundaria. Conducción que conecta una o varias conducciones principales a las acometidas.

Malla. Contorno cerrado formado por tuberías de una red de abastecimiento por las que circula agua a presión, y que no contiene a su vez ningún otro contorno cerrado en su interior.

Ramal. Conducción de una red de abastecimiento, por la que circula agua a presión o en lámina libre, cuyo trazado no forma malla.

Árbol. Conjunto de ramales con un origen común.

Polígono. Conjunto formado por el menor número posible de dispositivos de seccionamiento (válvulas) que permite dejar sin suministro cualquier punto de una red de distribución.

Agua potable. Según el R.D. 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, se define el agua de consumo humano como:

- a) Todas aquellas aguas, ya sea en su estado original, ya sea después del tratamiento, utilizadas para beber, cocinar, preparar alimentos, higiene personal y para otros usos domésticos, sea cual fuere su origen e independientemente de que se suministren al consumidor, a través de redes de distribución públicas o privadas, de cisternas, de depósitos públicos o privados.
 - b) Todas aquellas aguas utilizadas en la industria alimentaria para fines de fabricación, tratamiento, conservación o comercialización de productos o sustancias destinadas al consumo humano, así como a las utilizadas en la limpieza de las superficies, objetos y materiales que puedan estar en contacto con los alimentos.
-

- c) Todas aquellas aguas suministradas para consumo humano como parte de una actividad comercial o pública, con independencia del volumen medio diario de agua suministrado.

Conducción principal. Conducción que actúa como distribuidor principal dentro del área de suministro, normalmente sin conexión directa a los consumidores.

Red de impulsión y distribución por gravedad. Red que utiliza la red de gravedad y red de bombeo, bien separadamente o en combinación, para suministrar caudal y/o presión.

Estación de bombeo. Instalación de bombeo prevista para asegurar los caudales y presiones necesarios en la red de distribución. Existen tres tipos:

- a) Bombeo principal, normalmente en la salida de las plantas de tratamiento de agua, o en la toma de agua, si no se realiza tratamiento, para suministrar el caudal al depósito de la red.
- b) Bombeo intermedio, para proporcionar caudal al depósito de la red o a las zonas a abastecer.
- c) Bombeo de reimpulsión, puesto en línea sin depósito de almacenamiento.

Red de bombeo. Red en la que el caudal y/o presión se asegura por acción de una o varias bombas y donde la red trabaja a sección llena.

Depósito. Instalación destinada al almacenamiento de agua.

Acometida. Conducción que suministra agua al consumidor desde la conducción secundaria.

Dispositivo de toma. Dispositivo que instala en la tubería de la red de distribución y del que se deriva, el ramal de acometida.

Ramal de acometida. Es el tramo de tubería que une el dispositivo de toma con la llave de registro.

Llave de registro. Válvula que permite el aislamiento entre el ramal de acometida y la instalación interior. Es el elemento diferenciador entre el *Servicio Municipal de Aguas* y el cliente en lo que respecta a la conservación y delimitación de responsabilidades.

Instalación interior de suministro de agua. Conjunto de tuberías y elementos de control, maniobra y seguridad aguas abajo a la llave de registro en el sentido de la circulación normal del flujo de agua.

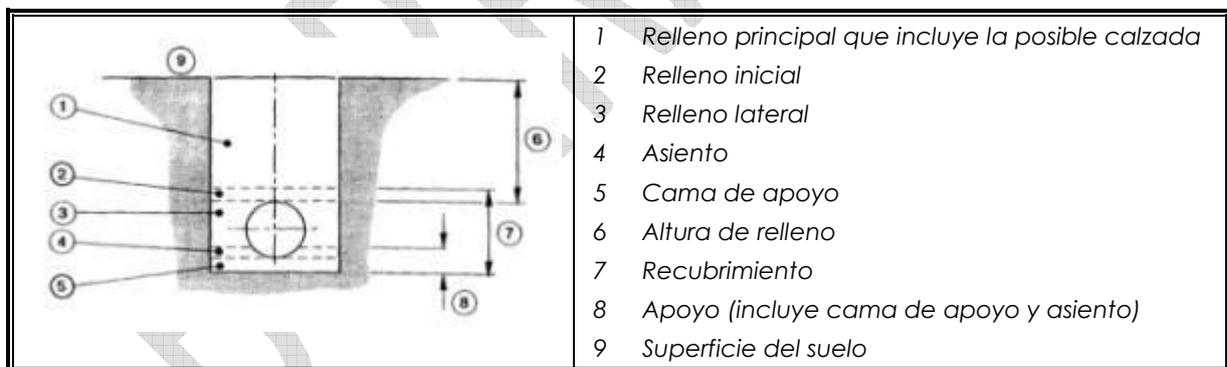
Depósito de la red. Depósito de agua potable cubierto, eventualmente compartimentado, que incluye un edificio de control, equipos de explotación y dispositivos de acceso, para asegurar la estabilidad del suministro y de la presión, amortiguando las fluctuaciones de la demanda.

Arteria principal. Conducción que interconecta red(es), plantas de tratamiento de agua, depósitos y/o zonas de consumo, normalmente sin acometidas directas al consumidor.

Red de distribución de agua. Parte de la red de abastecimiento de agua, que incluye a las conducciones, los depósitos, las estaciones de bombeo y otros equipos, por los cuales el agua se suministra a los consumidores. Comienza a la salida de la planta de tratamiento de agua (o en la toma de agua si no existe tratamiento) y termina en el punto de acometida a las instalaciones del consumidor.

Dotación. Es el consumo de cálculo considerado para atender las necesidades de suministro de agua.

Instalación. El vocabulario utilizado para la instalación se muestra en la figura siguiente:



Suelo agresivo. Suelo que podría tener un efecto corrosivo o cualquier efecto perjudicial para un componente y que, en lo relativo a protecciones, exige ser especialmente estudiado.

Protección catódica. Método de protección de componentes metálicos contra la corrosión, mediante el cual, el metal a proteger se mantiene en estado catódico con respecto al suelo.

Suelo contaminado. Suelo que ha sido degradado por anterior utilización o por infiltración directa o indirecta de productos químicos y otras sustancias y que precisa de un estudio particular.

Altura de relleno. Distancia entre la generatriz superior de la caña del tubo de la pieza especial o accesorio, y la superficie del suelo existente o futuro.

BORRADOR

Capítulo II. ELEMENTOS DE LA RED DE ABASTECIMIENTO

2.1. GENERALIDADES

Todos los materiales en contacto con el agua de consumo humano deberán cumplir lo establecido en el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

2.2. TUBERÍAS

El sistema empleado para la unión de tubos entre sí, depende del material de la conducción. La unión podrá realizarse mediante: juntas, juntas embridadas, elementos electrosoldables y soldaduras.

Por razones de normalización, mantenimiento, etc., los materiales admitidos por el *Servicio Municipal de Aguas* en el proyecto y construcción de redes de abastecimiento son los que se indican en este capítulo.

2.2.1. Fundición dúctil

2.2.1.1. Generalidades

Las tuberías y accesorios de fundición dúctil deberán cumplir las especificaciones de la norma UNE-EN-545 (Tubos, accesorios y piezas especiales de fundición dúctil y sus uniones para las canalizaciones de agua).

En los tubos de fundición dúctil, el diámetro nominal (DN) coincide, aproximadamente, con el diámetro interior (ID) y, para un determinado diámetro nominal (DN), el diámetro exterior (OD) es siempre fijo.

Para un mismo diámetro nominal (DN) los tubos pueden ser fabricados con distintas gamas de espesores de modo que su resistencia mecánica sea variable, para lo que, de acuerdo con lo expresado en el párrafo anterior, el aumento o reducción de espesor se deberá conseguir modificando el diámetro interior (ID).

2.2.1.2. Definiciones

Fundición dúctil. Es la fundición utilizada para los tubos, racores y accesorios, en los que el grafito está presente esencialmente en forma esferoidal.

Racor o pieza especial. Pieza moldeada diferente de un tubo, que permite una derivación, un cambio de dirección o de sección interior.

Caña. Extremo macho de un tubo o racor.

Extremo liso. Máxima profundidad de enchufado de la caña más 50 mm.

Enchufe. Extremo abocardado (hembra) de un tubo o de un accesorio que permite la unión con la caña del componente contiguo.

Unión flexible. Unión que permite una desviación angular significativa, tanto durante como después de la instalación, y que permite una ligera excentricidad del eje.

Unión flexible automática. Unión flexible que se monta empujando la caña de un componente a través de la junta de estanqueidad situada en el enchufe del componente contiguo.

Unión flexible mecánica. Unión flexible en la cual se obtiene la estanqueidad mediante la aplicación de una fuerza de compresión sobre la junta por medios mecánicos, por ejemplo, mediante contrabrida.

Unión flexible acerrojada. Unión flexible en la cual se incluye un medio de evitar su desenchufado.

2.2.1.3. Espesor de pared

El espesor debe calcularse bien mediante la fórmula de la Clase K para tubos y racores (véase el apartado 2.2.1.4) o bien según se define en el apartado 2.2.1.5 para tubos de Clase 40 de DN 40 a DN 400.

Para tubos, las clases de espesor normalizadas se indican en la *Tabla II-1*. Se pueden admitir otros espesores para tuberías por acuerdo entre fabricante y comprador.

2.2.1.4. Clases K para tubos y racores

El espesor nominal de pared de fundición de los tubos y racores se obtiene en función del diámetro nominal DN, mediante la siguiente fórmula, con un mínimo de 6 mm para los tubos y de 7 mm para los racores.

$$e = K(0,5 + 0,001DN)$$

Donde:

e: Espesor nominal de pared en mm

DN: Diámetro nominal

K: Coeficiente que se utiliza para designar el espesor. Éste se selecciona de la serie de números enteros: ... 8, 9, 10, 11, 12

2.2.1.5. Clase 40 para tubos

El espesor nominal de pared de fundición de los tubos de DN 40 a DN 400 se da en función del diámetro nominal DN, en la *Tabla II-1*

Tabla II-1. Espesor de pared, en mm

DN	Ø Exterior (mm)		Espesor de pared e (mm)					
			Clase 40		K9		K10	
	Nominal	Tolerancia	Nominal ^a	Tolerancia ^b	Nominal	Tolerancia ^b	Nominal ^b	Tolerancia ^b
80	98	+1/-2,7	4,8	-1,3	6,0	-1,3	6,0	-1,3
100	118	+1/-2,8	4,8	-1,3	6,0	-1,3	6,0	-1,3
150	170	+1/-2,9	5,0	-1,3	6,0	-1,3	6,5	-1,5
200	222	+1/-3,0	5,4	-1,5	6,3	-1,5	7,0	-1,5
250	274	+1/-3,4	5,8	-1,6	6,8	-1,6	7,5	1,6
300	326	+1/-3,3	6,2	-1,6	7,2	-1,6	8,0	-1,6
350	378	+1/-3,4	7,0	-1,7	7,7	-1,7	8,5	-1,7
400	429	+1/-3,5	7,8	-1,7	8,1	-1,7	9,0	-1,7
450	480	+1/-3,6			8,6	-1,8	9,5	-1,8
500	532	+1/-3,8			9,0	-1,8	10,0	-1,8
600	635	+1/-4,0			9,9	-1,9	11,0	-1,9
700	738	+1/-4,3			10,8	-2,0	12,0	-2,0
800	842	+1/-4,5			11,7	-2,1	13,0	-2,1
900	945	+1/-4,8			12,6	-2,2	14,0	-2,2
1000	1048	+1/-5,0			13,5	-2,3	15,0	-2,3
1100	1151	+1/-6,0			14,4	-2,4	16,0	-2,4
1200	1255	+1/-5,8			15,3	-2,5	17,0	-2,5
1400	1462	+1/-6,6			17,1	-2,7	19,0	-2,7
1500	1565	+1/-7,0			18,0	-2,8	20,0	-2,8
1600	1668	+1/-7,4			18,9	-2,9	21,0	-2,9
1800	1875	+1/-8,2			20,7	-3,1	23,0	-3,1
2000	2082	+1/-9,0			22,5	-3,3	25,0	-3,3
a	El espesor de la Clase 40 es tal que su PFA, no sea inferior a 40 bar, con un mínimo de 4,8 mm. Además con objeto de tener series de espesor coherente con tubos K9, el espesor nominal de DN 150, 200, y 250 se ha incrementado ligeramente por encima de los espesores correspondientes a PFA 40 bar.							
b	Sólo se da el límite inferior							

2.2.1.6. Presiones2.2.1.6.1. Tubos con enchufe y caña

Los valores máximos de PFA (presión de funcionamiento admisible), PMA (presión máxima admisible) y PEA (presión de prueba en obra admisible) que figuran en la *Tabla II-2* se calculan de la siguiente forma:

a) PFA:

$$PFA = \frac{20 \cdot e_{\text{mín}} \cdot R_m}{D \cdot S_F}$$

Con un máximo de 64 bar para los tubos de la Clase 40, y de 85 bar para los tubos de la Clase K9 y K10.

Donde:

$e_{\text{mín}}$: Espesor mínimo de la pared del tubo (mm)

D : Diámetro medio del tubo ($DE - e_{\text{mín}}$) (mm)

DE : Diámetro exterior nominal del tubo (mm)

R_m : Resistencia mínima a la tracción de la fundición dúctil, ($R_m = 420$ MPa)

S_F : Es un factor de seguridad de 3

b) PMA: cómo PFA, pero con $S_F = 2,5$; por lo tanto

$$PMA = 1,2 \times PFA$$

c) PEA = PMA + 5 bar

Tabla II-2. Valores máximos de PFA, PMA y PEA, en bar

DN	Clase de espesor								
	Clase 40			K9			K10		
	PFA	PMA	PEA	PFA	PMA	PEA	PFA	PMA	PEA
80	64	77	82	85	102	107	85	102	107
100	64	77	82	85	102	107	85	102	107
150	62	74	79	79	95	100	85	102	107
200	50	60	65	62	74	79	71	85	90
250	43	51	56	54	65	70	61	73	78
300	40	48	53	49	59	64	56	67	72
350	40	48	53	45	54	59	51	61	66
400	40	48	53	42	51	56	48	58	63
450				40	48	53	45	54	59
500				38	46	51	44	53	58
600				36	43	48	41	49	54
700				34	41	46	38	46	51
800				32	38	43	36	43	48
900				31	37	42	35	42	47
1.000				30	36	41	34	41	46
1.100				29	35	40	32	38	43
1.200				28	34	39	32	38	43
1.400				28	33	38	31	37	42
1.500				27	32	37	30	36	41
1.600				27	32	37	30	36	41
1.800				26	31	36	30	36	41
2.000				26	31	36	29	35	40

2.2.1.6.2. Tubos con bridas

Para tubos con bridas los valores máximos para PFA, PMA y PEA se indican en la Tabla II-3

Tabla II-3

DN	PN 10			PN 16			PN 25			PN 40		
	PFA	PMA	PEA	PFA	PMA	PEA	PFA	PMA	PEA	PFA	PMA	PEA
80	Véase PN 16			16	20	25	Véase PN 40			40	48	53
100 y 150	Véase PN 16			16	20	25	25	30	35	40	48	53
200 a 600	10	12	17	16	20	25	25	30	35	40	48	53
700 a 1200	10	12	17	16	20	25	25	30	35	-	-	-
1400 a 2000	10	12	17	16	20	25	-	-	-	-	-	-

Con carácter general se establece que el espesor de pared exigido será el correspondiente a la clase K9 y cuando los tubos se unan mediante brida estas serán PN 16.

2.2.1.7. Dimensiones

En la *Tabla II-4* se resumen las principales dimensiones de los tubos de fundición (conforme a lo especificado por la norma UNE-EN 545:1995).

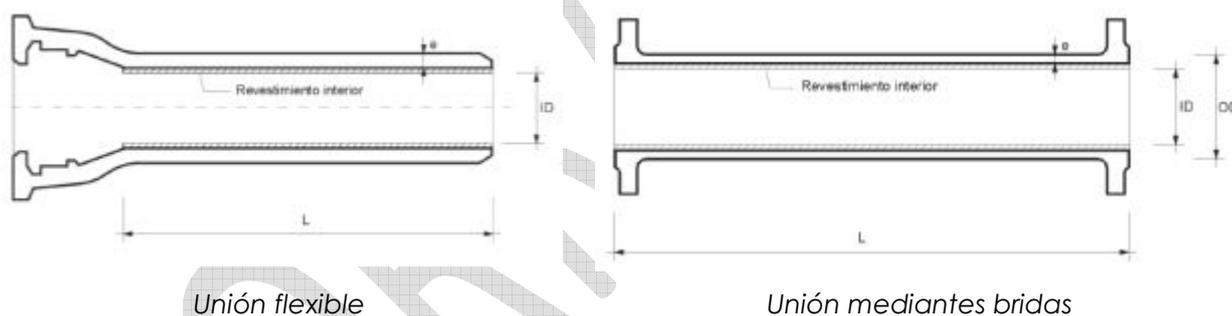


Tabla II-4. Principales dimensiones

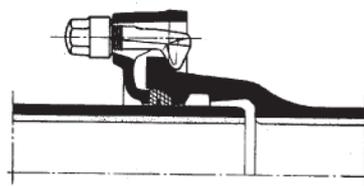
Diámetros		Espesores			Longitudes		
					Tubos con enchufe	Tubos con bridas incorporadas	Tubos con bridas soldadas roscadas
DN	OD	Clase 40	Clase k9	Clase K10			
80	98	4,8	6,0	6,0	5 - 5,5 - 6	0,5 - 1 - 2 - 3	2 - 3 - 4 - 5
100	118	4,8	6,0	6,0	5 - 5,5 - 6	0,5 - 1 - 2 - 3	2 - 3 - 4 - 5
150	170	5,0	6,0	6,5	5 - 5,5 - 6	0,5 - 1 - 2 - 3	2 - 3 - 4 - 5
200	222	5,4	6,3	7,0	5 - 5,5 - 6	0,5 - 1 - 2 - 3	2 - 3 - 4 - 5
250	274	5,8	6,8	7,5	5 - 5,5 - 6	0,5 - 1 - 2 - 3	2 - 3 - 4 - 5
300	326	6,2	7,2	8,0	5 - 5,5 - 6	0,5 - 1 - 2 - 3	2 - 3 - 4 - 5
350	378	7,0	7,7	8,5	5 - 5,5 - 6	0,5 - 1 - 2 - 3	2 - 3 - 4 - 5
400	429	7,8	8,1	9,0	5 - 5,5 - 6	0,5 - 1 - 2 - 3	2 - 3 - 4 - 5
450	480		8,6	9,5	5 - 5,5 - 6	0,5 - 1 - 2 - 3	2 - 3 - 4 - 5
500	532		9,0	10,0	5 - 5,5 - 6	0,5 - 1 - 2 - 3	2 - 3 - 4 - 5
600	635		9,9	11,0	5 - 5,5 - 6	0,5 - 1 - 2 - 3	2 - 3 - 4 - 5
700	738		10,8	12,0	5,5 - 6 - 7	0,5 - 1 - 2 - 3	2 - 3 - 4 - 5 - 6
800	842		11,7	13,0	5,5 - 6 - 7	0,5 - 1 - 2 - 3	2 - 3 - 4 - 5 - 6
900	945		12,6	14,0	6 - 7 - 8,15	0,5 - 1 - 2 - 3	2 - 3 - 4 - 5 - 6
1000	1048		13,5	15,0	6 - 7 - 8,15	0,5 - 1 - 2 - 3	2 - 3 - 4 - 5 - 6
1100	1152		14,4	16,0	6 - 7 - 8,15	0,5 - 1 - 2 - 3	4 - 5 - 6 - 7
1200	1255		15,3	17,0	6 - 7 - 8,15	0,5 - 1 - 2 - 3	4 - 5 - 6 - 7
1400	1462		17,1	19,0	6 - 7 - 8,15	0,5 - 1 - 2 - 3	4 - 5 - 6 - 7
1500	1565		18,0	20,0	8,15	0,5 - 1 - 2 - 3	4 - 5 - 6 - 7
1600	1668		18,9	21,0	8,15	0,5 - 1 - 2 - 3	4 - 5 - 6 - 7
1800	1875		20,7	23,0	8,15	0,5 - 1 - 2 - 3	4 - 5 - 6 - 7
2000	2082		22,5	25,0	8,15	0,5 - 1 - 2 - 3	4 - 5 - 6 - 7

2.2.1.8. Uniones

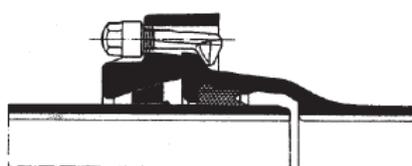
Los tipos de uniones habituales en los tubos de fundición son las siguientes:



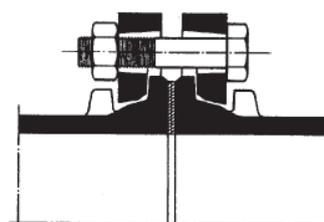
Unión de enchufe y extremo liso



Unión mecánica



Unión acerrojada



Unión con bridas (móviles)

a) **Uniones flexibles.** Pueden, a su vez, ser de los siguientes tipos:

- *Unión de enchufe y extremo liso.* Obtiene la estanquidad por la simple compresión de un anillo elastomérico.
- *Unión mecánica.* Los tubos a unir también están provistos de enchufe y extremo liso, si bien en este caso la estanquidad se logra por la compresión del anillo elastomérico mediante una contrabrida apretada con bulones que se apoyan en el collarín externo del enchufe.
- *Unión acerrojada.* Similar a la anterior, para los casos en los que se prevea que el tubo haya de trabajar a tracción.

b) **Uniones rígidas.** unión de bridas. Los dos tubos a unir estarán acabados en extremo liso. Las bridas pueden ser móviles (soldadas o roscadas) o fijas (incorporadas).

En cualquier caso, las uniones deben cumplir las siguientes condiciones (UNE-EN 545:1995):

- Resistir, permanentemente y sin fugas, la MDP del tramo de tubería correspondiente a la unión, en la hipótesis de máximos desplazamientos angulares, radiales y axiales admisibles de la unión.

- Ser estancas a una presión hidráulica interior negativa (depresión) de 0,09 N/mm².
- Resistir, sin entrada de agua, una presión hidrostática exterior de 0,2 N/mm², cuando esté previsto su uso a profundidades mayores de 5 metros bajo el agua.

A continuación, en la **Tabla II.5**, se muestran las desviaciones angulares admisibles para uniones flexibles (UNE EN 545:1995)

Tabla II.5. Valores mínimos de desviaciones angulares admisibles en uniones flexibles.

DN	Tipo de unión	
	Si acerrojar	Acerrojadas
DN < 300	3° 30'	1° 45'
350 < DN < 600	2° 30'	1° 15'
700 < DN < 2.000	1° 30'	45'

2.2.1.9. Utilización de los tipos de tuberías de fundición dúctil

Podrán utilizarse tuberías de fundición dúctil en conducciones de diámetro comprendido en el rango $80 \leq DN \leq 800$ mm, para presiones normalizadas (PN) de hasta 4,0 MPa y en aquellas en las que se prevean muchas derivaciones.

Se admitirán los diámetros nominales de la serie: 80, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600 y 800 mm. Se podrán utilizar también diámetros superiores previa justificación, por lo que esta serie no es exclusiva.

2.2.2. Polietileno

2.2.2.1. Generalidades

El polietileno PE pertenece a la categoría de los tubos termoplásticos. Los materiales termoplásticos están formados por cadenas moleculares lineales o ramificadas.

Los tubos de PE deben cumplir con lo especificado por la norma UNE EN 12201 "Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua. Polietileno (PE)"

Los tubos de PE admiten ser fabricados en diferentes colores en función de las aplicaciones a las que estén destinados. Para el abastecimiento los colores preferentes son el azul y el negro con bandas azules.

2.2.2.2. Definiciones

Diámetro nominal (DN). En los tubos de materiales termoplásticos de pared compacta, el DN se refiere al diámetro exterior (OD). En consecuencia, el diámetro interior (ID) se obtiene por diferencia del exterior (OD) menos dos veces el espesor (e) de la pared del tubo.

Relación de dimensiones estándar (SDR). Relación entre el diámetro nominal (DN) y el espesor nominal (e).

$$SDR = \frac{DN}{e}$$

Serie (S). Parámetro adimensional que permite clasificar los tubos. Se define como la relación del radio medio teórico (r_m) y el espesor nominal (e).

$$S = \frac{r_m}{e}$$

$$r_m = \frac{DN - e}{2}$$

Ambos ratios, SDR y S, se relacionan según la expresión siguiente:

$$S = \frac{SDR - 1}{2}$$

Rigidez circunferencial específica (S_c). Característica mecánica del tubo que representa su rigidez a flexión transversal por unidad de longitud del mismo a corto (S_0) ó a largo plazo (S_{50}). Se define mediante la expresión:

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

Donde:

SC: Rigidez circunferencial específica, en N/mm²

E: Módulo de elasticidad a flexión circunferencial, en N/mm²

I: Momento de inercia de la pared del tubo por unidad de longitud ($I = e^3/12$, en mm³)

e: Espesor nominal de la pared del tubo, en mm

El factor de rigidez transversal, en N x mm

Dm: Diámetro medio teórico del tubo ($D_m = DN - e$), en mm

Por la propia definición de S_c , ésta se relaciona con el parámetro S mediante la expresión:

$$S_c = \frac{E}{96 \cdot S^3}$$

Rigidez nominal (SN). Valor que coincide aproximadamente con la rigidez circunferencial específica a corto plazo (S_0), expresada en kN/m^2 .

Límite inferior de confianza (LCL). Cantidad, expresada en MPa, que puede considerarse como una propiedad de un material, y que representa el límite inferior de confianza al 97,5% de la resistencia hidrostática a largo plazo prevista para el agua a 20°C durante 50 años.

Tensión Mínima Requerida (MRS). Valor del límite inferior de confianza (LCL) aproximado por defecto al número más próximo de una serie de números normalizados (Serie R20 de los números de Renard), según lo indicado en la tabla:

Serie R20 de los números de Renard
1,00 - 1,12 - 1,25 - 1,40 - 1,60 - 1,80 - 2,00 - 2,24 - 2,50 - 2,80 - 3,15 - 3,55 - 4,00 - 4,50 - 5,00 - 5,60 - 6,30 7,10 - 8 - 9 - 10 - 11,2 - 12 - 14 - 16 - 18 - 20 - 22,4 - 25 - 28 - 32 - 35,5 - 40 - 44 - 50 - 56 - 63 - 71 - 80 - 90 - 100
<i>(En negrita los MRS autorizados, PE40, y PE100)</i>

Tensión de diseño (σ_s). Tensión a tracción admisible del material. Se determina dividiendo la Tensión Mínima Requerida (MRS) por un coeficiente de seguridad (C) denominado "coeficiente de diseño", el cual deberá ser seleccionado de entre alguno de los siguientes (serie R20 de los Números de Renard):

1,12 - 1,25 - 1,40 - 1,60 - 1,80 - 2,00 - 2,24 - 2,50 - 2,80

$$\sigma_s = \frac{MRS}{C}$$

Presión nominal (PN). Valor que coincide con la PFA en utilización continuada durante 50 años (largo plazo) a la temperatura de servicio de 20°C . Para otras temperaturas del agua la PN será la resultante de dividir por un el factor de corrección, F_c .

Aplicando la fórmula básica de la resistencia de materiales para tuberías que relaciona la presión interior (PN) con la resistencia del material a tracción (σ_s) y con el espesor y el diámetro del tubo (e y DN, respectivamente):

$$PN = \frac{2 \cdot e \cdot S}{DN}$$

Puede verse fácilmente que:

$$PN = \frac{\sigma_s}{S}$$

2.2.2.3. Marcado y trazabilidad de las tuberías

Todos los tubos deben ir marcados, de forma fácilmente legible y durable según las indicaciones de la norma de producto correspondiente. En general, se deben encontrar en el marcado del producto las siguientes identificaciones:

- Nombre del suministrador, fabricante o nombre comercial
- Fecha de fabricación (mes y año y número de lote)
- Indicación del tipo de material (p.e. PE 100)
- Diámetro nominal, DN, en mm
- Referencia a la norma correspondiente en cada aplicación
- SDR
- Logotipo de la Marca de calidad de producto N de AENOR con el nº de contrato relativo al centro de fabricación
- Presión nominal, PN, en bar (en aplicaciones bajo presión interior) o Rigidez nominal, SN, en kN/mm² (en aplicaciones sin presión interior)
- Espesor nominal, e, en mm (excepto en los tubos de PRFV)

2.2.2.4. Clasificación

Los parámetros de clasificación de los tubos de PE de pared compacta para el transporte de agua son diferentes, en función de que la conducción vaya o no a estar sometida a presión hidráulica interior.

En aplicaciones bajo presión hidráulica interior, los tubos de PE se clasifican por su MRS, DN y PN. Al estar directamente relacionada la PN con la serie S y con la relación SDR, podría utilizarse alguno de estos dos parámetros alternativamente a la PN, siendo, no obstante, lo más habitual clasificar a los tubos por el MRS, el DN y la PN o, en todo caso, por el MRS, el DN y el SDR.

Los valores normalizados de los anteriores parámetros son los que se especifican en el apartado 2.2.2.6.

2.2.2.5. Características técnicas

En la *Tabla II-6* se resumen las principales características técnicas de los tubos de PE.

Tabla II-6. Principales características técnicas del PE

Propiedad	Uds	PE40	PE100
Tensión Mínima Requerida, MRS	MPa	4	10
Densidad (aproximada)	gr/cm ³	0,91 a 0,93	> 0,95
Resistencia a tracción longitudinal	MPa	> 10	> 19
Alargamiento en la rotura	%	> 350	> 350
Resistencia flexión transv corto plazo	MPa	30	30
Resistencia flexión transv largo plazo	MPa	14,4	14,4
Módulo de elasticidad a corto plazo	MPa	400	1.000
Módulo de elasticidad a largo plazo	MPa	130	160
Coefficiente dilatación térmica lineal	mm/m °C	0,17	0,22
Contenido en negro de carbono	%	2,0 a 2,5	2,0 a 2,5
Conductividad térmica	kcal/m °C	0,35	0,37
Tª reblandecimiento VICAT (fuerza 50 N)	°C	116	124
Coefficiente de Poisson ¹ , ν		0,4	0,4
Constante dieléctrica		2,3	2,5
Rugosidad hidráulica	K (mm)	0,003	0,003
	N (Manning)	0,008	0,008
	C (H. Will.)	150	150
1. Constante elástica que proporciona una medida del estrechamiento de sección de un prisma de material elástico lineal cuando se estira longitudinalmente y se adelgaza en las direcciones perpendiculares al estiramiento.			

2.2.2.6. Dimensiones de los tubos

Las dimensiones normalizadas en UNE-EN 12201 de los tubos de PE para abastecimiento de agua potable son las que se indican en la *Tabla II-7*.

Tabla II-7

			S	2,5	3,2	4	5	6,3	8
			SDR	6	7,4	9	11	13,6	17
			PN C=1,25	25	10	8	6	5	4
					PE100	25	20	16	12,5
DN mm	Toleran. mm	Ovaliz. (mm)	Espesor nominal (mm)						
16	0,3	1,2		3,0	2,3	2,0			
20	0,3	1,2		3,4	3,0	2,3	2,0		
25	0,3	1,2		4,2	3,5	3,0	2,3	2,0	
32	0,3	1,3		5,4	4,4	3,6	3,0	2,4	2,0
40	0,4	1,4		6,7	5,5	4,5	3,7	3,0	2,4
50	0,4	1,4		8,3	6,9	5,6	4,6	3,7	3,0
63	0,4	1,5		10,5	8,6	7,1	5,8	4,7	3,8
75	0,5	1,6		12,5	10,3	8,4	6,8	5,6	4,5
90	0,6	1,8		15,0	12,3	10,1	8,2	6,7	5,4
110	0,7	2,2		18,3	15,1	12,3	10,0	8,1	6,6
125	0,8	2,5		20,8	17,1	14,0	11,4	9,2	7,4
140	0,9	2,8		23,3	19,2	15,7	12,7	10,3	8,3
160	1,0	3,2		26,6	21,9	17,9	14,6	11,8	9,5
180	1,1	3,6		29,9	24,6	20,1	16,4	13,3	10,7
200	1,2	4,0		33,2	27,4	22,4	18,2	14,7	11,9
225	1,4	4,5		37,4	30,8	25,2	20,5	16,6	13,4
250	1,5	5,0		41,5	34,2	27,9	22,7	18,4	14,8
280	1,7	9,8		46,5	38,3	31,3	25,4	20,6	16,6
315	1,9	11,1		52,3	43,1	35,2	28,6	23,2	18,7
355	2,2	12,5		59,0	48,5	39,7	32,3	26,1	21,1
400	2,4	14,0			54,7	44,7	36,4	29,4	23,7
450	2,7	15,6			61,5	50,0	40,9	33,1	26,7
500	3,0	17,5				55,8	45,4	36,8	29,7
560	3,4	19,6					50,9	41,2	33,2
630	3,8	22,1					57,2	46,3	37,4
710	6,4							52,2	42,1
800	7,2							58,8	47,4
900	8,1								53,3
1.000	9,0								59,3

Los diámetros autorizados por el *Servicio Municipal de Aguas* son los que aparecen en la columna "DN mm" en negrita, debiendo cumplir que todos los tubos sean de PN \geq 10 bar.

2.2.2.7. Accesorios

Para conducciones de PE de pared compacta hay una amplia gama de accesorios normalizados, como enlaces, codos de acople mecánico, y manguitos, codos, reducciones, collarines, TE's, etc. de unión electrosoldada.

2.2.2.8. Sistemas de unión

Las tuberías de PE admiten una gran variedad de sistemas de unión, siendo los más frecuentes los siguientes:

- Soldadura por electrofusión
- Soldadura a tope
- Unión mediante accesorios mecánicos
- Unión mediante bridas

De los anteriores sistemas de unión habituales, es la soldadura térmica (por electrofusión o a tope) el que más se emplea en la actualidad, gracias al cual se consigue que el material fundido de las zonas a unir se entremezcle entrelazándose sus macromoléculas. Es un sistema de unión que garantiza uniones estancas, fiables y resistentes a la tracción.

En la *Tabla II-8* se sintetiza el campo aconsejable de utilización de cada sistema.

Tabla II-8

Sistema de unión	DN (mm)
Accesorios mecánicos	De 20 a 63
Electrofusión ¹	> 63 mm
Soldadura a tope ¹	> 90 mm
1. Los tubos a unir deben ser de PE100	

2.2.2.9. Utilización de los tipos de tuberías de PE

Las tuberías que se utilicen en la red estarán fabricadas con polietileno del tipo PE 100 mientras que en las acometidas domiciliarias el polietileno a utilizar dependerá del diámetro de las mismas (PE 40 para $DN \leq 63$ mm y PE 100 para $DN \geq 75$ mm). En ambos casos la PN (PFA) requerida es de 1 Mpa \approx 10 bar.

2.2.3. Policloruro de vinilo orientado molecularmente PVC-O**2.2.3.1. Generalidades**

La normativa de aplicación básica para estos tubos en las anteriores aplicaciones es la norma UNE ISO 16422 "Tubos y uniones de poli (cloruro de vinilo) orientado (PVC-O) para conducciones de agua a presión. Especificaciones".

Los tubos de PVC-O de pared compacta admiten ser fabricados en diferentes colores en función de las aplicaciones anteriores a las que estén destinados. Los tubos para abastecimiento son de color azul.

Éstos tienen la condición de termoplásticos. La tecnología de fabricación de estos tubos está basada en una reorientación en sentido circunferencial de las moléculas de las tuberías convencionales de PVC-U, de forma que se crea una estructura laminar que contribuye a su elasticidad de manera determinante confiriéndole una gran resistencia al impacto aun en condiciones climáticas extremas.

2.2.3.2. Definiciones

En los tubos de PVC-O son de aplicación las definiciones específicas incluidas en el apartado 2.2.2.2 (DN, serie S, SDR, SN, PN, LCL, MRS, C y σ_s).

Para los tubos de PVC-O se cumple que la PN es igual que la PFA, pero hay que tener en cuenta que si la temperatura del agua transportada es superior a 20°C, habría que aplicar un factor de corrección a la PN del tubo (un 2% por cada °C que exceda de 20).

2.2.3.3. Clasificación

Los tubos de PVC-O de pared compacta se clasifican por su coeficiente de seguridad C, y por su MRS, DN y PN. Los valores normalizados en UNE ISO 16422 para estos cuatro parámetros son los que se indican en el apartado 2.2.3.5.

2.2.3.4. Características técnicas

En la *Tabla II-9* se resumen las principales características técnicas de los tubos de PVC-O de pared compacta.

Tabla II-9

Propiedad	Uds	PVC-O MRS 500
Tensión Mínima Requerida, MRS	Mpa	50,0
Densidad (aproximada)	gr/cm ³	1,42
Límite elástico mínimo	N/mm ²	48
Módulo elasticidad tangencial	N/mm ²	3500
Módulo de elasticidad axial	N/mm ²	3000
Calor específico	Cal/gr °C	0,25
Resistividad transversal a 20 °C	Ohm/cm	10 ¹⁴
Coefic. dilatación térmica lineal	mm/m °C	0,05
Conductividad térmica	kcal/m °C	0,13
Rugosidad hidráulica	K (mm)	0,003
	n (Manning)	0,008
	C (H. Will.)	150

2.2.3.5. Dimensiones

Las dimensiones normalizadas en UNE-ISO 16.422 de los tubos de PVC-O MRS 500 con coeficiente de seguridad de 1,4, para transporte de agua son las que se indican en la Tabla II-10.

Tabla II-10

MRS 500					
PN (para C = 1,4)		12,5	16	20	25
S		28	22,4	18	14
SDR		57	45,8	37	29
DN	90	1,6	2,0	2,5	3,1
	110	2,0	2,5	3,1	3,8
	160	2,8	3,5	4,4	5,5
	200	3,5	4,4	5,5	6,9
	250	4,4	5,5	6,9	8,6
	315	5,5	6,9	8,7	10,8
	400	7,0	8,8	11,0	13,7
	450	7,9	9,9	12,4	15,4
	500	8,8	11,0	13,7	17,1
630	11,0	13,8	17,3	21,6	

2.2.3.6. Accesorios

No hay accesorios disponibles en PVC-O, de manera que las piezas especiales necesarias en este tipo de conducciones (codos, tes derivaciones, etc.) suelen ser de fundición dúctil conforme a las especificaciones de la norma UNE EN 12.842.

2.2.3.7. Sistemas de unión

Las tuberías de PVC-O de pared compacta se unen habitualmente mediante uniones elásticas con anillo elastomérico.

2.2.3.8. Utilización de la tubería de PVC-O

Salvo para las acometidas, se podrán instalar tuberías de PVC-O - MRS 500 – PN \geq 12,5 bar, en diámetros de hasta DN 630 mm.

2.2.4. Acero

Las tuberías de acero se suelen emplear tanto en instalaciones como depósitos, impulsiones, estaciones de tratamiento de agua, etc.; como para conducciones de grandes diámetros y altas presiones.

Lo más habitual en el caso de los tubos de acero para el transporte de agua a presión es que estos sean soldados helicoidalmente, bien por inducción o por arco sumergido, según se especifica en la UNE-EN 10025:1994.

En zonas urbanas, urbanizables y en aquellas que así lo aconsejen por su posible afección a otras infraestructuras, las tuberías de acero deberán ir alojadas en un dado de hormigón. En este caso, el lado del dado será igual o superior al diámetro exterior del tubo más 50 cm. El dado de hormigón deberá calcularse para las cargas de tráfico y de tierras, disponiendo de doble parrilla de acero por los cuatro lados.

2.2.4.1. Diámetros nominales

En los tubos de acero el diámetro nominal (DN) se refiere al diámetro exterior (OD).

Para un mismo diámetro nominal (DN) los tubos admiten ser fabricados en distintas gamas de espesores, de modo que para una misma capacidad hidráulica, la resistencia mecánica del tubo sea variable. Dichas variaciones de espesor se obtienen por aumento o disminución del diámetro interior (ID), manteniendo constante el valor del diámetro exterior (OD=DN).

2.2.4.2. Presión nominal

El concepto de presión nominal en los tubos de acero solo se emplea en el caso de que se unan con bridas, en cuyo caso, el valor de PN corresponde a la máxima DP que el tubo puede resistir.

En estos tubos, el componente "tubo" como tal sería capaz de soportar presiones muy superiores al valor de la propia PN, siendo el elemento de unión (las bridas) el que determina la máxima presión a la que puede utilizarse.

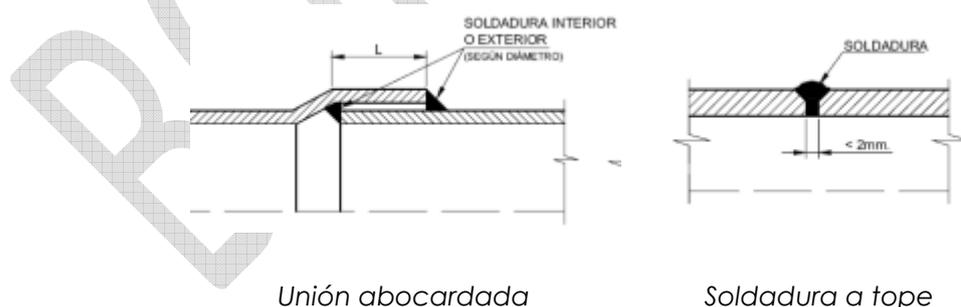
2.2.4.3. Clasificación

Los tubos de acero se clasifican por su diámetro nominal (DN), su espesor nominal (e) y por el tipo de acero empleado en su fabricación.

2.2.4.4. Uniones

Los tubos de acero pueden estar provistos con diferentes tipos de uniones, siendo las más habituales las siguientes:

- a) **Uniones rígidas.** Uniones soldadas. La preparación y soldeo de las uniones debe realizarse según lo indicado en las normas UNE-EN 288:1993, por soldadores cualificados de acuerdo con lo indicado en la norma UNE-EN 287:1992. Según como sea la soldadura, estas juntas pueden, a su vez, ser de los siguientes tipos, unión abocardada y soldadura a tope.



En tuberías de gran diámetro, son muy utilizadas tanto la unión soldada a tope como la abocardada ya que esta última facilita mucho la correcta alineación de los tubos. Para estos diámetros lo más frecuente es soldar por el interior.

- b) **Uniones con bridas.** La junta con bridas se emplea de forma más habitual en tuberías de diámetros pequeños, en diversas instalaciones: depósitos, estaciones de bombeo, estaciones de tratamiento de agua, etc.
- c) **Uniones flexibles.** Uniones con enchufe y anillo elastomérico.

Pueden, no obstante, emplearse otros tipos de uniones, tales como juntas con manguito o juntas de expansión y contracción.

2.2.4.5. Utilización de la tubería de acero

El acero empleado en su fabricación debe de ser del tipo no aleado y completamente calmado, según se indica en la norma UNE-EN 10020:2001.

Se fabrican, por laminación y se sueldan a partir de planchas o chapas de acero dulce a las que se da forma mediante máquinas uniéndose longitudinalmente con soldaduras eléctricas o bien a partir de flejes en forma de banda continua que se enrollan helicoidalmente.

La tubería de acero deberá tener una calidad mínima S-275 JR, según la norma UNE-EN 10025:1994.

No obstante las dimensiones normalizadas en los tubos de acero (básicamente diámetros y espesores) son variables según la norma de producto que se esté utilizando: UNE-EN 10224:2003, DIN 1626:1984 o API 5L: 2000.

Los tubos de acero han de estar revestidos interiormente mediante protecciones anti-corrosión con una capa de 400 micras de pintura epoxi que cumpla la normativa vigente sobre productos en contacto con agua para el consumo humano.

Cuando los tubos no vayan alojados en dado de hormigón, se protegerán exteriormente con una capa mínima de 400 micras de pintura epoxi o una capa de 3 mm de polietileno extruido en caliente y con una preparación de la superficie a grado SA 2½ según la norma sueca SS 055900-1.

2.3. ELEMENTOS DE MANIOBRA, REGULACIÓN Y CONTROL

Son los elementos intercalados en las tuberías, empleados para regular el flujo de agua con el fin de optimizar su explotación.

Los elementos de maniobra de una red de abastecimiento se pueden dividir en los siguientes tipos:

- Válvulas de seccionamiento: compuerta, mariposa, bola, etc.
- Válvulas de aeración: purgadores y ventosas de flotador
- Válvulas de regulación y seguridad

2.3.1. Válvulas de seccionamiento

Son destinados a cerrar el paso del agua en una tubería mediante un obturador. Su funcionamiento será, para todos los tipos, de apertura y cierre totales, correspondiendo las posiciones intermedias a situaciones provisionales o excepcionales.

Las más utilizadas son: la válvula de compuerta y la válvula de mariposa. Los dos tipos de válvulas dispondrán de cierre elástico.

2.3.1.1. Válvula de compuerta

Son elementos destinados a cerrar el paso del agua mediante un obturador deslizante, alojado dentro de un cuerpo o carcasa, cuyo desplazamiento vertical se lleva a cabo mediante el giro de un eje sobre el cual se aplica el dispositivo de accionamiento.

Su función primordial es la de cierre y apertura, es decir, permitir o impedir, a voluntad, el paso del fluido en una conducción. Por ello, su posición básica de funcionamiento será abierta o cerrada, adquiriendo un carácter de provisionalidad las posiciones intermedias.

Para la red de abastecimiento se utilizan válvulas de diámetros nominales comprendidos entre 50 y 200 mm inclusive. Para diámetros mayores se instalarán válvulas de mariposa.

Las presiones normalizadas, en atmósferas, serán PN 10, 16, 25 y excepcionalmente 40, conforme a la norma UNE-EN 1333:1996. No obstante, en la red de distribución y en acometidas se utilizará, con carácter general, salvo especificación en contrario, las válvulas para PN 16.

2.3.1.2. Válvula de mariposa

La válvula de mariposa se utiliza en el seccionamiento de fluidos a presión, mediante un obturador en forma de disco o lenteja que gira diametralmente sobre un eje o muñones solidarios con el obturador.

Habitualmente, su funcionamiento será de apertura o cierre totales. Excepcionalmente, y en particular en operaciones de desagüe, podrán utilizarse para regulación, en este caso habrá que tener en cuenta las condiciones hidráulicas del flujo para evitar el fenómeno de la

cavitación que se produciría si la presión absoluta aguas abajo fuera inferior a la presión atmosférica.

Las válvulas de mariposa se utilizarán en diámetros nominales iguales o superiores a 200 mm, y en aquellos inferiores para los que el gálibo disponible no permita la instalación de una válvula de compuerta, así como en desagües de arterias e instalaciones especiales.

En cuanto a la forma de conexión, éstas podrán ser de bridas o del tipo wafer, debiendo incorporar las del tipo Wafer orificios u "orejetas" de centrado que permitan un correcto alineamiento entre bridas.

Con objeto de poder desinstalar la válvula para posibles reparaciones o renovaciones, será obligatorio el montaje de un carrete de desmontaje junto a la válvula de mariposa.

El sistema de accionamiento podrá ser manual o eléctrico, disponiendo de un reductor de engranajes. Si el accionamiento fuese manual éste deberá ser de volante, no pudiendo ser en ningún caso de tipo manivela o palanca.

2.3.2. Válvulas de aeración, ventosas

La seguridad de la explotación de las conducciones exige que las operaciones relativas a la expulsión y entrada de aire estén aseguradas y tratadas automáticamente.

Los elementos de las válvulas de aeración han de responder a las principales funciones siguientes:

- a) **Evacuación** de aire en el llenado o puesta en servicio de la conducción.
- b) **Admisión** de aire, para evitar la depresión o vacío, en las operaciones de descarga o rotura de la conducción.
- c) **Expulsión continua** de las bolsas o burbujas de aire que se forman en la conducción, procedentes de la desgasificación del agua (purgado).

Según las funciones enumeradas podemos distinguir los diferentes tipos de válvulas de aeración:

- a) **Purgadores.** Son los que tienen como misión fundamental la eliminación de bolsas o burbujas de aire durante la explotación de la conducción.
 - b) **Ventosas bifuncionales.** Son las que realizan, de forma automática, las funciones de evacuación y admisión de aire.
-

- c) **Ventosas trifuncionales.** Son las pueden realizar, de forma automática, las tres funciones definidas anteriormente.
- d) **Válvulas de aducción de aire.** Si por las características de la instalación se requiere un volumen de aducción de aire superior al que permite la ventosa, será necesaria la utilización adicional de válvulas con la sola función de aducción de aire para evitar que se produzca el vacío.

2.3.3. Válvulas de regulación y seguridad

En la regulación se pretende mantener la instalación en unas condiciones de presión, capacidad o caudal predeterminadas. Y en la seguridad la actuación debe responder a situaciones producidas de forma brusca, y a veces no deseadas, que pueden ocasionar sobrevelocidades, inversiones del flujo o sobrepresiones.

2.3.3.1. Válvulas de regulación

Se incluyen en este grupo a las válvulas que tienen como función principal la de modular las condiciones piezométricas, de caudal o de nivel de una instalación en servicio, modificando las que pudieran producirse de forma irregular, admitiéndola dentro de unos valores predeterminados.

Según sea la función de regulación se pueden distinguir las siguientes válvulas:

2.3.3.1.1. Válvulas reguladoras de presión

Son elementos hidromecánicos capaces de provocar, de forma automática e independiente del caudal circulante, una pérdida de carga tal que la presión aguas abajo no supere un valor máximo prefijado. Se pueden distinguir válvulas reductoras de presión y válvulas mantenedoras de presión.

- a) **Válvulas reductoras de presión.** Su función principal es reducir y estabilizar la presión de una red aguas abajo de la válvula a partir de una condición aguas arriba, en un valor absoluto constante e independiente de las variaciones de presión aguas arriba y del caudal solicitado.
- b) **Válvulas mantenedoras de presión.** Son las que mantienen una presión aguas arriba constante e independiente de la presión y caudal aguas abajo, cerrando

completamente cuando esta presión caiga por debajo del valor preestablecido, pudiendo modularse su funcionamiento en varias posiciones de apertura.

En general, no se admitirán reducciones de presión mayores del 50%, por lo que, de resultar éstas necesarias, se habrán de instalar dos válvulas reductoras en serie.

Deberá posibilitarse la instalación de manómetros aguas arriba y abajo de la válvula reductora de presión y en caso de colocarse dos válvulas en serie habrá de preverse la instalación de un tercer manómetro entre las mismas.

Antes y después de las válvulas reductoras de presión se instalarán válvulas de seccionamiento de mariposa o compuerta, según diámetro, con sus respectivos carretes de desmontaje.

Por motivos económicos y funcionales, estos dispositivos se instalarán en tramos de menor diámetro que la conducción principal, debiéndose incorporar un bypass de explotación. Estos elementos están representados en las correspondientes fichas - planos del Anexo II.

2.3.3.1.2. Válvulas reguladoras de caudal

Tienen como función principal limitar y estabilizar un caudal, independientemente de la variación de presión entre aguas arriba y aguas abajo, existiendo una dependencia entre el caudal que pasa por un orificio y la pérdida de carga que se produce. La regulación se realiza a través de un diafragma por el que un aumento de la pérdida de carga tiende a cerrar la válvula y, por el contrario, una disminución tiende a abrirla.

2.3.3.1.3. Válvula reguladoras de nivel

Se incluyen en este grupo las válvulas que tienen como función principal el actuar cuando el agua alcanza unos niveles determinados en tanques y depósitos.

2.3.3.2. Válvulas de seguridad

Se puede considerar que la función esencial de la válvula de seguridad es la de evitar o reducir las consecuencias de una rotura de tubería, o de la inversión de la dirección del flujo del agua.

El cierre o apertura de la válvula debe realizarse de forma rápida, evitando al mismo tiempo provocar nuevas perturbaciones debidas al fenómeno del golpe de ariete que puedan dar origen a otras roturas. Válvulas de seguridad serían:

- a) **Válvulas de apertura-cierre automático.** Actúan automáticamente mediante apertura o cierre total al sobrepasarse unos valores consigna preestablecidos. Como por ejemplo, aumento de velocidad (sobrevelocidad), aumento de presión (alivio), disminución de presión (cierre por depresión) y aumento de nivel de depósitos (flotador acción directa).
- b) **Válvulas de retención.** Están formados por un obturador unidireccional que deja pasar el agua en el sentido deseado, evitando la inversión del flujo en el sentido opuesto, cerrando automáticamente.
- c) **Válvulas optimizadoras de bombeos.** Están diseñadas principalmente para proteger las instalaciones de bombeo contra sobrepresiones excesivas. Su apertura se realiza generalmente según una velocidad de maniobra programada y comienza tras el arranque de la bomba, cuando la presión ha alcanzado un valor prefijado. Y Su cierre se produce, con la bomba aún en marcha, de manera lenta y programada durante la parada de la instalación. Cuando la válvula se ha cerrado entre un 90 y un 95 %, un interruptor detiene la bomba eliminándose las hidropulsaciones que podrían provocar golpes de ariete.

2.3.4. Desagües

Son componentes de la red que permiten el vaciado de la misma, consistiendo básicamente en derivaciones situadas en la generatriz inferior de la tubería a desaguar, controladas mediante una válvula de seccionamiento de compuerta o mariposa, según su diámetro, y un tramo de tubería hasta llegar a un punto de vertido apropiado.

Con carácter general, todo sector de la red que pueda quedar aislado mediante válvulas de seccionamiento deberá disponer de uno o más desagües instalados en los puntos de inferior cota.

A título orientativo, los DN de los desagües, en función del tamaño de la tubería, pueden ser los indicados en la *Tabla II-11*.

Tabla II-11

DN de la tubería, mm	DN del desagüe, mm
DN < 200	80
250 < DN < 350	100
400 < DN < 600	150
700 < DN < 1.000	200
1.200 < DN < 1.600	300
DN > 1.600	400

El diseño de los desagües deberá corresponder con el modelo normalizado por el *Servicio Municipal de Aguas*, representado en las correspondientes fichas - planos del Anexo II.

2.3.5. Sistema de telecontrol

Los respectivos proyectos de las futuras actuaciones deberán especificar las instalaciones de telemando y telecontrol a disponer en cada caso particular, y éstas deben ser compatibles con el sistema de telecontrol existente en el *Servicio Municipal de Aguas*.

2.4. ACCESORIOS DE LA RED

Debido al elevado número de accesorios existente en el mercado y de la distinta calidad de estos, todas las marcas y modelos de accesorios que se instalen deberán estar autorizados por el *Servicio Municipal de Aguas*, conforme al apartado 1.3.5.

2.4.1. Dispositivos de toma

Son los elementos utilizados para enlazar las acometidas con las tuberías de la red, aportando el necesario refuerzo estructural de la conducción.

Las características de los dispositivos de toma a utilizar dependerán del material con el que estén fabricadas las tuberías de la red de distribución sobre la que se instalan, variando también según el diámetro interior DN/ID de la acometida:

- a) **Para acometidas de DN < 90 mm**, los dispositivos de toma serán los siguientes:
- Si la red secundaria es PE o PVC-O, los dispositivos de toma serán collarines de toma formados por un doble cuerpo de fundición dúctil de DN igual al OD de la red secundaria.

- Si la red secundaria es de fibrocemento o fundición dúctil, se utilizará collarines compuestos por cabezal de fundición dúctil con bandas de acero inoxidable. Para este último caso, si la red secundaria es metálica, se utilizará un collarín que impida el contacto directo entre el cabezal y la propia tubería, con objeto de eliminar el riesgo de que se produzca un par galvánico entre estos dos metales.

- b) **Para acometidas de $DN \geq 90$ mm**, independientemente del material de la red secundaria, se utilizarán una "TE" con derivación embridada cuyas características serán idénticas a las requeridas para las piezas especiales instaladas en la red secundaria.

Cuando la conexión a la red se produzca estando ésta en servicio, los collarines a utilizar serán de los denominados de toma en carga.

Todos los dispositivos de toma incorporarán sistema de máxima reducción o eliminación del par galvánico.

2.5. ESTACIONES DE BOMBEO

Las estaciones de bombeo es un conjunto de estructura civil, equipos, tuberías y accesorios, que toma agua de una fuente de abastecimiento y la impulsa a un depósito, arqueta de rotura de carga o directamente a la red de distribución.

Son instalaciones de un sistema de distribución que representan un elevado coste de construcción, operación y mantenimiento. Por ello, su construcción debe ser evitada siempre y cuando exista una solución alternativa viable y más económica.

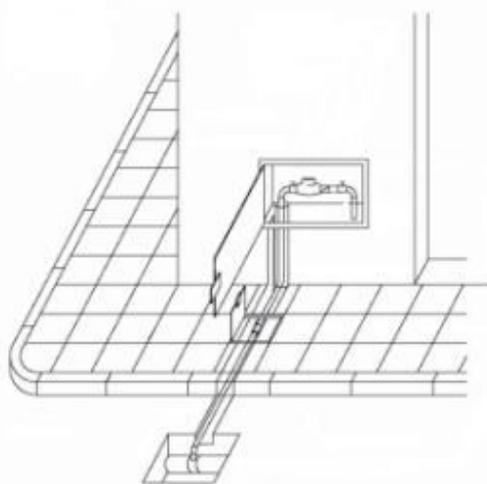
En el apartado 4.9 se indican aspectos básicos para la elección del tipo de estación y su diseño.

Capítulo III. ACOMETIDAS

3.1. GENERALIDADES

Se define la acometida como el conjunto de elementos interconectados que suministra agua de la red de distribución a la instalación interior de un cliente.

Las características de las acometidas serán fijadas por el *Servicio Municipal de Aguas* en base al uso del inmueble, los consumos previsibles y las condiciones de presión, debiendo ser conformes a lo establecido en el Código Técnico de la Edificación (C.T.E.), el Reglamento del Suministro Domiciliario de Agua (Decreto 120/1991 de la Junta de Andalucía), disposiciones recogidas en el RD 140/2003 en el que se establecen, además de los criterios sanitarios de la calidad del agua, los requisitos referidos a los productos de construcción en contacto con el agua de consumo humano, así como la normativa que afecte a los contadores de agua fría, Orden Ministerial del 28-12-1988 y Directiva 75/33/CEE; y en las Ordenanzas Municipales vigentes.



3.2. COMPONENTES DE LAS ACOMETIDAS

Las acometidas constan de los siguientes elementos:

3.2.1. Dispositivo de toma

El dispositivo de toma se instala en la tubería de la red de distribución y del que se deriva, el ramal de acometida.

Las características de los dispositivos de toma deberán responder a los requerimientos correspondientes establecidos en el apartado 2.4.1 de estas Normas Técnicas.

La perforación de la tubería se realizará empleando taladradoras y brocas adecuadas al material de la misma y el diámetro de la broca será igual, como mínimo, al diámetro interior (ID) de la acometida.

3.2.2. Ramal de acometida

Es el tramo de tubería que une el dispositivo de toma con la llave de registro. Esta tubería deberá ser de polietileno y el tipo a utilizar dependerá del diámetro de las acometidas (PE 40 para $DN \leq 63$ mm y PE 100 para $DN \geq 75$ mm). En ambos casos la PN (PFA) requerida es de 1 Mpa \approx 10 bar. Siendo el diámetro mínimo permitido DN 25 mm.

Tabla III-1. Tipo de tubería a utilizar en función del DN

Tipo de tubería	DN/OD (mm)	Espesor (mm)	Ø interior ID (mm)
Polietileno PE 40 PN 10	25	3,5	18,0
	32	4,4	23,2
	40	5,5	29,0
	50	6,9	36,2
	63	8,6	45,8
Polietileno PE100 PN 10	75	4,5	66,0
	90	5,4	79,2
	110	6,6	96,8
	160	9,5	141,0

Para DN de acometidas mayores de 160 mm se deberá usar la fundición dúctil.

Se deberá procurar que el trazado de la acometida resulte paralelo a la rasante del pavimento y a una profundidad suficiente para permitir que la separación entre el cabezal del eje de accionamiento de la llave de registro y la tapa del trampillón de alojamiento sea de 150 mm, según se representa en las correspondientes fichas - planos del Anexo II.

El ramal de acometida deberá estar protegido con una canalización plástica de pared estructurada (corrugada) de DN mayor o igual que 1,5 veces el DN de la acometida, desde la arqueta de registro hasta el alojamiento o armario del contador en fachada.

3.2.2.1. Tubo de alimentación

En caso de existencia de tubo de alimentación en edificios con baterías de contadores divisionarios, éste se instalará siempre por el zaguán de la edificación, o bien, colgado y visto en el sótano o garaje, de forma que quede siempre ubicado en zona común del edificio.

El tubo de alimentación hasta la batería llevará una llave de paso situada en la unión con la acometida en el interior del inmueble. Quedará a la vista y, tal y como hemos resaltado, por zona común en todo su recorrido.

De haber inconvenientes constructivos graves y tener que quedar enterrado u oculto, será preferentemente de PE 100 PN 16 y deberá ir alojado dentro de una canalización plástica de protección de pared corrugada con registro en sus extremos.

3.2.2.2. Capacidad de transporte mínima de la red

El punto 5 del artículo 23 del Reglamento del Suministro Domiciliario de Agua de Andalucía (RSDA), establece "que la conducción que tiene que abastecer al inmueble se encuentre en perfecto estado de servicio, y su capacidad de transporte sea, como mínimo, el cuádruplo de la que en igualdad de régimen hidráulico corresponda a la acometida a derivar".

La capacidad de transporte de una conducción es el caudal que es capaz de transportar en un determinado régimen hidráulico. Si fijamos la pérdida de carga o de energía, la longitud y diámetro interior de la tubería, y su rugosidad, obtenemos el caudal que circula por ella.

La *Tabla III-1a* nos indica el diámetro mínimo de la red para cumplir que su capacidad de transporte sea mayor o igual a cuatro veces la capacidad de transporte de la acometida, es decir, el diámetro mínimo de la red en función del diámetro de acometida que cumple con lo especificado en el artículo 23 del RSDA, para redes de polietileno, PVC-O, fundición dúctil y fibrocemento.

Tabla III-1a. Diámetro mín. red con capacidad transporte 4 veces mayor que acometida

Acometida	Red de PE 100 DN/OD	Red de PVC-O DN/OD	Red de FD DN/ID	Red de FC DN/ID
DN 25 mm - PE40 - PN 10	≥ 63 mm	≥ 75 mm	≥ 50 mm	≥ 50 mm
DN 32 mm - PE40 - PN 10	≥ 63 mm	≥ 75 mm	≥ 50 mm	≥ 50 mm
DN 40 mm - PE40 - PN 10	≥ 75 mm	≥ 75 mm	≥ 60 mm	≥ 60 mm
DN 50 mm - PE40 - PN 10	≥ 75 mm	≥ 75 mm	≥ 80 mm	≥ 80 mm
DN 63 mm - PE40 - PN 10	≥ 110 mm	≥ 90 mm	≥ 100 mm	≥ 100 mm
DN 75 mm - PE100 - PN 10	≥ 160 mm	≥ 160 mm	≥ 150 mm	≥ 125 mm
DN 90 mm - PE100 - PN 10	≥ 200 mm	≥ 160 mm	≥ 200 mm	≥ 150 mm
DN 110 mm - PE100 - PN 10	≥ 200 mm	≥ 200 mm	≥ 200 mm	≥ 200 mm

3.2.3. Válvula o llave de registro

Es el elemento diferenciador entre el *Servicio Municipal de Aguas* y el cliente en lo que respecta a la conservación y delimitación de responsabilidades. También permite el aislamiento entre el ramal de acometida y la instalación interior del cliente.

Para ramales de acometidas en polietileno, la llave de registro a instalar será una válvula de bola accionada con cuadradillo, de latón o bronce, equipada con sistema antifraude autorizado por el *Servicio Municipal de Aguas*, y dispondrá de mecanismo de conexión a tubería de polietileno y rosca hembra para conexión con el tubo de conexión del cliente. Su diámetro nominal será el diámetro nominal del ramal.

Se situará en la vía pública, al final del ramal de acometida y a la menor distancia posible de la fachada del inmueble a abastecer, pero dejando una distancia que permita la conexión de la válvula de registro con el tubo de conexión del cliente.

Quedará alojada en una arqueta de registro construida de obra civil o compuesta por tubería de PVC de 160 mm y tapa de arqueta de fundición dúctil de 25x25. Las características de la arqueta se representan en las correspondientes fichas - planos del Anexo II.

3.3. DIMENSIONAMIENTO DE LAS ACOMETIDAS

Según se recoge en el Artículo 26 del Reglamento del Suministro Domiciliario de Agua, las características de las acometidas, tanto en lo que respecta a sus dimensiones, componentes, tipo y calidad de sus materiales, como a su forma de ejecución y punto de conexión, serán determinadas por la Entidad Suministradora, de acuerdo con lo establecido en la normativa vigente, en base al uso del inmueble a abastecer, consumos previsibles y condiciones de presión. (El Código Técnico de la Edificación -C.T.E.- derogó, entre otra normativa, la Orden de 9 de diciembre de 1975, por la que se aprobó las "*normas básicas para las instalaciones interiores de suministro de agua*").

Las acometidas en nuevas redes de actuaciones urbanísticas únicamente se instalarán en aquellas parcelas que dispongan de proyecto de edificación.

3.3.1. Dimensionamiento

Como dispone el C.T.E., el dimensionamiento de los tramos de una red se hará de acuerdo al procedimiento siguiente:

- a) El caudal máximo será igual a la suma de los caudales de los puntos de consumo, de acuerdo con la *Tabla III-2*.
- b) Establecimiento de los coeficientes de simultaneidad de cada tramo de acuerdo con un criterio adecuado.
- c) Determinación del caudal de cálculo en cada tramo como producto del caudal máximo por el coeficiente de simultaneidad correspondiente.
- d) Elección de una velocidad de cálculo comprendida dentro de los intervalos siguientes:
 - tuberías metálicas: entre 0,50 y 2,00 m/s
 - tuberías termoplásticas y multicapas: entre 0,50 y 3,50 m/s
- e) Obtención del diámetro correspondiente a cada tramo en función del caudal y de la velocidad.

Para establecer los coeficiente de simultaneidad, usamos la Norma Española UNE 149201:2008 "Dimensionamiento de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios" la cual indica que el caudal de cálculo Q_c o caudal simultáneo es el caudal utilizado para dimensionar los distintos tramos de una instalación de agua.

Usaremos el caudal de cálculo Q_c para el dimensionamiento de la acometida, para ello se utilizará la expresión empírica propuesta por la Norma Española UNE 149201:2008:

$$Q_c = a \cdot (Q_t)^b + c$$

Donde:

- Q_t : Es el caudal total instalado, que se obtiene como la suma de los caudales instantáneos mínimos de los aparatos instalados en la edificación a abastecer, según la *Tabla III-2*. (Extraída del Código Técnico de la Edificación).
- a , b y c : Son coeficientes que representan la simultaneidad y que dependen del tipo edificación a abastecer, del caudal instantáneo mínimo de los aparatos y del caudal total instalado. Estos valores se obtienen de la *Tabla III-3*.

También podemos obtener directamente la expresión Q_c con los coeficientes a , b y c ya previamente calculados en la *Tabla III-4*.

Tabla III-2. Caudal instantáneo mínimo por aparato

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría (l/s)
Lavamanos	0,05
Lavabo	0,10
Ducha	0,20
Bañera $\geq 1,40$ m	0,30
Bañera $< 1,40$ m	0,20
Bidé	0,10
Inodoro con cisterna	0,10
Inodoro con fluxor	1,25
Urinario con grifo temporizado	0,15
Urinario con cisterna	0,04
Fregadero doméstico	0,20
Fregadero no doméstico	0,30
Lavavajillas doméstico	0,15
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25
Lavadero	0,20
Lavadora doméstica	0,20
Lavadora industrial (8 kg)	0,60
Grifo aislado	0,15
Grifo garaje	0,20
Vertedero	0,20

Tabla III-3. Coeficientes a, b y c

			Coeficientes		
			a	b	c
Edificio de viviendas					
$Q_t > 20 \text{ l/s}$			1,7	0,21	-0,7
$Q_t \leq 20 \text{ l/s}$	Si todo $Q_{min} < 0,5 \text{ l/s}$		0,682	0,45	-0,14
	Si algún $Q_{min} \geq 0,5 \text{ l/s}$	$Q_t \leq 1 \text{ l/s}$	1	1	0
		$Q_t > 1 \text{ l/s}$	1,7	0,21	-0,7
Edificio de oficinas, estaciones, aeropuertos					
$Q_t > 20 \text{ l/s}$			0,4	0,54	0,48
$Q_t \leq 20 \text{ l/s}$	Si todo $Q_{min} < 0,5 \text{ l/s}$		0,682	0,45	-0,14
	Si algún $Q_{min} \geq 0,5 \text{ l/s}$	$Q_t \leq 1 \text{ l/s}$	1	1	0
		$Q_t > 1 \text{ l/s}$	1,7	0,21	-0,7
Edificio de hoteles, discotecas, museos					
$Q_t > 20 \text{ l/s}$			1,08	0,5	-1,83
$Q_t \leq 20 \text{ l/s}$	Si todo $Q_{min} < 0,5 \text{ l/s}$		0,698	0,5	-0,12
	Si algún $Q_{min} \geq 0,5 \text{ l/s}$	$Q_t \leq 1 \text{ l/s}$	1	1	0
		$Q_t > 1 \text{ l/s}$	1	0,366	0
Edificios centros comerciales					
$Q_t > 20 \text{ l/s}$			4,3	0,27	-6,65
$Q_t \leq 20 \text{ l/s}$	Si todo $Q_{min} < 0,5 \text{ l/s}$		0,698	0,5	-0,12
	Si algún $Q_{min} \geq 0,5 \text{ l/s}$	$Q_t \leq 1 \text{ l/s}$	1	1	0
		$Q_t > 1 \text{ l/s}$	1	0,366	0
Edificios hospitales					
$Q_t > 20 \text{ l/s}$			0,25	0,65	1,25
$Q_t \leq 20 \text{ l/s}$	Si todo $Q_{min} < 0,5 \text{ l/s}$		0,698	0,5	-0,12
	Si algún $Q_{min} \geq 0,5 \text{ l/s}$	$Q_t \leq 1 \text{ l/s}$	1	1	0
		$Q_t > 1 \text{ l/s}$	1	0,366	0
Edificios escuelas, polideportivos					
$Q_t > 20 \text{ l/s}$			-22,5	-0,5	11,5
$Q_t \leq 20 \text{ l/s}$	$Q_t \leq 1 \text{ l/s}$		1	1	0
	$Q_t > 1 \text{ l/s}$		4,4	0,27	-3,41

La condición "Si todo $Q_{min} < 0,5 \text{ l/s}$ " significa si todos los caudales instantáneos mínimos de los aparatos son menores de $0,5 \text{ l/s}$ "

La condición "Si algún $Q_{min} \geq 0,5 \text{ l/s}$ " significa la existencia de algún aparato que su caudal instantáneo mínimo es mayor o igual de $0,5 \text{ l/s}$.

Tabla III-4

Tipo de Edificación	$Q_t > 20 \text{ l/s}$	$Q_t \leq 20 \text{ l/s}$		
		Si todo $Q_{\min} < 0,5 \text{ l/s}$	Si algún $Q_{\min} \geq 0,5 \text{ l/s}$	
			$Q_t \leq 1 \text{ l/s}$	$Q_t > 1 \text{ l/s}$
Viviendas	$Q_c = 1,7 \times (Q_t)^{0,21-0,7}$	$Q_c = 0,682 \times (Q_t)^{0,45-0,14}$	$Q_c = Q_t$	$Q_c = 1,7 \times (Q_t)^{0,21-0,7}$
Oficinas, estaciones, aeropuertos	$Q_c = 0,4 \times (Q_t)^{0,54-0,48}$			
Hoteles, discotecas, museos	$Q_c = 1,08 \times (Q_t)^{0,5-1,83}$	$Q_c = 0,698 \times (Q_t)^{0,5-0,12}$	$Q_c = Q_t$	$Q_c = (Q_t)^{0,366}$
Centros comerciales	$Q_c = 4,3 \times (Q_t)^{0,27-6,65}$			
Hospitales	$Q_c = 0,25 \times (Q_t)^{0,65-1,25}$			
Tipo de Edificación	$Q_t > 20 \text{ l/s}$	$Q_t \leq 20 \text{ l/s}$		
Escuelas, polideportivos	$Q_c = -22,5 \times (Q_t)^{-0,51} + 11,5$	$Q_t \leq 1,5 \text{ l/s}$	$Q_t > 1,5 \text{ l/s}$	
		$Q_c = Q_t$	$Q_c = 4,4 \times (Q_t)^{0,27-3,41}$	

Y con este caudal de cálculo Q_c y la Tabla III-5 extraemos el diámetro de la acometida.

Tabla III-5. Elección DN acometida para longitud de acometida $\leq 6 \text{ m}$

$Q_c \text{ (l/s)}$	Tipo / DN acometida	Diámetro interior (ID) acometida
$Q_c \leq 0,2$	PE 40 / DN 25 mm	18,0 mm
$0,2 < Q_c \leq 0,85$	PE 40 / DN 32 mm	23,2 mm
$0,85 < Q_c \leq 1,32$	PE 40 / DN 40 mm	29,0 mm
$1,32 < Q_c \leq 2,06$	PE 40 / DN 50 mm	36,2 mm
$2,06 < Q_c \leq 3,29$	PE 40 / DN 63 mm	45,8 mm
$3,29 < Q_c \leq 6,84$	PE 100 / DN 75 mm	66,0 mm
$6,84 < Q_c \leq 9,85$	PE 100 / DN 90 mm	79,2 mm
$9,85 < Q_c \leq 14,72$	PE 100 / DN 110 mm	96,8 mm

Consideraciones:

- Las acometidas hasta un diámetro nominal de 160 mm serán ejecutadas con tubería de polietileno PE40 ó PE100 PN 10, hasta 63 mm y 160 mm respectivamente.
- Para acometidas de mayor diámetro se podrán utilizar otros materiales distintos al polietileno.
- Para suministros donde $Q_c > 14,72$ l/s se deberá realizar el cálculo correspondiente con objeto de determinar el diámetro y material de ésta, debiendo aportar el solicitante de la acometida proyecto o memoria técnica.
- Para acometidas de **6 m < Longitud ≤ 12 m** se deberá escoger el diámetro inmediatamente superior al que resulte de la *Tabla III-5*.
- Para acometidas de **Longitud > 12 m** será necesario cálculo específico.

3.3.2. Acometida para protección contra incendios3.3.2.1. Generalidades

El Código Técnico de la Edificación y el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RIPCI) establecen el número, características e instalación de los aparatos, equipos y sistemas de protección contra incendios.

Cuando se exija sistema de abastecimiento de agua contra incendios, sus características y especificaciones se ajustarán a lo establecido en la norma UNE 23.500. Y en todo caso será capaz de asegurar simultáneamente los caudales y el tiempo de autonomía del sistema adoptado, hidrantes exteriores, bocas de incendio equipadas (BIE's), rociadores automáticos de agua, sistema de extinción por agua pulverizada, etc.

El proyectista de la edificación deberá diseñar el sistema contra incendios teniendo en cuenta que un abastecimiento de agua contra incendios no debe verse afectado por eventuales heladas, sequías, inundaciones u otras condiciones que podrían reducir el caudal, la capacidad efectiva o dejar al abastecimiento fuera de servicio.

Por ello, el diámetro de la acometida para protección contra incendios estará condicionado al tipo de sistema adoptado por el proyectista, depósito de presión, depósito de gravedad, fuente inagotable (lagos, ríos, etc.), suplementados con equipos de bombeo.

3.3.2.2. Dimensionamiento

En todo caso el diámetro de la acometida deberá calcularse para que la pérdida de carga producida a caudal máximo, no incida lo suficiente como para hacer que se incumplan las condiciones de presiones mínimas establecidas en las hipótesis de cálculo para el dimensionamiento de la red de contra incendios recogidas en el proyecto o memoria técnica del solicitante, así como también, que sea capaz de alimentar el depósito o aljibe en el tiempo que haya determinado el proyectista.

El diámetro interior de la acometida contra incendios no podrá ser menor que el diámetro interior del tubo de alimentación del sistema contra incendios de la edificación.

No se admitirá aspiración directa a la red de abastecimiento de los equipos de bombeo, debiendo siempre intercalar entre éste y la red una arqueta de rotura de carga, aljibe o depósito.

3.3.3. **Dimensionamiento del contador**

3.3.3.1. Calibre del contador para suministro de abastecimiento

El *Servicio Municipal de Aguas* determinará el calibre y tipo de contador a instalar en función de los caudales nominales y máximos.

3.3.3.2. Calibre del contador para suministro contra incendio

Los criterios de elección del contador para los suministros contra incendios serán el caudal máximo del contador y la pérdida de carga producida por éste a caudal máximo.

Deberá ser capaz de soportar el máximo caudal que pueda demandar el sistema contra incendios, y que la pérdida de carga que produzca a ese caudal máximo, no incida lo suficiente como para incumplir las condiciones de presiones mínimas establecidas en las hipótesis de cálculo para el dimensionamiento de la red de contra incendios.

3.4. **INSTALACIÓN INTERIOR**

Es el conjunto de tuberías y elementos de control, maniobra y seguridad aguas abajo a la llave de registro en el sentido de la circulación normal del flujo de agua.

Los elementos que componen la instalación interior deberán cumplir con los requisitos del C.T.E., desarrollados en la Sección HS 4 "Suministro de Agua"

3.4.1. Protección contra retornos

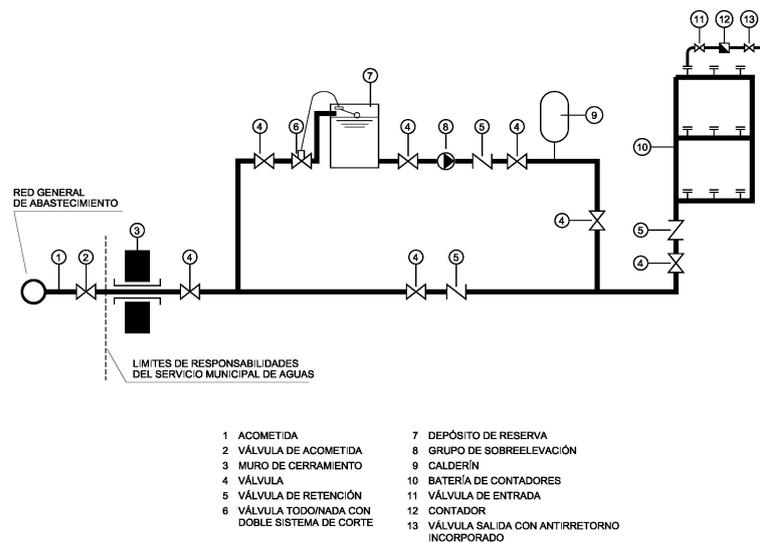
- a) Deberá disponer de sistema antirretorno para evitar la inversión en el sentido del flujo en los puntos que figuran a continuación, así como en cualquier otro que resulte necesario:
- Después de los contadores
 - En la base de las ascendentes
 - Antes del equipo de tratamiento de agua
 - En los tubos de alimentación no destinados a usos domésticos
 - Antes de los aparatos de refrigeración o climatización
- b) Las instalaciones de suministro de agua no podrán conectarse directamente a instalaciones de evacuación ni a instalaciones de suministro de agua proveniente de otro origen que la red pública.
- c) En los aparatos y equipos de la instalación, la llegada de agua se realizará de tal modo que no se produzcan retornos.
- d) Los antirretornos se dispondrán combinados con grifos de vaciado de tal forma que siempre sea posible vaciar cualquier tramo de la red.

3.4.2. Sistemas de sobreelevación: grupos de presión

El sistema de sobreelevación debe diseñarse de tal manera que se pueda suministrar a zonas del edificio alimentables con presión de red, sin necesidad de la puesta en marcha del grupo.

El grupo debe ser convencional o de accionamiento regulable (caudal variable).

Será obligatorio disponer de grupo de sobreelevación en las instalaciones interiores de todos los inmuebles mayores que tengan una altura que pueda afectar al incumplimiento de lo recogido en el C.T.E. siendo en los puntos de consumo la presión mínima, de 100 kPa (≈ 1 kgf/cm²) y 150 kPa ($\approx 1,5$ kgf/cm²) para grifos comunes, y para fluxores y calentadores respectivamente. No debiendo de sobrepasar la presión en cualquier punto de consumo los 500 kPa ($\approx 5,0$ kgf/cm²).



Esquema general de grupo de presión convencional

Obligatoriamente las instalaciones que dispongan de derivación (bypass) tendrán en ésta una válvula de corte que permanecerá cerrada durante el normal funcionamiento de la instalación, con objeto de conseguir la renovación continua del agua del depósito. Si se pretende optimizar los costes energéticos del grupo de presión se recomienda la instalación de un condensador hidráulico en la aspiración, a la misma presión existente en la red de abastecimiento. El sistema deberá asegurar la renovación del agua del aljibe o depósito de reserva con objeto de garantizar la potabilidad de ésta.

Excepto en viviendas aisladas y adosadas, los elementos y equipos de la instalación del grupo de presión, deben instalarse en locales cuyas dimensiones sean suficientes para que pueda llevarse a cabo su mantenimiento adecuadamente.

3.4.3. Contadores

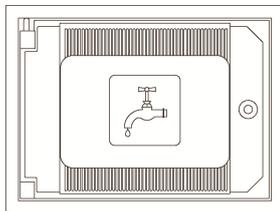
El calibre nominal de los distintos tipos de contadores se adecuará, a los caudales nominales y máximos de la instalación, tal como se ha indicado en los apartados 3.3.3.1 y 3.3.3.2.

Deben instalarse en armarios, locales o cámaras cuyas dimensiones sean suficientes para que pueda llevarse a cabo su mantenimiento adecuadamente.

3.4.3.1. Dimensionamiento alojamiento contador general

Se instalará en un armario, autorizado por el *Servicio Municipal de Aguas*, exclusivamente destinado a este fin. Las dimensiones mínimas serán 45 x 35 x 20 cm (largo x alto x profundidad). Irá emplazado en la planta baja del inmueble, junto al portal de entrada y empotrado en el

muro de fachada o cerramiento de la propiedad que se pretende abastecer y, en cualquier caso, con acceso directo desde la vía pública.



Excepcionalmente, en caso debidamente justificado, podrá instalarse el contador único y sus llaves de maniobra en una cámara bajo el nivel del suelo, que ha de tener acceso directo desde la calle y situado lo más próximo posible a la fachada o cerramiento de la propiedad.

La puerta permanecerá cerrada y será capaz de resistir adecuadamente tanto la acción de la intemperie como posibles esfuerzos mecánicos derivados de su utilización y situación.

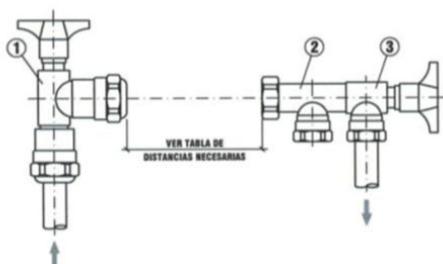
En caso de que se determine por *el Servicio Municipal de Aguas*, contará con la pre-instalación adecuada para una conexión de envío de señales para la lectura a distancia del contador.

3.4.3.2. Elementos del contador general

Los elementos que dispondrá serán:

- Tubería
- Válvula de corte de entrada
- Filtro
- Contador
- "T" de comprobación con tapón roscado
- Válvula de retención
- Válvula de corte de salida

Esquema III-1. Alojamiento contador individual en armario



Elementos

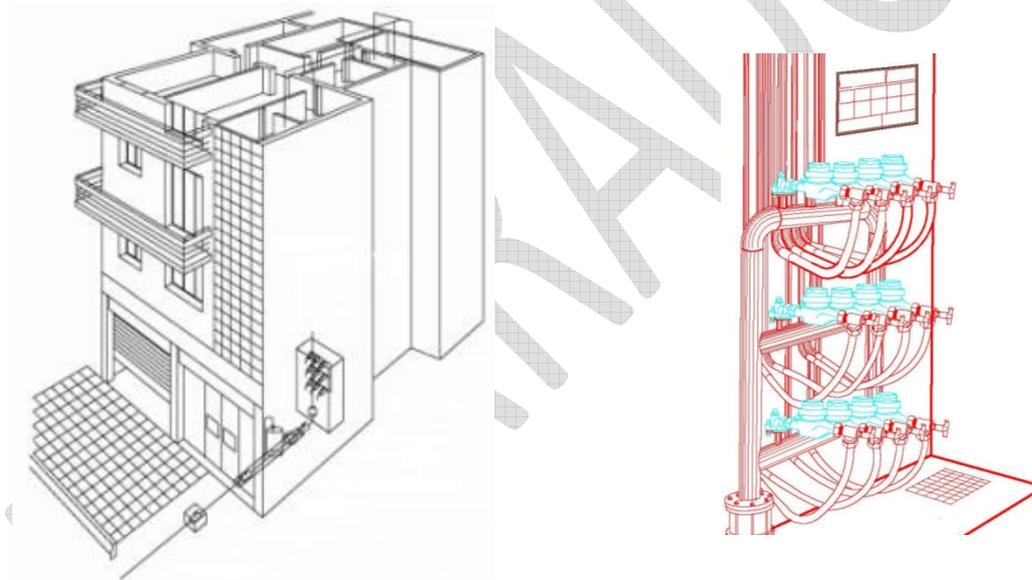
1. Válvula de entrada
2. "T" de comprobación
3. Válvula de salida y retención

Tabla III-9. Distancias entre racores

Contadores	Distancias entre racores	Conexiones
DN 15 mm	115 mm	Rosca $\frac{3}{4}$ " – $\frac{3}{4}$ "
DN 20 mm	115 mm	Rosca 1" – 1"
DN 25 mm	260 mm	Rosca 1 $\frac{1}{4}$ " – 1 $\frac{1}{4}$ "
DN 30 mm	260 mm	Rosca 1 $\frac{1}{2}$ " – 1 $\frac{1}{2}$ "
DN 40 mm	300 mm	Rosca 2" – 2"
DN 50 mm	300 mm	Rosca 2 $\frac{1}{2}$ " – 2 $\frac{1}{2}$ "

3.4.3.3. Alojamiento contadores divisionarios

Las baterías de contadores divisionarios se instalarán en los locales o armarios exclusivamente destinados a este fin, emplazados en la planta baja del inmueble, en zona de uso común, con acceso directo desde el portal de entrada.



Las baterías para centralización de contadores responderán a tipos y modelos oficialmente aprobados y homologados por el Ministerio competente en materia de industria, o en su defecto, autorizados por la Consejería de la Junta de Andalucía competente en esta materia.

En el origen de cada montante y en el punto de conexión del mismo con la batería de contadores divisionarios, se instalará una válvula de retención, que impida retornos de agua a la red de distribución.

Los armarios o locales para baterías de contadores tendrán una altura variable que estará condicionada a la dimensión de la batería. Deberá permitir un espacio libre de 0,5 m entre la

batería y el techo del armario o local, y 0,35 m por abajo, entre el suelo y el primer ramal horizontal de la batería.

Sus dimensiones en planta (ver fichas-planos en Anexo II) serán tales que permitan un espacio libre a cada lado de la batería de 0,20 m y otro de 0,75 m delante de la batería, una vez medida con sus contadores y llaves de maniobra.

Las paredes, techo y suelo de estos locales estarán impermeabilizados, de forma que se impida la formación de humedad en zonas periféricas.

Dispondrán de un sumidero sifónico, con capacidad de desagüe equivalente al caudal máximo que pueda aportar cualquiera de las conducciones derivadas de la batería, en caso de salida libre del agua.

La puerta de acceso tendrá unas dimensiones mínimas de 0,80 m por 2,05 m, abrirá hacia el exterior, y estará construida con materiales inalterables por la humedad. Dispondrá de cerradura estandarizada por el *Servicio Municipal de Aguas*.

El armario o local estará dotado de iluminación artificial, que asegure un mínimo de 100 lux en un plano situado a un metro sobre el suelo, y en lugar destacado y de forma visible, se instalará un cuadro o esquema en que, de forma indeleble, queden debidamente señalizados los distintos montantes y salidas de la batería y su correspondencia con las viviendas y/o locales.

Contarán con pre-instalación adecuada para una conexión de envío de señales para lectura a distancia del contador.

3.4.3.4. Elementos de los contadores divisionarios

Los elementos que dispondrá serán los mismos indicados en el apartado 3.4.3.2.

Capítulo IV. CONDICIONES GENERALES DE DISEÑO

4.1. INFORME E INFORMACIÓN PREVIA

Para el estudio de cualquier instalación que deba ser recepcionada por el *Servicio Municipal de Aguas* será necesario cumplir con los apartados 7.1 y 7.2 de estas Normas Técnicas.

4.2. DOTACIONES Y DEMANDAS

Los caudales de consumo se calcularán considerando las dotaciones, las demandas y los coeficientes punta de consumo.

4.2.1. Dotaciones

Dotación es el volumen de agua asignado a la unidad abastecida de población, vivienda o superficie urbana, en la unidad de tiempo. Habitualmente se expresa en litros por habitante y día (l/hab/d), metros cúbicos por vivienda y día (m³/viv/d) y litros por metro cuadrado y día (l/m²/d) o litros por hectárea y día (l/ha/d).

La demanda de agua depende en gran medida de las circunstancias locales. Cuando sea posible, se debe tener en cuenta la medida del consumo.

En ausencia de medidas de caudal detalladas o de datos históricos, la media diaria puede obtenerse estimando el consumo doméstico por persona y día (dotación per capita) multiplicado por el número de personas a abastecer. Es necesario considerar suministros para otros usos, por ejemplo, para la limpieza de calles, para el abastecimiento de instalaciones tales como hospitales y colegios, que, sumados a la dotación per capita, dan como resultado el consumo global.

Se considerarán como dotaciones específicas de suministro para los distintos usos del suelo previstos en planeamiento, las que se recogen en la *Tabla IV-2*.

4.2.2. Demandas

Se entiende por demanda al volumen de agua asignado a la población abastecida en una unidad de tiempo.

La demanda se calculará en función de los usos que se prevé que vayan a consumir agua en la zona a abastecer. Para su obtención, se tendrá en cuenta la mencionada *Tabla IV-2*, donde

figuran las dotaciones específicas para uso urbano residencial, uso terciario, dotacional e industrial y zonas verdes comunes y públicas.

Se denomina demanda zonal de una determinada área urbana de igual uso, al volumen diario de suministro que resulta de multiplicar la dotación específica correspondiente al uso del suelo de dicho ámbito por la edificabilidad o superficie del mismo previstas en el planeamiento urbano.

Demanda zonal_i (m³/d)=A_i · d_i

$$Demanda\ Zonal_i \left(\frac{m^3}{d} \right) = A_i \cdot d_i$$

Siendo:

A_i (m²)= Área o edificabilidad según el uso (i) determinado

d_i (m³/d/m²)= Dotación específica para el uso (i)

Se considera demanda total de un área urbana, a la suma de las demandas zonales correspondientes a todos y cada uno de los usos del suelo en el área de suministro considerada:

$$Demanda\ total \left(\frac{m^3}{d} \right) = \sum_i (A_i \cdot d_i)$$

4.2.3. Caudales

El caudal medio de suministro es el caudal medio instantáneo que corresponde a la demanda total.

$$\text{Caudal medio: } Q_m \left(\frac{l}{s} \right) = \frac{Demanda\ total \left(\frac{m^3}{d} \right)}{86,4}$$

El caudal punta es el caudal que resulte de aplicar al caudal medio el coeficiente punta instantáneo.

$$\text{Caudal punta: } Q_p \left(\frac{l}{s} \right) = C_p \cdot Q_m \left(\frac{l}{s} \right)$$

El coeficiente punta instantáneo (C_p) es una constante adimensional que adopta los siguientes valores:

Tabla IV-1

Aguas arriba de depósitos reguladores	$C_p = 1$
Impulsiones a depósitos reguladores	$C_p = \frac{24}{\text{horas de bombeo}}$
Aguas abajo del depósito regulador	$C_p = 1,8 \cdot \left[1 + \left(\frac{1}{Q_m} \right)^{0,5} \right] \leq 3$

Tabla IV-2

DOTACIONES ESPECÍFICAS			
URBANO RESIDENCIAL			
Viviendas multifamiliares		Viviendas unifamiliares	
Tamaño $S_v(\text{m}^2/\text{viv})$	Dotación $(\text{m}^3/\text{viv}/\text{d})$	Superficie parcela $S_p(\text{m}^2)$	Dotación $(\text{m}^3/\text{viv}/\text{d})$
		$S_p \leq 200$	1,20
$S_v \leq 120$	0,90	$200 < S_p \leq 400$	1,60
$120 < S_v \leq 180$	1,05	$400 < S_p \leq 600$	2,00
$S_v > 180$	1,20	$600 < S_p \leq 800$	2,50
		$800 < S_p \leq 1.000$	3,00
En las parcelas unifamiliares de S_p superior a 1.000 m ² , se añadirán las demandas de riego que excedan de 1,20 m ³ /d.			
TERCIARIO, DOTACIONAL E INDUSTRIAL		ZONAS VERDES, COMUNES Y PÚBLICAS	
Superficie edificada (m^2)	Dotación $(\text{l}/\text{m}^2/\text{d})$	Superficie de riego S_r (ha)	Dotación $(\text{m}^3/\text{ha}/\text{d})$
Cualquiera	8,64	$S_r \leq 3$	18
		$S_r > 3$	Otras fuentes de suministro
Se contabilizarán adicionalmente las demandas puntuales superiores a dos veces los valores medios señalados			

Caudales de cálculo

Las redes de distribución se dimensionarán a caudal punta. Y las conducciones de alimentación a depósito se dimensionarán a caudal medio siempre que la capacidad de regulación supere el 50 % de la demanda diaria.

Tabla IV-3

Caudal medio	$Q_m \left(\frac{l}{s} \right) = \frac{\text{Demanda total} \left(\frac{m^3}{d} \right)}{86,4}$
Cauda punta	$Q_p = 1,8 \cdot [Q_m + (Q_m)^{0,5}] \leq 3 \cdot Q_m$

4.3. ADUCCIÓN

El trazado longitudinal de las conducciones de aducción no podrá sobrepasar en ningún punto la línea piezométrica.

Se instalarán válvulas en todas las conducciones de aducción de forma que los tramos entre éstas no sean superiores a 1.500 m, así como en puntos singulares del trazado, como cruzamientos con carreteras, ferrocarriles, ríos, instalando en estos casos dos válvulas, una en cada extremo del cruzamiento.

En conducciones de diámetro igual o superior a 200 mm, el seccionamiento deberá ser a través de válvulas de mariposa. Y en conducciones mayores de 600 mm las válvulas de mariposas llevarán un bypass con válvula de compuerta.

Se instalarán dispositivos de aeración automática en los siguientes puntos de las tuberías de aducción:

- A la salida de los depósitos.
- En todos los puntos altos relativos de cada tramo.
- En todos los cambios marcados de pendiente aunque no correspondan a puntos altos relativos.
- En los tramos rectos, se instalarán al menos cada 600 m.

Todos los dispositivos de aeración automática irán injertados en la generatriz superior de la tubería mediante una válvula de corte que posibilite su desmontaje.

Se instalarán desagües en todos los puntos bajos relativos de cada tramo de las conducciones de aducción.

4.4. RED DE DISTRIBUCIÓN

Las siguientes condiciones serán de aplicación para el diseño de las nuevas redes de distribución.

Red de transporte, constituida por tuberías de diámetro superior a 150 mm, sobre la que se evitará la instalación de acometidas e hidrantes.

Se dispondrán dispositivos de seccionamiento (válvulas de compuerta o de mariposa), a distancia no superior a 500 m en zonas urbanas y a 1.500 m en zonas no urbanas, así como dispositivos de aeración en los puntos altos.

Red principal, constituida por las tuberías de diámetro nominal superior o igual a 150 mm. Sobre esta red se instalarán las acometidas y se autorizará la instalación de hidrantes, cuyo diámetro nominal se fija en 100 mm.

La red principal formará mallas.

Los hidrantes estarán situados en lugares fácilmente accesibles a los equipos del Servicio de Extinción de Incendios, debidamente señalizados conforme a la normativa vigente, y distribuidos de manera que la distancia entre ellos medida por espacios públicos no sea en ningún caso superior a 200 m. Se ubicarán preferentemente coincidiendo con los puntos de especial protección contra incendios (edificios públicos, grandes almacenes, salas de espectáculos, etc.).

Se dispondrán válvulas de aeración en los puntos altos.

Red secundaria, constituida por tuberías de diámetro nominal comprendido entre 60 y 150 mm, ambos inclusive. Sobre esta red se instalarán las acometidas.

En la red de distribución, los diámetros mínimos de las tuberías a instalar en función de la edificabilidad, serán los siguientes:

Tabla: IV-4

Edificabilidad (m ² Edific./m ² Superficie)	Red principal DN (mm)	Red secundaria DN (mm)
Baja ($C_e \leq 0,5$)	150	80
Media ($0,5 < C_e \leq 1,0$)	200	100
Alta ($C_e > 1,0$)	300	100

La edificabilidad es el parámetro que relaciona los metros cuadrados construidos o que se pueden levantar (cantidad de metros cuadrados de techo edificable) en las diferentes plantas de un edificio, con la superficie de una parcela.

Las redes de distribución serán en la medida de lo posible de diseño mallado, eliminando puntos y situaciones que faciliten los "fondos de saco".

Se instalarán dispositivos de seccionamiento de manera que permitan el cierre por sectores (polígonos) con objeto de poder aislar áreas ante situaciones anómalas.

La red se desarrollará siguiendo el trazado viario o por espacios públicos no edificables, mediante tramos lo más rectos posible.

En los viales de más de 6 m de ancho se instalarán dos tuberías, una a cada lado del mismo, salvo que en alguno de los dos lados del vial se prevean menos de dos acometidas por manzana. En los viales más estrechos se instalará una tubería en el lado que se prevea la existencia de mayor número de acometidas y evitando coincidir con el eje del bordillo.

En los cruces de tuberías no se permitirá la instalación de accesorios en forma de "cruz" y se realizarán siempre mediante piezas en "T" de modo que el tramo recto sea el de la tubería de mayor diámetro.

Es obligatorio que las tuberías de abastecimiento de agua de consumo humano estén siempre en un plano superior con respecto a las tuberías de alcantarillado y saneamiento. Las separaciones mínimas entre conducciones de agua potable y el resto de servicios están recogidas en la *Tabla V-1*.

Las acometidas en nuevas redes de actuaciones urbanísticas únicamente se instalarán en aquellas parcelas que dispongan de proyecto de edificación.

4.5. RIEGO DE ZONAS VERDES Y FUENTES ORNAMENTALES

Para el uso o suministro de agua de la red de distribución para el riego de zonas verdes, se deberá cumplir las siguientes condiciones:

4.5.1. Superficie de riego

- a) Jardín: se considera jardín a aquella zona de plantaciones con superficie total inferior a una hectárea.
- b) Parque: Se considera parque a aquella zona de plantaciones con superficie total igual o superior a una hectárea.

A estos efectos se admite la siguiente distribución:

- a) En los jardines, que la zona de césped no exceda del 30% de su superficie total.
- b) En los parques, que el césped no ocupe más del 20% de su superficie total en los menores de 10 ha, y del 10% cuando excedan de esta superficie.

- c) Que no se implante césped, tepe y otras tapizantes de alto consumo de agua que requieran riego, en bandas de menos de 3 m de ancho.

Para parques con una superficie bruta igual o inferior a 3 ha, el agua podrá obtenerse de la red general de abastecimiento. Y en función de la ubicación de la zona a regar el *Servicio Municipal de Aguas* establecerá el punto de suministro para su abastecimiento.

Para parques con una superficie bruta superior a 3 ha, el agua para riego deberá obtenerse de fuentes alternativas.

4.5.2. Sistema de riego

Será fundamental la programación del período de riego para evitar que sus puntas de consumo afecten a la red de abastecimiento. Por ello, se programarán los riegos en horas nocturnas, concretando el *Servicio Municipal del Aguas* el periodo citado en función de la ubicación del parque y la distribución de consumos en la zona.

4.5.3. Fuentes ornamentales

En las fuentes ornamentales deberá instalarse un sistema de recirculación del agua.

4.6. CONDICIONES DE CÁLCULO

En cualquier proyecto de conducciones para el transporte de agua a presión debe figurar el oportuno dimensionamiento hidráulico de la tubería.

4.6.1. Generalidades

A los efectos de este apartado, y en general a los del cálculo hidráulico de la tubería, siempre que se hagan referencias genéricas al diámetro de una conducción, debe entenderse que se trata del diámetro interior, ya que es el que condiciona la capacidad de transporte de la tubería.

Las redes de distribución deben ser, en la medida de lo posible, de diseño mallado, disponiendo de mecanismos adecuados que permitan su cierre por sectores. Las conducciones de transporte en alta, por el contrario, suelen ser de diseño ramificado.

En realidad, el diseño de redes se trata de un problema de optimización en el que, además de los condicionantes básicos de diseño (caudales y presiones) intervienen otros factores, entre

otros la velocidad de diseño o las pérdidas de carga (continuas y localizadas), y, en el fondo, las características de los materiales de la red a través de la rugosidad.

En lo relativo al cálculo de pérdidas de carga, sobrepresiones debidas al golpe de ariete o velocidades máximas de diseño, se aconseja la consulta de los textos clásicos de hidráulica (Granados, 1986; Liria, 1995; Universidad Politécnica de Valencia, 1996; etc.).

A modo de consulta, las ecuaciones que rigen el movimiento permanente en tuberías son la ecuación de continuidad:

$$Q = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

Y la ecuación de Bernoulli:

$$h_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta H \quad \Delta H = \Delta H_c + \Delta H_l$$

- Q: Caudal circulante, en m³/s
 A_i: Área de la tubería en la sección i, en m²
 v_i: Velocidad del agua en la sección i, en m/s
 g: Aceleración de la gravedad, en m/s²
 ID_i: Diámetro interior de la tubería en la sección i, en m
 h_i: Cota geométrica en la sección i, en m
 P_i: Presión interior del agua en la sección i, en kp/m²
 γ: Densidad del agua, en kp/m³
 ΔH: Pérdidas de carga totales, en m
 ΔH_c: Pérdidas de carga continuas, en m
 ΔH_l: Pérdidas de carga localizadas, en m

4.6.2. Pérdidas de carga

4.6.2.1. Pérdidas de carga continuas

Las pérdidas de carga continuas (por unidad de longitud), J, se recomienda se calculen mediante la fórmula universal de Darcy-Weisbach:

$$J = \frac{\Delta H_c}{L} = \frac{f}{ID} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

- J: Pérdida de carga continua, por unidad de longitud, en m/m
 ΔH_c: Pérdida de carga continua, en m
 L: Longitud del tramo, en m
 ID: Diámetro interior del tubo, en m

- v: Velocidad del agua, en m/s
 g: Aceleración de la gravedad, en m/s²
 f: Coeficiente de pérdida de carga por unidad de longitud (o coeficiente de fricción); adimensional

En general, independientemente de cuál sea la rugosidad hidráulica de la tubería, el cálculo del coeficiente de pérdida de carga por unidad de longitud, f, puede realizarse mediante la expresión de Colebrook-White (1939):

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{k}{3,71 \cdot ID} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right) \right]^2}$$

- k: Rugosidad absoluta del material, en m. (en las tablas viene expresado en mm). Ver valores en *Tabla IV-5*
 Re: Número de Reynolds (adimensional)

$$Re = ID \cdot v \cdot \frac{\rho}{\mu}$$

- ID: Diámetro interior del tubo, en m
 v: Velocidad del agua, en m/s
 ρ: Densidad del agua (kg/m³) ≈ (1000 kg/m³)
 μ: Viscosidad dinámica agua (N·s/m²) ≈ (0,001 N·s/m²)

También en cualquier caso (bien sean tuberías hidráulicamente lisas, rugosas o semirugosas), puede emplearse el ábaco de Moody (1944) para la determinación gráfica del coeficiente de pérdida de carga por unidad de longitudinal (f).

Los valores de las rugosidades adoptados son determinantes en los resultados obtenidos. Por ello, en su cuantificación debentenerse en cuenta no solo el material de la tubería, sino aspectos tales como el estado de conservación de la misma, el número de uniones, de piezas especiales, etc. Los textos clásicos de hidráulica suelen incluir valores de dichas rugosidades, si bien hay mucha disparidad entre unos y otros.

Se podrán tomar como valores de la rugosidad absoluta los indicados en la *Tabla IV-5*.

Tabla IV-5. Valores usuales de rugosidad

Material	k (mm)	
	Nueva	En servicio
Fundición dúctil	0,030	0,200
Hormigón	0,300	3,000
Acero	0,030	0,100
Polietileno	0,005	0,030
PVC-O	0,003	0,060
PRFV	0,030	0,060

4.6.2.2. Pérdidas de carga localizadas

Adicionalmente a las pérdidas de carga continuas, deben calcularse las pérdidas de carga localizadas ΔH_l en las piezas especiales y en las válvulas, las cuales pueden evaluarse como una fracción k_l del término $v^2/2g$.

$$\Delta H_l = k_l \frac{v^2}{2g}$$

ΔH_l : Pérdidas de carga localizadas, en m

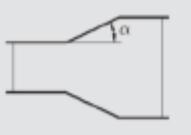
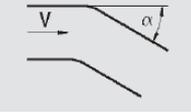
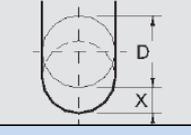
k_l : Coeficiente que dependerá del tipo de pieza especial o válvula (adimensional). Ver *Tabla IV-6*.

v : velocidad máxima del agua a través de la pieza especial o de la válvula (en un ensanchamiento, por ejemplo, será la velocidad a la entrada, y en un estrechamiento, a la salida), en m/s

g : Aceleración de la gravedad, en m/s^2

En la *Tabla IV-6*, a título orientativo y de forma muy simplificada, se indican unos valores de los coeficientes k_l para el cálculo de las pérdidas de carga en las piezas más habituales, en el caso de que éstas se evalúen como una fracción del término $v^2/2g$ (Mayol, 1993).

Tabla IV-6

Elemento	Coeficiente k_l								
	α	5°	10°	20°	30°	40°	90°		
Ensanchamiento gradual 	k_l	0,16	0,40	0,85	1,15	1,15	1,00		
Codos circulares 	R/DN	0,1	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	K_{90°	0,09	0,11	0,20	0,31	0,47	0,69	1,00	1,14
	$k_l = k_{90^\circ} \frac{\alpha}{90^\circ}$								
Codos segmentados 	k_l	0,05	0,20	0,50	0,90	1,15			
Disminución de sección 	S_2/S_1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8			
	k_l	0,5	0,43	0,32	0,25	0,14			
Otras Entrada a depósito							$k_l = 1,0$		
Salida de depósito							$k_l = 0,5$		
Válvulas de compuerta 	x/D	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/9	8/8
	k_l	97	17	5,5	2,1	0,8	0,3	0,07	0,02
Válvulas de mariposa 	α	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	
	k_l	0,5	1,5	3,5	10	30	100	500	

4.6.3. Golpe de ariete

4.6.3.1. Consideraciones

Al objeto de determinar la MDP (*Presión máxima de diseño*), el cálculo de las presiones que puedan actuar sobre la tubería debe incluir la determinación del golpe de ariete (sobrepresiones y depresiones).

El *Servicio Municipal de Aguas*, en función de la envergadura y trascendencia del proyecto, podrá solicitar un cálculo completo y detallado de las sobrepresiones debidas al golpe de ariete.

El método que aquí se propone calcula el fenómeno de la *oscilación dinámica*, que se produce cuando no existe en la tubería chimenea de equilibrio o calderín, que es el fenómeno que se produce con más frecuencia y su cálculo es más sencillo, de acuerdo a como se indica a continuación.

4.6.3.2. Sobrepresiones debidas al golpe de ariete

Se entiende por golpe de ariete a las variaciones de presión que se generan dentro de una tubería debido a los fenómenos transitorios derivados de cambios de régimen de circulación, tales como cierre o apertura de válvulas, paradas o arranque de bombas, etc.

El cálculo del fenómeno denominado *oscilación en masa*, que se produce si existe un depósito capaz de almacenar o ceder agua (como una chimenea de equilibrio o un calderín), se hace mediante la aplicación del teorema de la cantidad de movimiento y de conservación de la cantidad total de agua, aplicados en intervalos sucesivos mediante un cálculo de diferencias finitas, es decir, obligando a que se cumplan las ecuaciones de conservación de la masa y de la cantidad de movimiento en cada sección de la tubería y para cada instante del fenómeno.

En el caso de una válvula de corte, si la variación de la velocidad del agua en la maniobra de cierre o apertura sigue una ley lineal con respecto al tiempo (conducciones cortas) puede suponerse, simplificada, que la variación de sobrepresiones debidas al fenómeno del golpe de ariete siga una ley lineal a lo largo de la tubería, siendo máxima (positiva o negativa) junto a la válvula (o, en general, junto al elemento de cierre) y nula en el otro extremo de la tubería. En ese caso, puede, por ejemplo, utilizarse la fórmula de Michaud (1878) para el cálculo de las sobrepresiones:

$$\Delta P = \pm \frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot T} \quad \text{si} \quad T > \frac{2 \cdot L}{a}$$

- ΔP : Sobrepresión debida al golpe de ariete, en m
 L: Longitud de la tubería, en m
 v: Velocidad de circulación del agua, en m/s
 T: Tiempo efectivo de cierre, en s
 g: Aceleración de la gravedad ($g=9,81 \text{ m/s}^2$)
 a: Celeridad (velocidad de propagación de las ondas), en m/s

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K_c \frac{D_m}{e}}} \quad K_c = \frac{10^{10}}{E}$$

- D_m : Diámetro medio de la tubería, en mm
 e: Espesor de la tubería, en mm
 E: Módulo de elasticidad del material de la tubería, en kg/m^2

En caso de que la conducción tenga una longitud muy grande (conducciones largas), el valor del golpe de ariete de oscilación elástica alcanza su valor máximo no en el extremo de cierre como en el caso anterior, sino en un punto genérico del interior de la tubería. En este caso, el valor máximo de las sobrepresiones debidas al golpe de ariete puede calcularse mediante la fórmula de Allievi (1903; misma simbología que en el caso anterior):

$$\Delta P = \pm \frac{a \cdot v}{g} \quad \text{si} \quad T < \frac{2 \cdot L}{a}$$

El valor determinado por la expresión de Allievi es el umbral máximo teórico de la sobrepresión alcanzable en un conducto, el cual queda siempre del lado de la seguridad.

4.6.4. Consideraciones hidráulicas para el diseño

El cálculo hidráulico debe realizarse con objeto de demostrar que el sistema:

- Satisfará la demanda estimada
- Operará a velocidades aceptables
- Operará dentro del rango de presión necesario

Además, la presión de diseño y la presión máxima de diseño deberán establecerse en puntos apropiados de la red.

Se procurará que la velocidad máxima del agua circulante en las tuberías no supere el valor obtenido mediante la fórmula de Mougnyie-Manning, que relaciona la velocidad v (m/s) con el diámetro interior ID (m) y con el coeficiente de rugosidad de Manning n :

$$v = 1,5 \cdot \frac{0,013}{n} \cdot \sqrt{ID + 0,05}$$

En la *Tabla IV-8* se recogen estas velocidades máximas para las tuberías más comunes, usando los valores del coeficiente de rugosidad de Manning n de la *Tabla IV-7*.

Tabla IV-7. Coeficientes de rugosidad de Manning

MATERIAL	N	MATERIAL	n
Fundición dúctil	0,012	Acero	0,008
Polietileno	0,007	PRFV	0,009
PVC-O	0,007	Hormigón	0,013

Tabla IV-8. Velocidades máximas recomendadas en el interior de tuberías

Fundición dúctil	v (m/s)	PVC-O 16 atm	V (m/s)	PE100 - 10 atm	v (m/s)
FD Ø 80 mm	0,59	PVC-O Ø 90 mm	1,02	PE100 Ø 75 mm	0,95
FD Ø 100 mm	0,63	PVC-O Ø 110 mm	1,09	PE100 Ø 90 mm	1,00
FD Ø 150 mm	0,73	PVC-O Ø 160 mm	1,25	PE100 Ø 110 mm	1,07
FD Ø 200 mm	0,81	PVC-O Ø 200 mm	1,36	PE100 Ø 160 mm	1,22
FD Ø 250 mm	0,89	PVC-O Ø 250 mm	1,49		
FD Ø 300 mm	0,96	PVC-O Ø 315 mm	1,64		
FD Ø 350 mm	1,03	PVC-O Ø 400 mm	1,82		
FD Ø 400 mm	1,09				
FD Ø 450 mm	1,15				
FD Ø 500 mm	1,20				
FD Ø 600 mm	1,31				
FD Ø 700 mm	1,41				
FD Ø 800 mm	1,50				

Los puntos de conexión de la red de distribución de una nueva actuación urbanística serán definidos por el *Servicio Municipal de Aguas*.

Para el dimensionamiento de las redes, los consumos irán asignados a las acometidas, o a los nudos o ramales externos de la red, admitiéndose en áreas pequeñas una distribución aproximada de éstos.

En el cálculo de nuevas redes se tendrán en cuenta, como mínimo, tres hipótesis de consumo:

Hipótesis 1.- Consumo cero.

La *Presión de funcionamiento* (OP), equivalente a la presión estática en redes de gravedad y a la presión de bombeo en redes presurizadas, no sobrepasará en ningún punto de la red el valor de 0,8 MPa (\approx 8 bar), recomendándose que dicho valor sea siempre inferior a 0,6 MPa (\approx 6 bar).

Hipótesis 2.- Consumo punta.

La *Presión de funcionamiento* (OP) en cualquier punto de la red no será inferior a 0,25 MPa (\approx 2,5 bar).

Hipótesis 3.- Consumo punta con dos hidrantes de \varnothing 100 mm en funcionamiento.

La *Presión de funcionamiento* (OP) en cualquier punto de la red será superior a 0,15 MPa. (\approx 1,5 bar).

En todas las hipótesis, la *Presión de funcionamiento* (OP) en cualquier punto de la red no descenderá por debajo del 75% de la *Presión de diseño* (DP) en dicho punto.

La *Presión de diseño* (DP) de la red se establecerá como la máxima presión de funcionamiento (OP) considerando todas las hipótesis anteriores y se estimará la *Presión máxima de diseño* (MDP) como $MDP = 1,20 \times DP$.

Asimismo, en todas las hipótesis se ha de considerar la red del ámbito completo de la actuación urbanística con independencia de que esta se desarrolle posteriormente por fases.

Cuando las condiciones topográficas impidan el cumplimiento del límite superior antes indicado, se dividirá la red de distribución en pisos independientes unidos mediante válvulas reductoras de presión, o separados por dispositivos de seccionamiento.

La reducción de la presión del agua se realizará mediante válvulas reguladoras de presión de diámetro inferior al de la tubería. Si la diferencia entre la presión original y la reducida es elevada, la reducción de presión se realizará escalonadamente en intervalos de reducción del 50% como máximo.

Se deberán instalar al menos dos válvulas reductoras de presión colocadas en paralelo permaneciendo alternativamente en funcionamiento una de ellas y manteniendo la otra en reserva.

Si se prevé que pueden circular caudales pequeños, por debajo del umbral de funcionamiento óptimo de la válvula reductora de presión, una de las válvulas será del diámetro adecuado para regular estos caudales.

Los resultados del cálculo hidráulico de la red pueden presentarse de forma gráfica o literal. En este último caso, deberá acompañarse a la representación literal un plano con los nudos y tramos numerados.

Cada nudo deberá contener los valores de:

- Consumo
- Presión de funcionamiento del agua

Y cada tramo de red (conducto entre dos nudos) deberá contener:

- Caudal
- Velocidad del agua
- Pérdida de carga entre nudos

4.6.5. Cálculo mecánico

Para todas las disposiciones de la tubería, y en cada una de sus secciones más desfavorables, debe realizarse el correspondiente cálculo mecánico de la misma, al objeto de dimensionar y comprobar su correcto funcionamiento.

4.6.5.1. Consideraciones generales

No se podría establecer una clasificaciones absolutas de los tubos por rígidos, flexibles o semirrígidos, ya que dicha condición no depende solo del propio tubo como tal sino además de las condiciones de la instalación (en rigor, habría que distinguir entre un tubo rígido o flexible y un comportamiento rígido o flexible).

En cualquier caso, sí puede decirse que, en general, los tubos de acero y los de PRFV se comportan siempre de manera flexible, que los de hormigón lo hacen de forma rígida y que del resto (termoplásticos y fundición) nada puede decirse a priori, puesto que su comportamiento variará de rígido a flexible según diámetros y condiciones de instalación (en rigor, comportamiento semirrígido).

Las principales acciones que, en general, deben considerarse en el cálculo mecánico de la tubería son las siguientes:

- a) *Acciones gravitatorias.* Son tanto las producidas por los elementos constructivos de la tubería como las que puedan actuar por razón de su uso.
 - *Peso propio.* Peso de la tubería
 - *Cargas permanentes o cargas muertas.* Son las debidas a los pesos de los elementos constructivos o instalaciones fijas que soporta la tubería.
 - *Sobrecargas de uso.* Son las derivadas del uso de la tubería y cuya magnitud y/o posición puede ser variable en el tiempo. Son, básicamente, las debidas al peso del agua en el interior y la presión interna incluyendo el golpe de ariete.
- b) *Acciones del terreno.* Son las producidas tanto por el empuje activo como por el empuje pasivo del terreno. En su determinación deben tenerse en cuenta las condiciones de instalación de la tubería, así como que ésta sea rígida o flexible, el tipo de apoyo, el tipo de relleno, la naturaleza del terreno, etc.
- c) *Acciones del tráfico.* Son las producidas por la acción de los vehículos que puedan transitar sobre la tubería.
- d) *Acciones climáticas (instalación aérea).* Son las derivadas de los fenómenos climatológicos, acciones del viento, acciones térmicas, acciones de la nieve.
- e) *Acciones debidas al nivel freático.* Es el empuje hidrostático generado por el agua subterránea.
- f) *Acciones sísmicas.* Son las producidas por las aceleraciones de las sacudidas sísmicas.

Además de las acciones anteriores, deberán tenerse en cuenta en el dimensionamiento mecánico de la tubería aquellas acciones específicas que puedan producirse durante la instalación de la tubería.

4.6.5.2. Determinación de las acciones en tuberías enterradas

Para la determinación de las acciones pueden utilizarse distintos métodos de cálculo, si bien para las acciones más determinantes (terreno y tráfico) se podrán utilizar los recogidos en la *Tabla IV-9*.

Tabla IV-9. Métodos de cálculo acciones del terreno y tráfico en tuberías enterradas

Acción	Tubos de fundición	Tubos de acero	Tubos de hormigón	Tubos de PVC y PE	Tubos de PRFV
Terreno	UNE-EN545:1995 y F-70:2001	Marston sin coeficiente reductor	Marston con coeficiente reductor	ATV 127:2000	Marston sin coeficiente reductor ó ATV 127:2000
Tráfico	UNE-EN545:1995 y F-70:2001	Boussinesq	Boussinesq	ATV 127:2000	AWWA M45 ó ATV 127:2000

4.6.5.3. Dimensionamiento de tuberías enterradas

El método de cálculo a emplear para el dimensionamiento de la tubería debe ser seleccionado entre los de uso frecuente en el ámbito de las tuberías, recogido o no en las normas específicas de cada tipología, de forma que se garantice el adecuado dimensionamiento de la tubería.

En el caso más habitual de tuberías enterradas, los métodos recomendados en el dimensionamiento, son los que se indican a continuación, los cuales se resumen en la *Tabla IV-10*.

Tabla IV-10. Métodos recomendados para el dimensionamiento de tuberías enterradas

Solicitud		Tubos de fundición	Tubos de acero	Tubos de hormigón	Tubos de PVC y PE	Tubos de PRFV
Estado tensional por la presión interna		Fórmula de los "tubos delgados" $\sigma_{adm} > \frac{P \cdot C \cdot ID}{2 \cdot e}$		IET-80	DP<PN	DP<PN
Estado tensional por la carga combinada				IET-80	ATV 127:2000	AWWA M45 ó ATV 127:2000
Estado tensional por las acciones externas				IET-80	ATV 127:2000	AWWA M45 ó ATV 127:2000
Deformación por la carga combinada					ATV 127:2000	
Deformación por las acciones internas		Spangler ó F-70:2001	Spangler		ATV 127:2000	AWWA M45 ó ATV 127:2000
Pandeo o colapsado		Luscher			ATV 127:2000	Luscher
Normativa		UNE EN 545:1995 ó F-70:2001	Manual AWWA M11	IET-80	UNE 53331:1997 IN	AWWA M45

4.6.5.4. Cálculo mecánico en tuberías aéreas de fundición dúctil

Las principales comprobaciones que deben hacerse en los tubos de fundición instalados entre apoyos son las siguientes:

a) Hipótesis I. Presión interna (estado tensional)

En la hipótesis de actuación única de la presión interna del agua, debe comprobarse que dicha presión (para un determinado valor de DN y espesor e del tubo) produce un estado tensional inferior al admisible, supuesto el coeficiente de seguridad que se indica a continuación.

$$DP \leq \frac{2 \cdot e \cdot R_m}{D_m \cdot C_1} \quad MDP \leq \frac{2 \cdot e \cdot R_m}{D_m \cdot C_2}$$

DP y MDP: presión de diseño y máxima de diseño, en N/mm²

E: espesor de la pared del tubo, en mm

Dm: diámetro medio del tubo, en mm. ($Dm = OD - e$)

OD: diámetro exterior del tubo, en mm

Rm: resistencia mínima a la tracción. $Rm = 420 \text{ N/mm}^2$

C₁: coeficiente de seguridad para DP. $C_1 = 3$

C₂: coeficiente de seguridad para MDP. $C_2 = 2,5$

Las presiones que agotan los tubos unidos con bridas vienen limitadas por la PN de las bridas y no por el propio tubo como tal.

b) *Hipótesis II. Acciones gravitatorias (estado tensional y deformaciones)*

En general, para la hipótesis pésima de carga hay que comprobar que la tensión y la deformación máxima no superan las admisibles. La tensión admisible es 330 N/mm^2 y la deformación admisible la que hace que se alcancen las desviaciones angulares tolerables de las uniones. Esta comprobación, no obstante, no suele ser limitativa más que para diámetros pequeños.

4.6.6. Anclajes

Tras la instalación de la tubería hay que proceder a la sujeción y apoyo mediante macizos de anclaje de todos aquellos elementos sometidos a esfuerzos que no deba soportar la propia tubería. En este sentido, en el diseño de las redes de abastecimiento, debe prestarse especial atención al anclaje de la tubería en los siguientes casos:

- Codos horizontales
- Codos verticales
- Derivaciones ("T", "Y"...etc.)
- Conos de reducción (disminución del diámetro)
- Válvulas (seccionamiento y regulación)
- Extremos finales
- Tramos de pendientes elevadas

Cuando los tramos de una tubería se encuentran apoyados sobre un terreno en pendiente, la componente del peso propio de la tubería en la dirección de su trazado favorece el deslizamiento de la misma.

En el caso de pendientes pequeñas, esta componente se contrarresta gracias al rozamiento existente entre el relleno y las paredes de la conducción, aspecto que se encuentra condicionado por la tipología del recubrimiento exterior de la tubería. Con carácter general, si en el trazado de una canalización están previstos tramos en los que el perfil longitudinal de la conducción presente pendientes superiores al 20%, se deberán colocar macizos de anclaje.

Estos macizos de anclaje serán de hormigón y deben disponerse de tal forma que las uniones de las tuberías queden al descubierto.

El empuje debido a la presión hidráulica interior producido en los cambios de dirección en la tubería viene dado por la expresión:

$$E_b = 2 \cdot P \cdot A \cdot \text{sen}(\theta/2) 10^{-3}$$

E_b : empuje en la tubería, en kN

P : presión interior en la tubería, en N/mm²

A : área interior de la tubería, en mm²

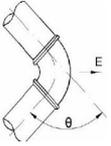
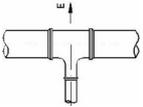
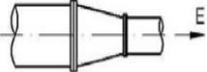
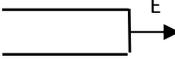
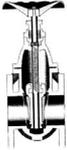
θ : ángulo interior entre las alineaciones de la tubería

Además del anterior, se produce otro empuje debido al agua en movimiento, si bien no suele considerarse en el cálculo ya que es mucho menor. Como ya se ha indicado, para resistir dicho empuje E_b (kN) suelen disponerse macizos de anclaje de hormigón armado, los cuales suelen dimensionarse de manera que su peso iguale al empuje máximo a resistir.

Para la presión interior de la tubería se tomará el valor de *MDP* Presión máxima de diseño.

En la *Tabla IV-11* se indica cómo se podría calcular el empuje en distintos componentes.

Tabla IV-11

Componente	Empuje de la tubería
<p>Codos</p> 	$E_b = 2 \cdot P \left(\frac{\pi \cdot \varnothing^2}{4} \right) \text{sen} \left(\frac{\theta}{2} \right) \cdot 10^{-3}$ <p>P: Presión interior de la tubería, en N/mm² \varnothing: diámetro interior de la tubería, en mm θ: ángulo de desviación, en grados</p>
<p>Derivaciones</p> 	$E_b = P \left(\frac{\pi \cdot \varnothing d^2}{4} \right) \cdot 10^{-3}$ <p>P: Presión interior de la tubería, en N/mm² $\varnothing d$: diámetro de la derivación, en mm</p>
<p>Reducciones</p> 	$E_b = P \left(\frac{\pi(\varnothing_1^2 - \varnothing_2^2)}{4} \right) \cdot 10^{-3}$ <p>P: Presión interior de la tubería, en N/mm² \varnothing_1: diámetro mayor, mm \varnothing_2: diámetro de la derivación,</p>
<p>Tapones</p> 	<p>Mismo cálculo que para las derivaciones. El diámetro que se tomará es el del tapón</p>
<p>Válvulas</p> 	<p>Mismo cálculo que para las derivaciones. El diámetro que se tomará DN de la válvula</p>

- **Para tuberías cuyo ID sea ≤ 500 mm**, los macizos de anclaje se podrán dimensionar de manera que su peso iguale al empuje máximo a resistir. Con este criterio, los macizos deberán tener un volumen V (m³), supuesta una densidad del hormigón g (t/m³), de al menos:

$$V = 0,1 \frac{E_b}{\gamma}$$

Si tomamos la densidad del hormigón en 2,4 t/m³ la expresión se convierte en:

$$V = 0,042 \cdot E_b$$

Los macizos, además, se complementarán con una armadura mínima de entre 10 y 15 kg/m³ y deberán tener unas dimensiones tales que los empujes que transmitan al terreno no sean superiores a su resistencia a compresión.

- **Para tuberías cuyo ID sea > 500 mm**, el dimensionamiento de los macizos de anclaje deberá justificarse convenientemente en cada caso, de manera que el coeficiente de seguridad al vuelco y al deslizamiento fueran superiores a unos determinados valores (del orden de 1,5 ó 1,6 a deslizamiento y 1,7 a 1,8 al vuelco).

Igualmente, en las tuberías con juntas capaces de resistir tracciones longitudinales (uniones soldadas, bien en tubos de acero o de PE; y uniones acerrojadas en tubos de fundición se puede obviar la colocación de macizos de anclaje en los cambios de alineación en la tubería (codos).

Con este criterio, se entiende que los empujes se resisten por efecto del rozamiento que opone el terreno al deslizamiento de la tubería, suponiendo que dichos empujes disminuyen linealmente hasta cero en unas longitudes suficientes para soportar las componentes de dichos empujes. En esos tramos, además de los restantes esfuerzos, la tubería debe ser capaz de resistir tracciones longitudinales.

La longitud L (en metros) de cada uno de estos tramos desde cada lado del codo, se calcularía mediante la siguiente expresión:

$$L = \frac{P \cdot A \cdot (1 - \cos\theta) \cdot 10^2}{\mu \cdot (W_e + W_w + W_p)}$$

P: Presión interior en la tubería, en N/mm²

A: Área interior de la tubería, en m²

θ: Ángulo interior entre las alineaciones de la tubería

μ: Coeficiente de rozamiento entre la tubería y el terreno (habitualmente de 0,25 a 0,40)

W_e: Peso del terreno situado sobre el tubo (t/m)

W_p: Peso de la tubería (t/m)

W_w: Peso del agua contenida en el interior de la tubería (t/m)

De las cargas verticales actuantes (W_e, W_p, W_w), la correspondiente al peso del terreno situado sobre el tubo es, habitualmente, muy superior a todas las demás.

No obstante lo anterior, y siempre a criterio del *Servicio Municipal de Aguas*, cuando los empujes producidos sean de consideración, bien sea por tuberías de grandes diámetros, elevadas presiones o codos con ángulos importantes, aunque se dispongan uniones soldadas

que garanticen la resistencia a las tracciones longitudinales, puede ser necesario disponer adicionalmente macizos de anclaje en los codos, ya que suponen una seguridad adicional.

4.7. DEPÓSITOS

4.7.1. Requisitos funcionales

4.7.1.1. Funciones

El propósito de los depósitos de servicio es almacenar la cantidad de agua necesaria requerida para el abastecimiento de agua de la zona considerada. Para cumplir este propósito, sus funciones incluyen:

- Equilibrar la diferencia entre la entrada y la salida de agua y cubrir los picos de la demanda.
- Mantener la presión requerida en los sistemas de distribución de agua.
- Mantener los depósitos para el caso de mal funcionamiento de las instalaciones y las interrupciones en los sistemas de distribución de agua.
- Proporcionar agua para combatir incendios de acuerdo con los requisitos locales

4.7.1.2. Calidad del agua

Los depósitos de servicio deberán diseñarse, construirse y explotarse para prevenir la contaminación u otros cambios químicos, físicos y cambios biológicos que son perjudiciales para la calidad del agua.

Para la estructura de los compartimentos de agua y todas las superficies en contacto con el agua almacenada, se utilizarán materiales que cumplan los requisitos de ensayo adecuados y que no provoquen que el agua deje de cumplir los requisitos contemplados en el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. Generalmente el hormigón y los morteros de cemento satisfacen este requisito pero se deberá tener un cuidado especial si se emplean aditivos. Las superficies interiores deberán ser lo más lisas y libres de poros posibles con el fin de facilitar la limpieza necesaria.

Se reducirán al mínimo las zonas estancadas. Esto puede conseguirse mediante un diseño adecuado de las formas de los compartimentos de agua y mediante el correcto ajuste de las canalizaciones de entrada y salida en función de la capacidad de almacenamiento.

La embocadura de las tuberías de entrada y salida deben estar alejadas dentro del depósito para forzar la circulación del agua dentro del mismo.

Los sistemas de ventilación son necesarios en los compartimentos de agua con el fin de permitir el movimiento de aire producido por los cambios de niveles de agua. Esto se puede obtener mediante ventilación natural o forzada.

Los depósitos de servicio deberán diseñarse para prevenir la entrada de agua externa u otros contaminantes bien a través de las aperturas de la estructura, de las entradas o de las canalizaciones. Será cubierto y dispondrá de lámina de impermeabilización sobre la cubierta.

Se deberá evitar la continua exposición del agua a la luz del día. Las entradas y equipos de ventilación se diseñarán también de tal forma que el agua no pueda contaminarse (por ejemplo, polvo, insectos u otros animales).

Se evitará toda alteración inaceptable del agua almacenada provocada por el calor o el frío. Pueden ser necesarias medidas de aislamiento térmico para evitar efectos adversos sobre el agua almacenada, la estructura y el equipo asociado. Las medidas de aislamiento térmico para los depósitos de servicio deberán ser las adecuadas para las condiciones climáticas locales, los requisitos de explotación y con el fin de minimizar la condensación en los compartimentos de agua.

Se protegerá el perímetro del depósito mediante cerramiento de fábrica o de valla metálica hasta una altura mínima de 2,0 m, con puerta de acceso con cerradura.

Se dispondrán los elementos de señalización de la instalación como depósito de agua para consumo humano.

El depósito de servicio y el equipo asociado deberán ser cuidadosamente revisados, limpiados y desinfectados antes de la puesta en servicio.

Las inspecciones se deberían llevar a cabo antes de que comience la puesta en servicio, durante la explotación y como parte de un mantenimiento regular.

Cada compartimento dispondrá de instalaciones para permitir la toma de muestras sin necesidad del acceso de personal a dicho compartimento.

4.7.1.3. Explotación

Los emplazamientos de los depósitos de servicio tendrán acceso para las visitas rutinarias y los trabajos de reparación. Se deberán proporcionar instalaciones para permitir la limpieza de cada compartimento independientemente.

El acceso a los compartimentos de agua, los centros de control y todo el equipamiento funcional se diseñará para la seguridad, incluyendo la del personal, y para facilitar la explotación. Las aperturas se dimensionarán de tal forma que se permita el acceso de los materiales y el equipo necesario para la limpieza, el mantenimiento y la reparación.

El acceso a los depósitos estará siempre restringido y controlado. Se organizará de tal forma que los compartimentos se abran el mínimo número de veces necesario. Se podrá acceder a los compartimentos desde el centro de control, con las medidas de seguridad necesarias o desde el tejado.

Se prestará especial atención a las medidas de seguridad de los depósitos de servicio contra actos de terrorismo, vandalismo u otras actividades ilegales. Se tomarán las medidas necesarias para detectar, abatir e impedir la entrada de intrusos.

Los depósitos de servicio se compondrán normalmente al menos de dos compartimentos con el fin de facilitar las labores de explotación y mantenimiento. Cada compartimento dispondrá de una tubería de entrada y una tubería de salida, así como una tubería de vaciado o desagüe. Todas ellas serán independientes y estarán provistas de los dispositivos de seccionamiento necesarios para realizar derivaciones y conexiones entre los compartimentos (véase *Esquema IV-1*).

Cada compartimento de agua se dotará con los conductos de entrada y salida, los vertederos y los dispositivos de vaciado, las válvulas necesarias, y de los equipos de medida de niveles de agua necesarios. El tipo y la instalación de las válvulas dependerán de la configuración del sistema de distribución de agua. El *Servicio Municipal de Aguas*, dependiendo de las características del depósito podrá exigir la instalación de un bypass para conectar los conductos de entrada y salida.

En las tuberías que atraviesen los muros del depósito se instalará "pasamuros embridados" empotrados en el muro y sellado mediante una impermeabilización que asegure la estanquidad del agua con el exterior.

El vertedero de cada compartimento tendrá las dimensiones adecuadas para permitir el libre escape de exceso de agua y normalmente permitirá la evacuación del máximo caudal entrante que puede llegar al depósito de servicio. El sistema de vertedero no deberá tener ninguna válvula de aislamiento. En algunos casos cuando el vertedero no puede evacuar el máximo caudal entrante, se tomarán medidas de emergencia para el control de la entrada de caudal. Las instalaciones del vertedero no deberán permitir la contaminación en el agua almacenada. El vertedero no debería estar conectado permanentemente a un colector excepto cuando sea inevitable, en cuyo caso se deberá prestar especial atención al control

de la capacidad del vertedero, y previniendo la entrada del caudal de retorno de agua sucia y gases desde el colector.

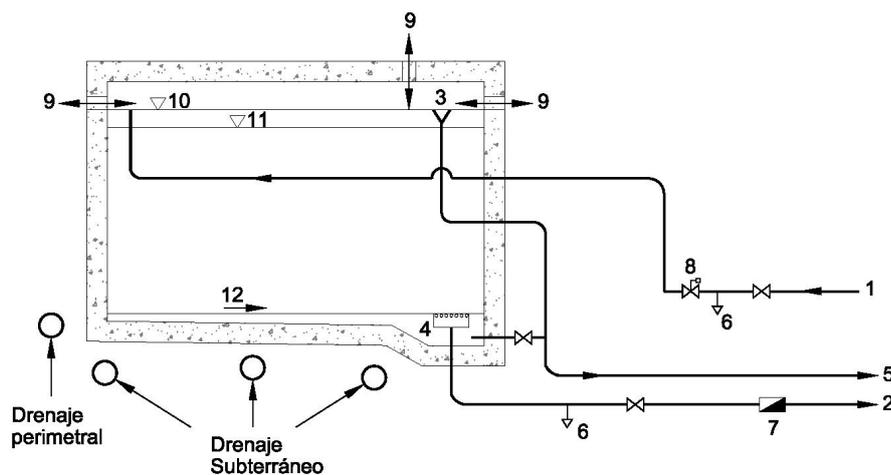
Se deberá tomar consideración para proporcionar energía permanente y de emergencia a los emplazamientos de los depósitos de servicio.

Se tomarán las medidas necesarias para proporcionar protección lumínica a todas las torres de agua, y se considerará para todos los depósitos de servicio.

Se aconseja que su capacidad sea suficiente para garantizar el abastecimiento a la zona servida durante 24 horas, incluyendo un volumen de reserva necesaria contra incendios, y no debiendo ser nunca inferior de la necesaria para 12 horas.

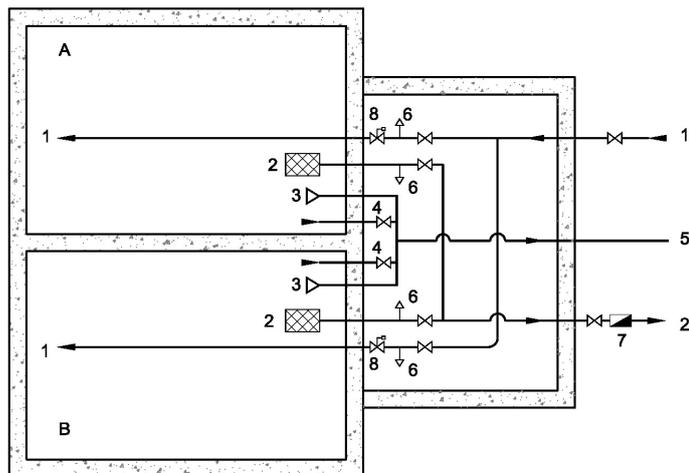
Se adjuntan a continuación las secciones en planta y alzado de un depósito con la disposición más frecuente de los elementos necesarios.

4.7.2. Esquemas de disposición de un depósito



Esquema IV-1. Sección en alzado de un depósito

1	Tubería de entrada	7	Contador
2	Tubería de salida	8	Válvula de llenado
3	Aliviadero	9	Ventilación
4	Arqueta de vaciado	10	Máximo nivel de agua
5	Tubería de vaciado y alivio	11	Máximo nivel de explotación
6	Grifo toma muestras	12	Suelo con pendiente



Esquema IV-2. Sección en planta de un depósito

- | | | | |
|---|--------------------|---|-----------------------------|
| A | Compartimento 1 | 4 | Válvula de vaciado |
| B | Compartimento 2 | 5 | Tubería de vaciado y alivio |
| 1 | Tubería de entrada | 6 | Grifo toma muestras |
| 2 | Tubería de salida | 7 | Contador |
| 3 | Aliviadero | 8 | Válvula de llenado |

4.8. IMPULSIONES

Como norma general los elementos que se instalarán en las impulsiones, aguas abajo del grupo de bombeo, en sentido del agua, son:

- Válvula de aeración o ventosa
- Válvula de retención
- Mecanismo de protección antiarriete
- Válvula optimizadora del bombeo
- Válvula de seccionamiento

4.9. ESTACIONES DE BOMBEO

4.9.1. Generalidades

En general, las estaciones las podemos clasificar en:

- Estaciones de bombeo de aguas brutas, o aguas sin tratar, procedentes de ríos, lagos o embalses.
- Estaciones de bombeo desde pozos.
- Estaciones de rebombeo en línea.
- Estaciones de rebombeo desde conducciones de transporte de aguas brutas.
- Estaciones de bombeo para inyección directa a red de distribución.

Como se ha indicado en el apartado 2.5 son instalaciones con elevados costes de construcción y operación. Por ello, su construcción debe ser evitada siempre y cuando exista una solución alternativa viable.

En todos los casos (salvo en bombeo de pozos) se deberá prever la necesidad de disponer de un número suficiente de bombas de reserva, iguales a las de base, que garanticen la continuidad del suministro cuando alguna de estas últimas se encuentre en fase de reparación o mantenimiento.

Debido a la amplia variedad de estaciones de bombeo que se pueden diseñar en un sistema de abastecimiento, el diseño y elección del tipo estación deberá contar con la aprobación previa del *Servicio Municipal de Aguas*.

4.9.2. Elección del sistema de bombeo más adecuado

Para diseñar una estación de bombeo de agua potable, previamente se deben conocer los siguientes aspectos:

- Fuente de abastecimiento de agua: superficial (cámara de aspiración) o subterránea (sondeo).
- Lugar a donde se impulsará el agua: depósito, arqueta de rotura de carga, o red de distribución.
- Consumo de agua potable de la población y sus variaciones.
- Población abastecida por la estación: actual y futura.

- Características geológicas y tipo de suelo del área de emplazamiento de la cámara de bombeo.

Habitualmente los datos de partida son las características del caudal a suministrar, con unas alturas geométricas constantes, por lo que el acoplamiento en serie de las bombas resulta muy poco probable en la práctica.

Para caudales variables con el tiempo, el número de bombas a instalar en paralelo puede establecerse por el cociente entre el caudal máximo y el mínimo, de modo que la elección de las bombas, que en principio deben ser iguales, se efectuará cuidando que representen un rendimiento elevado para el rango de caudales con el que van a trabajar. Y posteriormente, la modulación del caudal bombeado se efectuará poniendo en marcha o parando bombas, a condición de que el punto de funcionamiento de cada bomba presente siempre un rendimiento igual o mayor que un valor mínimo previamente establecido.

Cuando el caudal es constante, la elección resulta más sencilla, ya que solo debemos conseguir una bomba que presente el rendimiento óptimo para el punto de funcionamiento "caudal – altura de impulsión" $Q-H_b$.

Cuando aparecen fluctuaciones en la altura de impulsión, como en las variaciones estacionales en el nivel freático de un pozo, en estos casos, se debe elegir el número de rodets de la bomba multicelular a instalar para que el punto de trabajo más probable se sitúe lo más cerca posible del punto de rendimiento óptimo, considerando a su vez el valor más frecuente del nivel freático en el interior del pozo. En estas circunstancias, y debido a que la curva característica de la bomba con un número de rodets determinado tiene gran pendiente, el caudal bombeado cambiará relativamente poco al variar el nivel freático. Para que el rendimiento de la bomba no cambie excesivamente al variar el caudal bombeado, ésta deberá elegirse con una curva de rendimiento lo más plana posible.

4.9.3. Componentes básicos

Los componentes básicos de una estación de bombeo de agua potable son los siguientes:

a) Equipamientos en la aspiración.

- *Boca de aspiración*. Puede tener forma abocinada o forma de cono convergente-divergente, y con ella se inicia la tubería de aspiración. Su forma cumple la doble misión de disminuir pérdidas de carga y de uniformar el flujo de entrada.

- *Dispositivos antivortices.* Sirve para eliminar la rotación de agua en la boca de aspiración, normalmente son crucetas que se instalan en la propia boca de entrada. Se puede prescindir de ésta si se hace un adecuado diseño de la cámara de aspiración.
- *Filtro o colador.* Se trata de un cilindro perforado que impide el paso a la tubería de aspiración de sólidos arrastrados por el agua que puedan dañar el rodete de la bomba.
- *Válvula de pie (solo para sistemas en aspiración).* Se trata de una válvula antirretorno instalada en la base de la tubería de aspiración con la doble misión de impedir el vaciado de la tubería para no tener que cebar la bomba en el siguiente arranque, y retener al agua que va llenando la tubería de aspiración en algunos procedimientos de cebado.
- *Válvula de aspiración.* Cuando se aspira de un depósito o cámara de aspiración en carga se deberá instalar una válvula de compuerta o mariposa (dependiendo del diámetro, ver apartados 2.3.1.1 y 2.3.1.2) en la tubería de aspiración, que permita el acceso a la bomba y su desmontaje sin necesidad de vaciar el depósito o cámara de aspiración.
- *Colector de aspiración.* Se instalará un colector en los supuestos de varias bombas en paralelo. Se deberá evitar en todo momento la generación de bolsas de aire en el interior del mismo. Para ello este colector tendrá una ligera pendiente ascendente, del orden del 2%.
- *Tubería de aspiración.* La máxima velocidad en la tubería de aspiración será del orden de 1,5 m/s, al objeto de evitar los problemas de cavitación derivados de una pérdida de carga excesiva.

Como la velocidad en la tubería de aspiración estará limitada a 1,5 m/s y en la entrada de la bomba la velocidad es algo superior (del orden de 2,5 m/s), el acoplamiento de entre el extremo final de la tubería de aspiración y la entrada de la bomba se realizará con un cono recto de apertura entre 10 y 30°.

b) Equipamientos de la impulsión.

- *Grupos de bombeo.* Debido a la gran variedad de grupos de bombeo y al amplio abanico de distintos sistemas de abastecimiento donde se pueden instalar un grupo, la solución adoptada debe ser consultada y aprobada previamente por el *Servicio Municipal de Aguas.*

En todo caso las bombas deberán cumplir con la normativa de seguridad vigente en España para aparatos instalados en locales húmedos, y con las siguientes Directivas Europeas y sus modificaciones posteriores:

- 91/368 (maquinaria)
- 89/392 (máquinas)
- 89/336 (compatibilidad electromagnética)
- 73/23 (baja tensión)

Además, las bombas deberán ser conformes a lo especificado en las siguientes normas:

- UNE EN 809 (seguridad)
 - UNE EN ISO 12.100 (seguridad)
 - UNE EN 60.034 (características técnicas)
 - UNE EN 61.000-6 (compatibilidad electromagnética)
 - UNE-EN 12050 (diseño)
- *Cono de impulsión.* A la salida de la bomba la velocidad del fluido es del orden de 3 a 7 m/s. Debido a que la velocidad en la tubería de impulsión se fija en general entre 1 y 1,5 m/s, se debe acoplar un difusor entre la salida de la bomba y el inicio de la tubería de impulsión, que generalmente será un cono recto con un ángulo de 8 a 10°.
 - *Sistema de cebado.* Se coloca en bombas instaladas en aspiración. Sirve para llenar de agua el rodete y la tubería de aspiración, cuando éstos se encuentran llenos de aire. Toda bomba debe estar cebada cuando se pone en marcha.
 - *Válvula de retención.* La finalidad de esta válvula es impedir el vaciado de la tubería de impulsión a través de la bomba cuando ésta está parada, así como evitar que el rodete gire en sentido inverso.
 - *Válvula de impulsión.* Tiene el objeto de aislar la bomba de la tubería de impulsión.
 - *Válvula de regulación.* Válvulas automáticas que pueden modificar el punto de funcionamiento de las bombas cuando haya la necesidad de ello.
-

- *Sistema de protección.* Cuando se hayan calculados golpes de ariete importantes se deberá equipar el tramo de impulsión con un sistema de protección que amortigüe las sobrepresiones y/o depresiones generadas.

c) Instalaciones adicionales.

En el presente apartado se especifican las características principales que deben cumplir las instalaciones adicionales básicas (instrumentación, equipos eléctricos, etc.) que sea necesario instalar en las estaciones de bombeo.

Se deberá estudiar en detalle la posible afección del golpe de ariete a la instalación. Si fuera necesario, la impulsión se equipará con los equipos necesarios para aminorar los efectos de las posibles sobrepresiones debidas al golpe de ariete, como por ejemplo, ventosas, válvulas de alivio, calderines sin membrana u otros mecanismos. Igualmente, deberá constar de las piezas especiales necesarias (codos, tes, pantalones, reducciones, etc.) para dar continuidad a la conducción.

- *Instalaciones básicas de instrumentación.* Hay que disponer sensores de nivel en la cámara de bombeo. El programa de funcionamiento deberá estar diseñado para que todas las bombas, incluidas las de reserva, trabajen aproximadamente el mismo número de horas mensuales. En el interior de la caseta se colocará un armario que contenga el cuadro eléctrico con los automatismos necesarios para, al menos, las siguientes operaciones:
 - o Arranque y parada de las bombas en función de la altura en las sondas de nivel
 - o Parada de las bombas por sobrepresiones
 - o Protecciones térmicas de los motores
 - o Alarmas

Todos los equipos de instrumentación cumplirán el estándar de salidas analógicas con rango de 4-20 mA en corriente.

- *Controlador programable de las bombas.* La estación de bombeo dispondrá de un Controlador Programable (PLC), éste estará equipado con un microprocesador en que se pueda programar mediante display o desde un PC externo –software modificable- el protocolo de funcionamiento de las bombas en función del nivel en la cámara de aspiración, el caudal entrante y el sistema de rotación elegido.

El protocolo de funcionamiento debe incluir la rotación periódica de las bombas con el fin de que las horas de uso de cada una de ellas sea similar y debe reducir lo más posible el arranque y parada de las bombas.

El microprocesador tendrá la memoria suficiente para poder almacenar el historial de bombeo (incluyendo todos los parámetros significativos) durante al menos 45 días, con independencia de realizar el volcado de la información almacenada cada mes a un PC externo.

- *Variador de frecuencia.* Se deberán instalar variadores de frecuencia en bombeos directos a red de distribución en los que haya que mantener una presión constante independientemente de las oscilaciones de los caudales demandados, así como en instalaciones en los que se pretenda regular y controlar los caudales y las presiones en las impulsiones de grupos de bombeos.
- *Sistema de telecontrol.* El respectivo proyecto de la estación de bombeo deberá especificar las instalaciones de telemando y telecontrol a disponer en cada caso particular, y éstas deben ser compatibles con el sistema de telecontrol existente en el *Servicio Municipal de Aguas*.
- *Instalaciones de alumbrado.* El alumbrado en los espacios interiores, se realizará usando pantallas estancas. Todas las conexiones dentro de las cajas de derivación que serán estancas, se realizarán mediante bornes. El alumbrado del bombeo se calculará y proyectará para la siguiente iluminación mínima:
 - o Zonas de paso: 20 lux
 - o Cuando sea necesario una disposición media de detalle (zona de trabajo): 300 lux.
 - o Existirán dispositivos de alumbrado de emergencia adecuados a las dimensiones y naturaleza del local, capaz de mantener, al menos durante una hora, una intensidad de 5 lux y su fuente de energía será independiente del sistema normal de iluminación.
- *Instalación de tierra.* En la estación de bombeo se instalará una conexión de puesta a tierra, con la finalidad de limitar la tensión que con respecto a tierra, puedan presentar, en un momento dado, las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

- *Grupo electrógeno.* Se deberá instalar un grupo electrógeno con capacidad suficiente para alimentar a los equipos electromecánicos de la estación de bombeo (bombas, polipasto, etc.)
- *Equipos de elevación.* Deberán disponerse los equipos necesarios para el izado de las bombas, los cuales, según sea el tamaño de las bombas, serán, en general, de uno de los siguientes tipos:
 - o Polipastos fijos en pequeñas instalaciones
 - o Polipastos móviles a lo largo de una viga
 - o Puentes grúa

Los polipastos serán de accionamiento eléctrico. No obstante, previa autorización del *Servicio Municipal de Aguas*, se podrán admitir polipastos manuales en instalaciones pequeñas. Su capacidad nominal será de al menos el doble del peso del equipo mayor a extraer o mover.

Los equipos de izado deberán estar a una altura tal que permitan el izado de la bomba y su descarga a nivel del suelo y en un lugar cercano o accesible desde la puerta del edificio.

Capítulo V. INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA

5.1. **INSTALACIÓN DE TUBERÍAS**

5.1.1. **Especificaciones generales**

Todos los trabajos deberán ser ejecutados de acuerdo con la reglamentación nacional sobre Seguridad y Salud que resulten aplicables.

Las empresas designadas para realizar trabajos relacionados con las redes y/o acometidas de abastecimiento deberán poseer la cualificación necesaria requerida por el *Servicio Municipal de Aguas* en cada caso particular, dependiendo de las características de las actuaciones a realizar.

5.1.2. **Transporte, almacenamiento y manipulación**

Las operaciones de transporte, almacenamiento y manipulación de todos los componentes deben hacerse sin que ninguno de estos elementos sufra golpes o rozaduras, debiendo depositarse en el suelo sin brusquedades, no dejándolos nunca caer. En el caso de los tubos, debe evitarse rodarlos sobre piedras.

El tiempo de almacenamiento debe restringirse al mínimo posible, no debiendo prolongarse innecesariamente y, en cualquier caso, hay que procurar la adecuada protección frente a posibles daños externos, especialmente los anillos elastoméricos y las válvulas, los cuales hay que situarlos en lugar cerrado y protegidos de la luz solar y de temperaturas elevadas. En los tubos de hormigón, en particular, debe evitarse que sufran secados excesivos o fríos intensos.

Los tubos de PVC-O y de PE no deben estar en contacto con combustibles y disolventes, procurando que estén protegidos de la luz solar y que su superficie no alcance temperaturas superiores a 45 ó 50 °C.

5.1.3. **Instalación de tubos enterrados**

5.1.3.1. **Zanja para el alojamiento de la tubería**

a) *Trazado en planta*

En las redes urbanas se recomienda que la tubería discorra bajo las aceras para disminuir las cargas actuantes y facilitar las tareas de reparación. A este respecto no deben instalarse dos tuberías en el mismo plano vertical. En relación con las distancias mínimas a los edificios, deberán tomarse las necesarias precauciones para evitar

cualquier afección a sus cimientos. Asimismo se recomienda una distancia mínima de un metro al bordillo para evitar obstáculos creados por los registros y otros suministros.

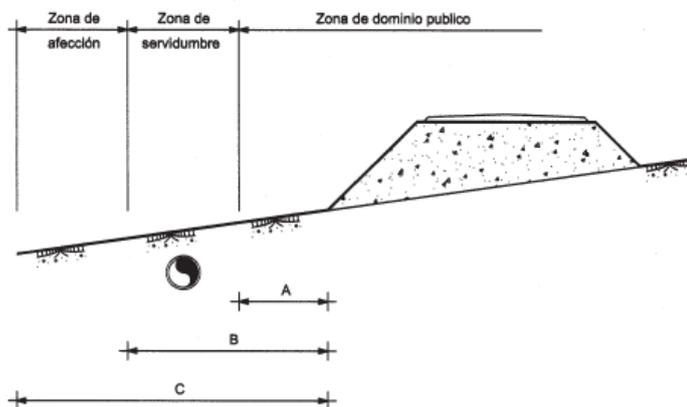
Las separaciones mínimas entre las generatrices externas de las tuberías de abastecimiento alojadas en zanja y las de los conductos, o las aristas de los prismas, de los demás servicios serán las indicadas en la **Tabla V-1**.

Tabla V-1. Separaciones mínimas entre conducciones de agua potable y resto de servicios

Servicio	Separación en alzado (cm)	Separación en planta (cm)
Alcantarillado	50	60
Gas	50	50
Electricidad A.T.	30	30
Electricidad B.T.	20	20
Telefonía	30	30

Cuando no sea posible mantener estas distancias mínimas será necesario disponer protecciones especiales aprobadas mediante acta escrita por el Ayuntamiento o la empresa suministradora correspondiente, según los casos.

En el caso frecuente de trazar una tubería paralela a una carretera, es deseable que ésta discorra por la zona de servidumbre, que es la zona de terreno que va de 8 a 25 metros (autopistas, autovías y vías rápidas), contados a partir de la arista exterior de la explanación, o de 3 a 8 metros, para los restantes tipos de carreteras (Ley 25/1988 de Carreteras). La zona de dominio público (0 a 8 metros para autopistas, autovías y vías rápidas y 0 a 3 metros para las restantes carreteras) estará sujeta al artículo 76.4 del Reglamento que desarrolla la anterior Ley, el cual establece que "se podrá autorizar excepcionalmente la utilización del subsuelo en la zona de dominio público, para la implantación o construcción de infraestructuras imprescindibles para la prestación de servicios públicos de interés general,...". En el caso de ferrocarriles, la Ley 16/1987 de Ordenación del Transporte Terrestre equipara las zonas de dominio público y servidumbre con las de las carreteras, por lo que es de aplicación lo anterior.



Disposición de tuberías cuando discurren paralelas a carreteras

	Distancia		
	A	B	C
Autopistas, autovías y vías rápidas	8 m	25 m	100 m
Resto de carreteras	3 m	8 m	50 m

En el caso de tuberías metálicas y en las de hormigón con camisa de chapa, debe alejarse el trazado de la tubería de las líneas eléctricas de tensión superior a 15 kV por el peligro de corrosión. Esto afecta, por ejemplo a las catenarias de los ferrocarriles electrificados. Las distancias mínimas están recogidas en la Tabla V-2.

Tabla V-2. Distancias mínimas recomendadas a líneas aéreas de alta tensión

Tensión en kV	Resistividad del suelo (ohm/m)	Distancia mínima (m)	
		Sin cable de guarda	Con cable de guarda
15		10	10
63	300	30	15
225	300	110	20
225	60	90	20
380	1000	200	50
380	300	170	35
380	100	120	25

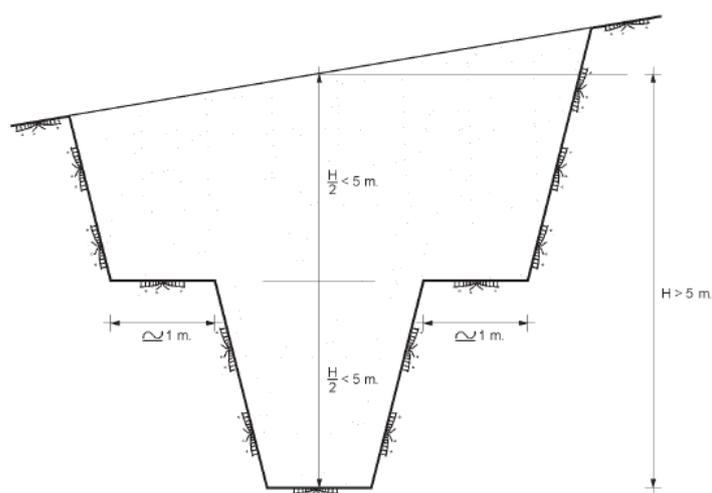
Al contrario que las aéreas, las líneas subterráneas no suelen producir fenómenos eléctricos apreciables sobre las tuberías enterradas debido a la buena calidad del aislamiento y la vaina protectora, generalmente conectada a tierra, de la que suelen ir provistas las líneas eléctricas enterradas.

b) *Trazado en alzado*

La profundidad mínima de las zanjas se determina de forma que la tubería quede protegida frente a las acciones externas y preservada de las variaciones de temperatura.

No obstante, como criterio general, puede establecerse que, si no hay tráfico rodado, la profundidad mínima de enterramiento sea de 60 centímetros, y, si se prevé tráfico, un metro o un valor igual al diámetro exterior (el mayor de ambos). Cuando estos recubrimientos mínimos no puedan respetarse deben tomarse las medidas de protección necesarias.

Si la profundidad de la zanja es superior a unos cuatro o cinco metros, es recomendable que se dispongan en los taludes bermas del orden de un metro de ancho, que dividan el desnivel existente entre el fondo de la zanja y el terreno natural en partes aproximadamente iguales, no superiores tampoco a cuatro o cinco metros.

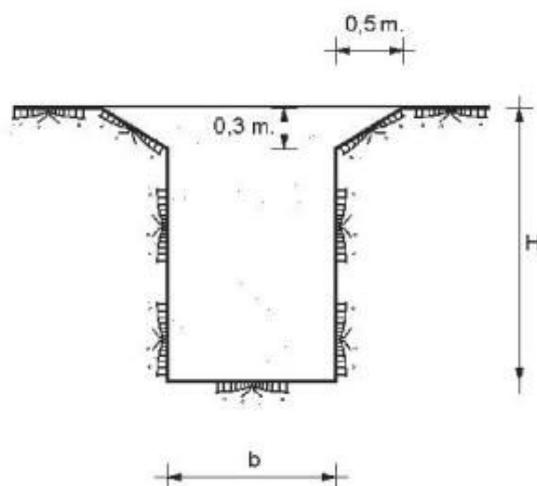


Bermas intermedias en zanjas profundas

Respecto a la pendiente de la zanja, se recomienda que ésta sea de al menos un 0,4 ó un 0,5% cuando el agua vaya en dirección descendente y del 0,2% en recorrido ascendente.

c) *Geometría de las zanjas*

En general se debe procurar excavar las zanjas con un talud estable de forma natural. Cuando ello no sea posible, se dispondrán taludes menos tendidos, debiendo en estos casos, si las profundidades son superiores a 1,5 m, proceder a la protección contra el desprendimiento mediante entibaciones.



Bordes ataluzados en zanjas

La anchura mínima de las zanjas se determina de forma que los operarios trabajen en buenas condiciones, debiendo además tenerse en cuenta el diámetro del tubo, el tipo de unión, la profundidad de la zanja, los taludes de las paredes laterales, la naturaleza del terreno, etc. En general, la anchura mínima será la indicada en la *Tabla V-3*.

Tabla V-3. Ancho mínimo de zanja en función del DN y de la profundidad de la misma

Ancho mínimo de zanja (m)			Profundidad de zanja H (m)	Ancho mínimo de zanja, b (m)
DN (mm)	Fundición dúctil y acero	Polietileno y PVC-O		
DN ≤ 150	0,6	0,40	H ≤ 1,00	0,60
150 < DN ≤ 250	0,60	0,50	1,00 < H ≤ 1,75	0,80
250 < DN ≤ 350	OD + 0,50	OD + 0,30	1,75 < H ≤ 4,00	0,90
350 < DN ≤ 700	OD + 0,70	OD + 0,50	H > 4,00	1,00
700 < DN ≤ 1.200	OD + 0,85	OD + 0,65		
DN > 1.200	OD + 1,00	OD + 0,80		

OD: Diámetro exterior

Si se instalan dos tubos en una misma zanja la distancia horizontal mínima entre ambos debe ser como mínimo de 70 cm.

5.1.3.2. Ejecución de las zanjas

En general, debe excavarse hasta un espesor por debajo de la línea de la rasante igual al de la cama de apoyo. Cuando el fondo de la zanja quede irregular, por presencia de piedras, restos

de cimentaciones, etc., será necesario realizar una sobre-excavación por debajo de la rasante de unos 15 a 30 cm., para su posterior relleno, compactación y regularización.

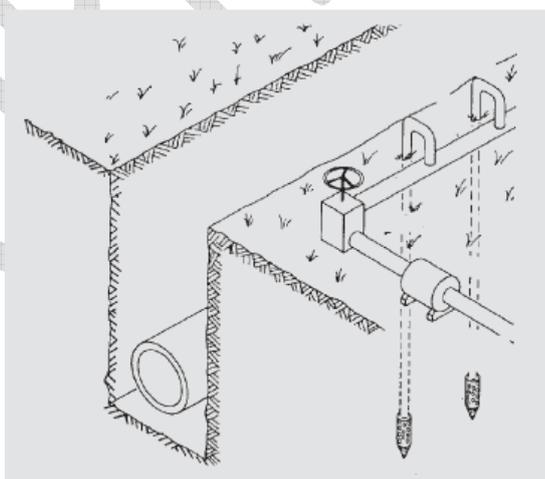
Los productos de la excavación aprovechables para el relleno posterior de la zanja deben depositarse en caballeros situados a un solo lado de la zanja, dejando una banqueta del ancho necesario para evitar su caída, con un mínimo de 60 centímetros.

5.1.3.3. Agotamiento de zanjas y rebajamiento del nivel freático

En general, debe procurarse excavar las zanjas en el sentido ascendente de la pendiente, para dar salida a las aguas por el punto bajo.

La presencia de agua en el interior de las zanjas debe ser evitada a toda costa, debiendo ser achicada antes de comenzar las tareas de montaje de los tubos y comprobando que los cordales de la entibación no se hayan relajado. En particular, en el caso de trabajo bajo nivel freático es aconsejable, y muchas veces imprescindible, el rebajamiento de éste mediante la técnica de los well-points. (Véase **Esquema V-1**)

La técnica del well-point consiste en un procedimiento para el rebajamiento del nivel freático mediante la hincada en el terreno de una serie de puntas filtrantes por debajo del nivel freático, separadas entre sí uno o dos metros. En el exterior todos estos conductos se recogen en una tubería que, conectada a una bomba de vacío, permite rebajar el nivel freático durante la ejecución de los trabajos.



Esquema V-1. Well-point

5.1.3.4. Sistemas de entibación

Las zanjas que no estén excavadas con taludes estables de forma natural deben protegerse contra los posibles desprendimientos mediante entibaciones.

- *Entibaciones con paneles de madera.* Sólo se emplea como solución puntual y para profundidades pequeñas, no superiores a dos metros.
- *Entibación mediante blindajes ligeros.* Son unos paneles, habitualmente de aluminio, de fácil manejabilidad que se unen longitudinalmente mediante sencillas sujeciones. Son de aplicación en terrenos de cierta consistencia y en profundidades de hasta tres metros.
- *Entibación mediante cajones de blindaje.* Consiste en el montaje fuera de la zanja de distintas planchas con sus extremos reforzados que configuren un cajón que pueda introducirse en la zanja de una sola vez o a medida que aumente la profundidad con la ayuda de la maquinaria de la excavación. Se emplea en profundidades de hasta 3 ó 4 metros.
- *Entibación por paneles deslizantes con guías.* Es uno de los sistemas más utilizados en la actualidad. Se trata de unas planchas deslizantes que se introducen en el terreno a través de unos perfiles-guía que se han colocado previamente, los cuales, a su vez, pueden ser simples o dobles. Con este sistema es fácil alcanzar profundidades de hasta 7 u 8 metros.

5.1.3.5. Montaje de la tubería

En general, el montaje de unos tubos con otros debe de realizarse en el interior de la zanja. Solo los tubos de PVC-O, los de PE, y con mayores precauciones también los de acero, pueden ser montados en el exterior de la zanja e introducirse en ella una vez unidos.

El montaje de la tubería debe realizarlo personal experimentado, que, a su vez, deberá vigilar el posterior relleno de la zanja, en especial la compactación de las zonas más próximas al tubo. Antes de bajar los tubos a la zanja deben examinarse a simple vista.

El descenso de los tubos al fondo de la zanja se debe realizar con precaución. Una vez los tubos en el fondo de la zanja, deben examinarse de nuevo para cerciorarse de que su interior esté libre de tierra, piedras, suciedad, etc., para a continuación realizar su centrado y alineación. Posteriormente deben ser calzados y acodalados con un poco de material de relleno para impedir su movimiento.

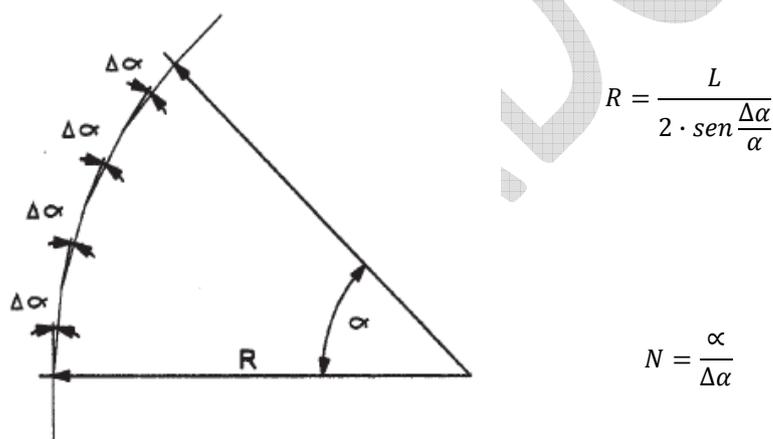
Si las pendientes de las zanjas son superiores al 10%, la tubería se debe colocar en sentido ascendente. Si esto no es posible, deben tomarse las precauciones necesarias para evitar el deslizamiento de la misma. Si se precisa reajustar algún tubo, deberá levantarse el relleno y prepararlo como para su primera colocación.

Cuando se interrumpa la colocación de la tubería deben taponarse los extremos para impedir la entrada de agua o cuerpos extraños, y al reanudar el trabajo examinar su interior, por si se hubiera introducido algún cuerpo extraño en la misma.

Para obtener cambios de alineación pueden seguirse los siguientes procedimientos:

- a) En los tubos dispuestos con unión flexible de enchufe y extremo liso con anillo elastomérico deben de realizarse mediante las oportunas piezas especiales.

Estas uniones sólo admiten una pequeña desviación. En los tubos de fundición no más de 4 ó 5° en diámetros menores de 1.000 mm y como mucho 1,5° en DN superiores; o en los de hormigón como máximo 1,5° ó 2°. En este caso, si la desviación en cada junta es $\Delta\alpha$ y los tubos tienen una longitud L (véase *Esquema V-2*), el radio de curvatura R resultante y el número de tubos N necesarios para un cambio de dirección α , serían los calculados mediante las siguientes expresiones:

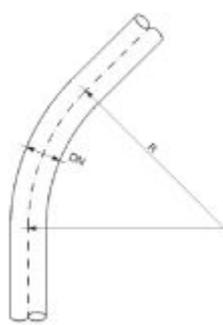


Esquema V-2. Desviaciones admisibles en uniones flexibles o por soldadura a solape

- b) En los tubos con unión rígida, en general, no ha lugar a posible desviación alguna en la unión, debiendo recurrir a las necesarias piezas especiales para lograr los cambios de alineación en planta.
- c) Por sus propias características, los tubos de PE, admiten cierta curvatura para su instalación. En concreto, son razonables los valores indicados en la *Tabla V-4*.

Tabla V-4. Curvaturas admisibles en tubos de PE

Radio máx. de curvatura, R		
PN	PE 40	PE 100
PN 6,0	20 DN	30 DN
PN 10,0	20 DN	20 DN
PN 16,0		20 DN
PN 20,0		20 DN
PN 25,0		20 DN



d) Los tubos de acero también admiten ser curvados, pudiendo obtenerse dicho curvado bien en frío (en la propia obra) o bien en caliente (en fábrica). En el primer caso (curvado en frío) pueden obtenerse radios de curvatura de hasta 5 ó 10 veces el DN, mientras que en el segundo caso (curvado en caliente) no deben excederse curvaturas de 20 ó 40 veces el DN.

5.1.3.6. Cama de apoyo

Los tubos no deben apoyarse directamente sobre la rasante de la zanja, sino sobre camas o lechos de arena, los cuales han de tener un espesor mínimo bajo la generatriz inferior del tubo de 10 cm.

Con carácter general se recomienda que la arena a emplear en las camas de apoyo sea no plástica, exenta de materias orgánicas.

Las camas hay que realizarlas en dos etapas. En la primera se ejecuta la parte inferior de la cama, con superficie plana, sobre la que se colocan los tubos, acoplados y acuñaos. En una segunda etapa se realiza el resto de la cama rellenando a ambos lados del tubo hasta alcanzar el ángulo de apoyo indicado en el proyecto.

En ambas etapas los rellenos se efectúan por capas compactadas mecánicamente.

Para suelos excepcionalmente malos (deslizantes, arcillas expansivas, terrenos movedizos, etc.). Dependiendo del caso, habrá de tratarse el fondo de la zanja según estudio previo.

5.1.3.7. Relleno de la zanja

Una vez realizadas las pruebas de la tubería instalada, para lo cual se habrá hecho un relleno parcial de la zanja dejando visibles las uniones, se procede al relleno definitivo del tramo probado, el cual se subdivide, en general, en dos zonas: la zona baja, que alcanza una altura

mínima de 10 cm por encima de la generatriz superior del tubo y la zona alta, que corresponde al resto del relleno de la zanja hasta sus bordes superiores.

La zona baja el relleno corresponde con el mismo material (arena) que se ha utilizado para la cama de apoyo, no plástico y exento de materias orgánicas. Se rellenará en capas de pequeño espesor, compactadas mecánicamente.

En la zona alta de la zanja, el relleno puede realizarse con cualquier tipo de material que no produzca daños en la tubería, recomendándose la zahorra artificial, colocándose en tongadas horizontales, compactadas mecánicamente hasta alcanzar un grado de compactación no menor del 95% del próctor normal.

El material del relleno, tanto para la zona alta como para la baja, puede ser, en general, procedente de la excavación de la zanja si es adecuado, según lo indicado en los párrafos anteriores.

5.1.3.8. Reposición del pavimento afectado

Una vez finalizados los trabajos de relleno de la zanja, se procederá a la reposición del pavimento de la superficie en la forma que en cada caso se haya especificado, debiéndose prestar especial atención a la unión del pavimento repuesto con el existente.

5.1.3.9. Protección catódica

En general, los sistemas de protección catódica solo son necesarios cuando sean previsibles problemas significativos de corrosión, siendo, por tanto, habitualmente suficiente la protección de las tuberías con sistemas pasivos de revestimientos.

Algunas situaciones con riesgo elevado de corrosión, susceptibles por lo tanto de aplicar un sistema de protección catódica, pueden ser: la cercanía a líneas electrificadas o a otros elementos protegidos catódicamente, suelos agresivos por su resistividad eléctrica, elevada acidez o alto contenido de sulfatos y cloruros, etc.

Para que la protección catódica sea efectiva la tubería a proteger debe tener continuidad eléctrica entre todos sus tubos. En el caso de que no exista debido al sistema de unión deben puentearse los tubos para unirlos eléctricamente.

El proyecto de la conducción debe detallar el sistema de protección catódica a instalar, así como las condiciones de los materiales, las de instalación de los mismos y cuantas otras características sean necesarias para el buen funcionamiento de la protección adoptada. Entre la normativa existente al respecto, se recomienda seguir lo especificado por la norma

UNEEN12954: 2002 o lo recogido en el Manual de corrosión y protección de tuberías de la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento AEAS, 2001.

El modo más económico y seguro de lograr la protección catódica de una tubería enterrada es aislarla de otras estructuras también enterradas y que no se desean proteger, tales como redes de tierra de cobre, armaduras de estructuras de hormigón armado, otras tuberías, etc. Para lograr este aislamiento se deben instalar juntas dieléctricas con ciertas precauciones para evitar que la corriente de la protección catódica las cortocircuite por el interior a través del agua.

La protección catódica de una estructura consiste en su polarización negativa respecto al medio donde se encuentra mediante una corriente externa.

Básicamente los sistemas de aplicación para la protección catódica pueden ser algunos de los dos siguientes:

- *Por ánodos de sacrificio (ánodos galvánicos)*
- Por fuentes de corriente impresa:
 - Rectificadores manuales
 - Rectificadores regulados

Además de lo anterior, cuando existan corrientes vagabundas causadas por ferrocarriles electrificados, para la protección de la tubería, pueden utilizarse equipos de drenaje polarizados según prEN 50162:2000. Incluso en estos casos de corrientes vagabundas, los sistemas de protección catódica pueden ser combinados de todos los anteriores.

En el sistema de protección denominado de "ánodos de sacrificio" la tubería a proteger se conecta a un metal más electronegativo que el del propio tubo, formando una pila y consiguiendo así, con el sacrificio del metal añadido, salvar el metal de la tubería.

Los sistemas de "corriente impresa con rectificador manual" se basan en que éste fuerce la salida de corriente continua hacia el suelo a través de un lecho de ánodos, actuando la tubería como cátodo y recibiendo corriente continua del suelo que la rodea.

Los sistemas de "corriente impresa con rectificador automático" trabajan igual que el caso anterior, pero con un control automático de la corriente de protección en función del potencial de la tubería.

Por último, para drenar las corrientes vagabundas se pueden utilizar equipos de "drenaje polarizado" o unidireccionales, que consisten en establecer una conexión entre la tubería y el

carril del ferrocarril electrificado que únicamente permita el flujo de la corriente en el sentido de la tubería a la vía a través del cable, evitando así las salidas de corriente de la tubería al suelo.

El proyecto de aplicación de un sistema de protección catódica incluirá obligatoriamente la instalación de tomas de potencial, normalmente a intervalos de un kilómetro, con el fin de controlar al menos cada seis meses el potencial eléctrico de la tubería para comprobar que se encuentra dentro del criterio de protección establecido.

5.1.4. Instalación de tubos aéreos

En la instalación de tubos aéreos, tanto en recintos cerrados como a cielo abierto, la tubería debe colocarse sobre apoyos aislados que, en general, suelen ser de hormigón o metálicos.

Los apoyos de hormigón se disponen con una cuna de asiento de la tubería, la cual abarca al tubo en un arco de entre 120° y 180°. Cuando se empleen zunchos metálicos para el apoyo de los tubos, deben ser pletinas con ancho mínimo de 50 mm, las cuales han de estar protegidas contra la corrosión no debiendo, en ningún caso, comprimir al tubo. Es especialmente desaconsejable el empleo de zunchos de sección circular.

En el caso de tubos de materiales plásticos el apoyo debe realizarse mediante pinzas o abrazaderas de material plástico o metálico, las cuales no deben comprimir al tubo. En cualquier caso, debe cuidarse que la superficie de contacto con la tubería sea suave y lisa, recomendándose colocar a tal efecto, salvo disposiciones especiales, una lámina gruesa de material elastomérico adecuado o de fieltro de fibra imputrescible entre el tubo y el apoyo.

Las uniones de los tubos y de las piezas especiales deben quedar al descubierto para permitir el montaje y desmontaje de las mismas.

La distancia entre apoyos debe ser tal que se garantice lo especificado en el apartado de cálculo mecánico de estas Normas. En la instalación de tubos aéreos, en general, se recomienda que se realice con tubería de fundición dúctil y deberá disponer dos apoyos por tubo. En el caso de los tubos de PVC-U y en los de PE, las distancias máximas recomendadas figuran en las tablas B.3 y 2 de las normas UNE ENV 1452-6:2001 y UNE 53394:1992 IN, respectivamente.

En este tipo de instalaciones aéreas deben preverse, en general, dispositivos para compensar las dilataciones debidas a las variaciones de temperatura, circunstancia a la que se le prestará especial atención en las tuberías de polietileno. Cuando los tubos de PVC-U se dispongan en

instalaciones aéreas se deben proteger especialmente contra la acción de los rayos solares. En cualquier caso, la temperatura de la superficie exterior del tubo no debe alcanzar los 45° C.

5.1.5. Otras instalaciones

Cuando los tubos se instalen con disposiciones diferentes a las ya descritas de "en zanja" o "aéreas", como son mediante hinca, subacuáticos, etc., el correspondiente proyecto debe especificar las condiciones a satisfacer en cada obra. En el caso de la disposición en galería, la colocación de los tubos debe cumplir, en general, lo especificado en el epígrafe anterior, pudiendo instalarse la tubería sobre apoyos o colgada de la clave o hastiales de la galería.

En el caso particular de las tuberías subacuáticas, la colocación de las mismas, en función de la naturaleza del terreno, puede realizarse en zanja, mediante apoyos o soleras de hormigón o con cimentaciones especiales, tales como pilotajes. Todas estas disposiciones requieren de equipos mecánicos adecuados a la profundidad del agua, al tipo del terreno y a las dimensiones y naturaleza de los tubos. La tubería puede ser colocada depositándola en su emplazamiento subacuático o bien arrastrada desde una de las márgenes.

Debe prestarse especial atención a la posible flotabilidad de la tubería, a cuyo efecto hay que disponer los correspondientes anclajes. Cuando la tubería se instale en zanjas, los rellenos de las mismas deben hacerse con materiales gruesos tales como gravas, escolleras o incluso hormigonando parte de la propia zanja.

5.2. OBRAS DE FÁBRICA, ALOJAMIENTOS

5.2.1. Obras de fábrica y alojamientos de elementos de la red

Las obras de fábrica necesarias para alojamiento de válvulas, ventosas y otros elementos de la tubería deben diseñarse con las dimensiones adecuadas para la fácil manipulación de aquellas, pudiendo ser, en general, tanto de hormigón como de materiales plásticos.

Su diseño debe ser tal que no sea necesaria su demolición para la sustitución de tubos, piezas especiales y demás elementos. Puede distinguirse entre:

- *Cámaras.* Son aquellos alojamientos visitables que, aun cuando su acceso pueda realizarse a través de una tapa de registro, junto a ésta se dispone de una cubierta a base de losas de hormigón armado, que puedan ser retiradas en caso necesario para realizar operaciones de mantenimiento o sustitución, en su caso.

- *Registros*. Son aquellos alojamientos visitables cuyo acceso, tanto de personas como de material, se realiza única y exclusivamente a través de la abertura que ocupa la tapa en su marco.
- *Arquetas*. Son aquellos alojamientos que no son visitables.

La elección del tipo de alojamiento lo aprobará el *Servicio Municipal de Aguas* ya que su diseño depende de numerosos factores, entre ellos el elemento de que se trate, su maniobrabilidad, profundidad, etc.

5.2.2. Alojamiento válvulas de compuerta en cascos urbanos

Para las válvulas de compuerta de la red de distribución instaladas en cascos urbanos, se prescindirá de la obra de fábrica para el alojamiento de ésta, utilizándose el sistema de trampillón, quedando solo el cuadradillo de la válvula accesible para su maniobra través de un útil (Ver fichas-planos en Anexo II).

5.2.3. Acceso a las obras de fábrica, tapas

Constan de una boca de acceso con tapa normalizada y, en el caso de que las dimensiones de los elementos alojados en la cámara lo requieran, ésta se cubriría mediante losas desmontables (cobijas) de hormigón armado canteadas con perfiles normalizados de acero.

La boca de acceso está formada por marco y tapa, siendo el primero el elemento fijado al alojamiento que recibe la tapa y le sirve de asiento. La tapa es el elemento móvil que cubre la abertura para el acceso a la cámara o registro.

El ancho mínimo del acceso a la cámara será de 600 mm. Tanto el marco como la tapa serán de fundición dúctil, con junta elástica.

En zonas aisladas, se podrán instalar tapas de hormigón armado de iguales características dimensionales y resistencia que las que se describen en este apartado.

Se denomina carga de control a la fuerza aplicada a los dispositivos de cierre durante los ensayos.

Se denomina flecha residual a la variación de cota del centro de la tapa en razón a un punto cualquier de la superficie de asiento, tomado como referencia.

Se designan las clases B125, C250, D400, E600 y F900 según norma UNE EN 124:1995, que corresponden respectivamente a las cargas de control de 125 kN, 250 kN, 400 kN, 600 kN y 900 kN de aplicación en los lugares de instalación siguientes:

- Clase B: para aceras o superficies similares, tales como zonas de aparcamiento accesibles únicamente por vehículos de turismo.
- Clase C: para zonas peatonales, aceras, canales de calles, bordillos de calzadas y aparcamientos accesibles a grandes pesos.
- Clase D: para calles peatonales, bandas de rodadura, calzadas y carreteras.
- Clase E: para pavimentos de aeropuertos, muelles y en general áreas por las que circulan vehículos de gran tonelaje.
- Clase F: para zonas sometidas a cargas particularmente elevadas. Las flechas residuales no serán superiores a 1/500 de las cotas de paso. Siendo la cota de paso el diámetro de acceso o hueco interior.

Los ensayos deberán realizarse en fábrica con arreglo a lo especificado en las Normas UNE-EN 124:1995.

Cuando se considere oportuno las tapas llevarán instalado un mecanismo de cierre homologado por el *Servicio Municipal de Aguas*.

5.3. CRUCES DE TUBERÍAS CON CARRETERAS

Se limita a 1.000 mm, como máximo, el diámetro de la tubería de abastecimiento afectada. Para los casos en los que el diámetro de la tubería supere esta dimensión, será necesaria la realización de un proyecto específico, a consensuar con la Administración de Carreteras correspondiente.

Se deberán cumplir las condiciones generales y particulares establecidas con carácter obligatorio, que se determinen en las licencias o autorizaciones de los Organismos competentes en la materia que la legislación vigente imponga.

5.3.1. Cruce de tuberías bajo carreteras existentes

Se recomienda la realización del cruce con la carretera en aquellas zonas por las que el trazado de ésta discorra en terraplén.

Si se autoriza la ejecución del cruce a cielo abierto la tubería se alojará en una galería visitable, según se indica en el apartado 5.3.2.

En otro caso el cruce de la conducción se ejecutará mediante hincas de tubería, en cuyo interior se alojará la tubería de abastecimiento. El diámetro mínimo contemplado para la tubería de abastecimiento en estas condiciones será de 200 mm

El diámetro de la tubería de hincas excederá, como mínimo, en 300 mm al diámetro de la tubería de abastecimiento. En la *Tabla V-5* se indican los diámetros de la tubería de hincas o vaina de protección recomendados para cada diámetro de la tubería de abastecimiento.

Tabla V-5. Diámetros de tubería de hincas recomendados

Tubería de abastecimiento Ø mm	Tubería de hincas Ø mm
200	500
250	600
300	600
400	700
500	800
600	900
800	1.200
1.000	1.400

La tubería de abastecimiento será de fundición dúctil con unión flexible acerrojada según UNE-EN 545:2002, o de acero inoxidable AISI 316L según UNE-EN 10088-1:1996, con junta soldada, y espesor (e) mayor o igual que la centésima parte de su diámetro y nunca inferior de 6 mm ($e \geq \frac{\text{Ø}}{100}$ y $e \geq 6$ mm).

El control, mantenimiento y explotación de la tubería de abastecimiento, objeto de la actuación, se realizará mediante la instalación de dos válvulas de seccionamiento, alojadas en cámaras, dispuestas a ambos lados de la carretera. Se continuará la vaina hincada hasta las cámaras de válvulas con el fin de conducir por dicha vaina las posibles fugas que se puedan producir.

En otro caso, se recomienda para su ejecución el sistema de perforación dirigida con tubería de polietileno, alojada en una vaina de protección, si ello fuera necesario.

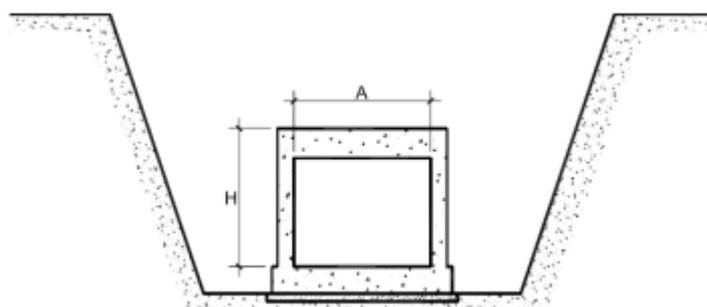
5.3.2. Cruce de nueva carretera sobre tubería existente o prevista

La obra de cruce se realizará en zanja a cielo abierto.

El cruce se realizará mediante una tubería alojada y debidamente anclada en galería rectangular, de dimensiones mínimas según figura adjunta, ejecutada mediante cajones o

elementos prefabricados con las juntas impermeabilizadas para impedir la penetración de agua procedente de la infiltración del terreno y con desagüe en los puntos bajos de la galería con objeto de poder evacuar el agua.

La galería dispondrá de los accesos necesarios para personal desde el exterior y que permitan la entrada de materiales para mantenimiento y explotación de la tubería. En las conexiones del tramo de cruce con la conducción existente se dispondrán válvulas de corte.



DN (mm)	A (m)	H (m)
≤ 300	$\geq 1,50$	$\geq 1,80$
$300 < \text{DN} \leq 1.000$	$\geq (2\text{DN} + 0,90)$	$\geq 1,80$

5.4. REHABILITACIÓN DE TUBERÍAS

Son aquellas técnicas de reacondicionamiento que, aprovechando en lo posible la infraestructura existente, mejoran sus características mecánicas e hidráulicas, sin aperturas de zanjas.

Se podrá considerar, como alternativa a la sustitución de la conducción existente por una nueva, la utilización de métodos de rehabilitación de tuberías suficientemente conocidos y contrastados, entre los que pueden citarse los siguientes:

- Encamisado con manga reversible
- Entubado de la canalización (Compact pipe)
- Rompedor estático (Bursting)
- Revestimiento interno con mortero de cemento
- Rehabilitación de juntas mediante manguitos

En general, el método óptimo a utilizar dependerá de las condiciones particulares de cada caso (tipo de tubería, diámetro, número de acometidas o elementos, longitud de instalación, etc.), por lo que cada situación deberá ser convenientemente analizada.

A tal respecto, en el proyecto constructivo, que deberá someterse a la aprobación del **Servicio Municipal de Aguas** se habrá de justificar el método de instalación adoptado comparando sus inconvenientes y ventajas respecto a otras alternativas, recogiendo también en el mismo los condicionantes y prescripciones que resulten pertinentes.

La longitud de los tramos de rehabilitación a considerar, que estará condicionada por los codos y otras características de la red, deberá justificarse adecuadamente.

Asimismo, estos tramos deberán disponer de un tratamiento relativo a Control de Calidad específico y concreto, con la consideración a estos efectos de "lote independiente de control".

De todas las actividades que se realicen, se deberá dejar constancia mediante el correspondiente informe que incluirá una grabación de video en formato digital.

Seguidamente, con carácter meramente informativo, se realiza una breve descripción de los diferentes métodos citados así como una serie de prescripciones mínimas a respetar, sin perjuicio de que, dado el nivel de especialización que requieren estas técnicas, deberá ser una empresa especialista de reconocido prestigio quien determine la viabilidad de ejecución para cada caso particular y las especificaciones del método a utilizar de forma que se asegure en todo momento la seguridad de la obra y la garantía de la rehabilitación efectuada.

5.4.1. Encamisado con manga reversible

Es una técnica de rehabilitación de tuberías que consiste en el encolado de una funda interior a la conducción

Con carácter general, la utilización de este procedimiento de rehabilitación estará permitido en tuberías de fundición, acero y hormigón armado con camisa de chapa, con diámetros comprendidos entre 100 y 1200 mm.

El proceso consiste en la introducción en la canalización que se rehabilita, por el método denominado de reversión, de un tubo flexible o manga de pequeño grosor y compuesta por un tejido de poliéster sin costura sobre el que se ha extrusionado una capa impermeable e inerte de polietileno o poliéster, que se pegará bajo presión sobre la pared interna de la conducción mediante una resina epoxi termoestable, de uso alimentario. Posteriormente, mediante robot, se perforará interiormente la manga en cada acometida existente.

Una vez finalizados los trabajos de rehabilitación, las extremidades de cada tramo serán reforzadas por una brida apropiada que, además de su función mecánica, deberá evitar cualquier riesgo a la unión entre la manga y la canalización.

En cada división de los tramos definidos se deberá extraer una longitud no menor de 1 m. de tubería existente, debiendo quedar limitado a estos dos extremos las afecciones que origine la obra en superficie. Posteriormente, para la puesta en servicio de la canalización se deberá reponer y conectar el tramo extraído con un carrete apropiado de tubería de fundición dúctil.

La prueba de presión a la que deberá ser sometido el tramo rehabilitado se efectuará con una presión de prueba (STP) de $0,5 \text{ N/mm}^2 \approx 5 \text{ kg/cm}^2$

5.4.2. Entubado de la tubería (compact pipe)

Este método consiste en la introducción, en el interior de la tubería a rehabilitar, de un tubo de menor diámetro, el cual, habitualmente, es de polietileno.

Con carácter general, su utilización estará permitida en tuberías de fundición, acero, hormigón armado con camisa de chapa y fibrocemento, con diámetros comprendidos entre 100 y 400 mm.

Los tubos de polietileno a utilizar serán del tipo PE 100 y PN 10, debiendo cumplir las especificaciones de la norma UNE-EN 12201.

En primer lugar, el tubo de polietileno es plegado en forma de "C" para posibilitar su introducción dentro del tubo a rehabilitar y, una vez insertado, debido a la elasticidad del polietileno, hacerle recuperar su forma original mediante el uso de vapor a presión.

Posteriormente, utilizando aire a presión, se efectúa el enfriamiento del tubo de polietileno y su acople a las paredes interiores de la conducción existente, con lo cual se mejoran sus condiciones de estanqueidad y resistencia mecánica.

Para la unión de la tubería de polietileno a la tubería existente se utilizará una conexión de brida, cuando la tubería existente no sea de este material. En caso contrario se conectará mediante manguito estándar de electrofusión.

5.4.3. Rompedor estático (Bursting)

Básicamente el procedimiento consiste en la rotura del conducto a sustituir por medio de un cono rompedor/expansor que destruye la conducción existente y arrastra la nueva tubería de polietileno a colocar, la cual será del tipo PE 100 y PN 10, debiendo cumplir las especificaciones de la norma UNE-EN 12 201.

Se recomienda este sistema para la rehabilitación de tuberías de cualquier material, en diámetros comprendidos entre 80 y 400 mm, debiendo prestarse especial atención a la presencia y ubicación de manguitos ya que, por lo general, estos elementos son resistentes al cono rompedor.

Para la unión de la tubería de polietileno a la tubería existente se utilizará una conexión de brida, cuando la tubería existente no sea de este material. En caso contrario se conectará mediante manguito estándar de electrofusión.

5.4.4. Revestimiento interior con mortero de cemento

Consiste en la proyección mecánica de un mortero de cemento en el interior de la tubería a rehabilitar.

En general, este sistema se utiliza para la rehabilitación de tubería metálicas cuyas características mecánicas permanecen en buen estado.

La prueba de presión a la que deberá ser sometido el tramo rehabilitado se efectuará con una presión de prueba (STP) de $0,5 \text{ N/mm}^2 \approx 5 \text{ kg/cm}^2$.

5.4.5. Rehabilitación de juntas mediante manguitos

Consiste este método en la impermeabilización de las juntas existentes entre tramos de tubos, con objeto de mejorar la estanqueidad de las conducciones.

Este sistema se podrá utilizar en conducciones fabricadas con fundición dúctil, hormigón armado con camisa de chapa y acero.

Los manguitos estarán elaborados a base de caucho EPDM de alta calidad, capaces de soportar presiones de 20 bar y con una tolerancia de $\pm 5 \text{ mm}$. Los aros de sujeción de los manguitos deberán ser de acero inoxidable.

Capítulo VI. PRUEBA, PUESTA EN SERVICIO, CONEXIÓN Y RECEPCIÓN

6.1. PRUEBA DE LA TUBERÍA INSTALADA

A medida que avance el montaje de la tubería, deben ejecutarse las oportunas pruebas de la tubería instalada.

La *Presión de prueba de la red (STP)* se calcula a partir de la *Presión máxima de diseño (MDP)*, de forma que, dependiendo de que el golpe de ariete se haya calculado en detalle, o únicamente se haya estimado, el valor de STP será (todos los valores en N/mm²):

a) Golpe de ariete calculado en detalle:

$$STP = MDPc + 0,1 \quad \text{ó bien} \quad STP = MDPc + 1,0 \text{ (en bar)}$$

Donde:

MDPc: Presión máxima que puede alcanzarse en la tubería en servicio, considerando las fluctuaciones producidas por un posible golpe de ariete calculado.

b) Golpe de ariete no calculado (estimado). El menor valor de las dos expresiones siguientes:

$$1) \quad STP = MDPa + 0,5 \quad \text{ó bien} \quad STP = MDPa + 5,0 \text{ (en bar)}$$

$$2) \quad STP = 1,5 MDPa$$

Donde:

MDPa: Presión máxima que puede alcanzarse en la tubería en servicio, considerando las fluctuaciones producidas por un posible golpe de ariete admitido (estimado).

El margen fijado por el golpe de ariete incluido en *MDPa* no debe ser inferior a 2 bar, por lo tanto se tiene que cumplir:

$$MDPa \geq (DP + 2 \text{ bar})$$

Donde DP es la presión de diseño, que es la presión máxima de funcionamiento sin golpe de ariete.

En los casos de impulsiones y grandes conducciones, debe siempre haberse calculado en detalle el valor del golpe de ariete (hipótesis a). Solo el caso de los ramales de las redes de distribución, en los que, debido a la abundancia de mecanismos de cierre, acometidas, etc.,

es difícil calcular con detalle el golpe de ariete en la hipótesis pésima de funcionamiento, es una de las situaciones en las que su valor puede ser "estimado" (hipótesis b).

6.1.1. Metodología

A medida que avance el montaje de la tubería ésta debe ser probada por tramos. Los extremos del tramo en prueba deben cerrarse convenientemente con piezas adecuadas, las cuales han de apuntalarse para evitar deslizamientos de las mismas o fugas de agua, y que deben ser, cuando así se requiera, fácilmente desmontables para poder continuar la colocación de la tubería.

Las longitudes de estos tramos dependen, de las características particulares de cada uno de ellos, debiendo seleccionarse con estas recomendaciones:

- La presión de prueba pueda aplicarse al punto más bajo de cada tramo en prueba.
- Pueda aplicarse una presión de al menos igual a MDP en el punto más alto de cada uno de ellos
- Pueda suministrarse y evacuarse sin dificultad la cantidad de agua necesaria para la prueba
- La diferencia de presión entre el punto de rasante más baja y más alta no exceda del 10% de STP
- En la medida de lo posible, sus extremos coincidan con válvulas de paso de la tubería

Unas longitudes razonables para los tramos pueden oscilar entre 500 y 1.000 ó incluso 2.000 metros.

Antes de empezar la prueba deben estar colocados en su posición definitiva todos los tubos, las piezas especiales, las válvulas y demás elementos de la tubería, debiendo comprobarse que las válvulas existente en el tramo a ensayar se encuentran abiertas y que las piezas especiales están ancladas y las obras de fábricas con la resistencia debida.

Cuando la tubería se disponga enterrada, la zanja debe estar parcialmente rellena, dejando las uniones descubiertas. Asimismo debe comprobarse que el interior de la conducción está libre de escombros, raíces o de cualquier otra materia extraña.

La bomba para introducir la presión hidráulica puede ser manual o mecánica, pero en este último caso debe estar provista de llaves de descarga o elementos apropiados para poder

regular el aumento de presión. Irá colocada en el punto más bajo de la tubería que se vaya a ensayar y debe estar provista, al menos, de un manómetro, el cual debe tener una precisión no inferior de $0,02 \text{ N/mm}^2$ ($0,2 \text{ kg/cm}^2$) La medición del volumen de agua, por su parte, debe realizarse con una precisión no menor de 1 litro.

En cualquier caso, pero especialmente en los de altas presiones, durante la realización de la prueba de la tubería instalada, deben tomarse las medidas de seguridad necesarias para que en caso de fallo de la tubería no se produzcan daños a las personas y que los materiales sean los mínimos posibles.

De acuerdo con todo lo anterior, la prueba, que es única, consta, en general, de las dos etapas siguientes: etapa preliminar y etapa principal.

6.1.1.1. Etapa preliminar

Se comienza por llenar lentamente de agua el tramo objeto de la prueba, dejando abiertos todos los elementos que puedan dar salida al aire, los cuales se irán cerrando después y sucesivamente de abajo hacia arriba. Debe procurarse dar entrada al agua por la parte baja del tramo en prueba, para así facilitar la salida del aire por la parte alta. Si esto no fuera posible, el llenado se debería hacer aún más lentamente, para evitar que quede aire en la tubería. En el punto más alto es conveniente colocar un grifo de purga para expulsión del aire y para comprobar que todo el interior del tramo objeto de la prueba se encuentra comunicado de la forma debida y lleno de agua. Si la tubería es de hormigón, una vez llena de agua, se debe mantener en esta situación al menos 24 horas.

El objeto de esta etapa preliminar es que la tubería se estabilice, alcanzando un estado similar al de servicio, a fin de que durante la posterior etapa principal los fenómenos de adaptación de la tubería, propios de una primera puesta en carga, no sean significativos en los resultados de la prueba. Como fenómenos de adaptación más característicos de una primera puesta en carga, pueden destacarse: movimientos de recolocación en uniones anclajes y piezas especiales; expulsión de aire; saturación de la tubería para el caso de materiales absorbentes como el hormigón; y la deformación de los tubos.

A continuación, se aumenta la presión hidráulica de forma constante y gradual hasta alcanzar un valor comprendido entre STP y MDP, de forma que el incremento de presión no supere $0,1 \text{ N/mm}^2$ (1 kg/cm^2) por minuto.

Esta presión debe mantenerse entre dichos límites durante un tiempo razonable (que lo debería fijar el proyecto correspondiente o la DO a la vista de las circunstancias particulares de cada caso) para lograr los objetivos de esta etapa preliminar, para lo cual, si es necesario, habrá que

suministrar, bombeando, cantidades adicionales de agua. Durante este período de tiempo no debe haber pérdidas apreciables de agua, ni movimientos aparentes de la tubería. Caso contrario, debería procederse a la despresurización de la misma, a la reparación de los fallos que haya lugar y a la repetición del ensayo.

La fijación de la duración de esta etapa preliminar es fundamental para el buen desarrollo de la posterior etapa principal. Deberá ser tal que logre por completo la estabilización de la tubería a que antes se hacía referencia y dependerá de numerosos factores, como por ejemplo, el tipo de tubo de que se trate, el diámetro, las condiciones de la instalación, la naturaleza de las uniones, la climatología, etc. De todo ello es especialmente importante la tipología de la tubería, ya que aquellos tubos susceptibles de absorber cantidades importantes de agua, y especialmente en el caso de altas temperaturas ambiente, son los que requieren que esta etapa tenga una duración importante que logre mitigar el efecto de dicha absorción.

Por lo tanto, para tubos metálicos y de materiales plásticos (PVC-U, PE y PRFV) la duración de la etapa preliminar estará comprendida entre una y dos horas, en los de hormigón y fibrocemento, la duración estará comprendida entre las 24 y 48 horas, siendo el *Servicio Municipal de Aguas*, el que, en función de los factores citados anteriormente, fijará la exactamente la duración de esta etapa preliminar.

6.1.1.2. Etapa principal o de puesta en carga

Una vez superada la etapa preliminar, la presión hidráulica interior se aumenta de nuevo de forma constante y gradual hasta alcanzar el valor de STP, de forma que el incremento de presión no supere $0,1 \text{ N/mm}^2$ (1 kg/cm^2) por minuto. Una vez alcanzado dicho valor, se desconecta el sistema de bombeo, no admitiéndose la entrada de agua durante, al menos, una hora. Al final de este período al medir mediante manómetro el descenso de presión habido durante dicho intervalo, éste debe ser inferior a los siguientes valores:

- $0,02 \text{ N/mm}^2$ ($0,2 \text{ kg/cm}^2$) para tubos de fundición, acero, hormigón con camisa de chapa, PVC-O, PRFV y PE, en su caso.
- $0,04 \text{ N/mm}^2$ ($0,4 \text{ kg/cm}^2$) para tubos de hormigón sin camisa de chapa

A continuación, se eleva la presión en la tubería hasta alcanzar de nuevo el valor de STP suministrando para ello cantidades adicionales de agua y midiendo el volumen final suministrado, debiendo ser éste inferior al valor dado por la expresión siguiente:

$$\Delta V_{max} = 1,2 \cdot V \cdot \Delta p \left[\frac{1}{E_w} + \frac{ID}{e \cdot E} \right]$$

- $\Delta V_{m\acute{a}x}$: Pérdida admisible, en litros
- V: Volumen del tramo de tubería en prueba, en litros
- Δp : Caída admisible de presión durante la prueba en N/mm² cuyos valores son:
 0,02 N/mm² para tubos de fundición, acero, hormigón con camisa de chapa, PVC-U, PRFV y, en su caso PE
 0,04 N/mm² para tubos de hormigón sin camisa de chapa
- E_w : Módulo de compresibilidad del agua, en N/mm²
- E: Módulo de elasticidad del material del tubo, en N/mm²
- ID: Diámetro interior del tubo, en mm
- e: Espesor nominal del tubos, en mm
- 1,2: Factor de corrección que, entre otros aspectos, tiene en cuenta el efecto del aire residual existente en la tubería

El módulo de compresibilidad del agua (E_w) y unos valores razonables para los valores del módulo de elasticidad del material de la tubería (E) son los siguientes:

E_w :	2,1 x1 0 ³ N/mm ²
E:	Fundición 1,70 x 10 ⁵ N/mm ²
	Acero 2,10 x 10 ⁵ N/mm ²
	Hormigón 2,00 x 10 ⁴ N/mm ² – 4,00 x 10 ⁴ N/mm ²
	PVC-U 3.600 N/mm ² (corto plazo); 1.750 N/mm ² (largo plazo)
	PE 1.000 N/mm ² (corto plazo); 150 N/mm ² (largo plazo)
	PVC-O: 3.500 N/mm ² (corto plazo)
	PRFV 1,00 x 10 ⁴ N/mm ² – 3,9 x 10 ⁴ N/mm ²

Cuando, durante la realización de esta etapa principal o de puesta en carga, el descenso de presión y/o las pérdidas de agua sean superiores a los valores admisibles antes indicados, se deben corregir los defectos observados (reparando las uniones que pierdan agua, cambiando, si es preciso, algún tubo o pieza especial) para así proceder a repetir esta etapa principal hasta superarla con éxito.

En determinadas situaciones, tales como los ramales de las redes de distribución de pequeño diámetro o escasa longitud, puede admitirse que en esta etapa principal se realice únicamente la comprobación de que el descenso de presión producido durante la misma es inferior a los valores admisibles antes indicados.

6.2. PUESTA EN SERVICIO DE LA TUBERÍA

Una vez realizada la instalación de la tubería y ejecutadas las pruebas de la tubería instalada, y previo a la puesta en servicio de la misma, debe procederse a su limpieza general y desinfección.

6.2.1. Limpieza general

Se procederá obligatoriamente a la limpieza de una red o conducción antes de su puesta en servicio y previo a integrarse al conjunto de la infraestructura de abastecimiento del Servicio.

La limpieza se podrá efectuar por tramos o sectores, mediante el cierre de las válvulas de seccionamiento. El llenado de la conducción se realiza, en general, por el punto más bajo de la misma, y a una velocidad lenta (aproximadamente 0,05 m/s).

Tras el llenado, se abrirán los elementos existentes en el sector a limpiar, válvulas de desagüe, ventosas, hidrantes, válvulas de acometidas, etc., recomendándose que la velocidad de circulación del agua esté comprendida entre 1 y 3 m/s. hasta que se verifique que organolépticamente es correcta y que el valor del desinfectante residual sea similar al de agua de alimentación.

La limpieza general no podrá en modo alguno sustituir a la desinfección indicada en el siguiente punto, que deberá realizarse previamente a la puesta en servicio.

6.2.2. Desinfección

Al igual que la limpieza, la desinfección de una red o conducción se realizará obligatoriamente antes de su puesta en servicio y previo a integrarse al conjunto de la infraestructura de abastecimiento del Servicio.

Cualquier operación de desinfección debe ser comunicada con antelación y supervisada por el *Servicio Municipal de Aguas*.

La desinfección requiere el aislamiento y vaciado del tramo de conducción a tratar, por lo que, en caso de existir conexiones de acometidas u otras conducciones a ésta, aquéllas deben cerrarse previamente.

Antes de proceder a la desinfección, se verificará la ausencia de sedimentos en la conducción. Si existen, proceder a la limpieza previa de la conducción, en las condiciones señaladas en el apartado anterior correspondiente a la limpieza general.

La desinfección se realizará con una solución de 25 mg/l de cloro, preparada a partir del hipoclorito comercial que se usa para la desinfección del agua de consumo. Para ello, se hará entrar el agua por la tubería para llenar el tramo, añadiendo simultáneamente la cantidad necesaria de hipoclorito comercial para alcanzar la concentración de 25 mg/l (ver *Tabla VI-1*). El tiempo de contacto del tramo, debidamente aislado, con el desinfectante ha de ser de, al menos, 10 horas, verificando antes de la renovación del caudal, la presencia de al menos 1 ppm de cloro libre residual.

De modo orientativo, en la siguiente tabla se indican los litros de hipoclorito comercial (150 g/l aproximadamente) para alcanzar 25 ppm de cloro activo en el agua en una conducción de 100 m de longitud:

Tabla VI-1 Volumen de hipoclorito comercial a dosificar (valores orientativos)

Diámetro interior (ID) de la conducción (mm)	Volumen de 100 m de conducción (m³)	Volumen de hipoclorito comercial (150 g/l) de cloro activo a emplear (litros)
100	0,785	0,13
150	1,77	0,30
200	3,14	0,52
250	4,91	0,82
300	7,07	1,18
400	12,57	2,10
500	19,64	3,27
700	38,48	6,41

Cumplidos los tiempos de contacto especificados, introducir agua en la conducción (sin poner ésta aún en servicio, sino evacuando agua por un desagüe) hasta que los valores de cloro alcancen los valores habituales. El enjuagado debe realizarse de forma extensa, asegurándose de que no queden bolsas de agua hiperclorada. Si se prevé que la disolución evacuada por el desagüe puede ocasionar un problema por su vertido a la red de alcantarillado o al medio circundante, deberá preverse su neutralización.

Tras el enjuague, proceder al llenado paulatino y puesta en servicio de la conducción. Tomar una muestra que se enviará a un laboratorio acreditado o autorizado por el *Servicio Municipal de Aguas* para la comprobación de la calidad microbiológica. Transcurrido el tiempo de incubación, si los resultados del análisis microbiológico son favorables, se dará por

terminada la actuación de desinfección. En caso de no alcanzarse la calidad microbiológica exigida, repetir la operación de desinfección.

6.3. CONEXIÓN Y PUESTA EN SERVICIO DE LA RED

Una vez finalizado el proceso de limpieza y desinfección de la tubería se coordinará entre el *Servicio Municipal de Aguas* y el contratista la ejecución de la conexión correspondiente.

Tal como se indica en el punto 1.3.2, corresponderá al *Servicio Municipal de Aguas* la realización de los trabajos de conexión con la red municipal.

Terminados los trabajos se procederá a la puesta en carga de la tubería, efectuándose el llenado de la misma por el punto más bajo de la red, facilitándose la salida del aire a través de las ventosas o hidrantes existentes en el tramo, las cuales se mantendrán abiertas hasta que se haya completado el llenado de la red.

Este proceso se realizará siempre y cuando la nueva red entre en servicio con carácter inmediato, con objeto de que el agua no se quede sin renovación.

6.4. RECEPCIÓN DE LA RED

Finalizadas las obras, el *Servicio Municipal de Aguas* procederá a:

- 1) *Realizar una inspección visual de las nuevas instalaciones.* Para ello se maniobrarán los elementos que se estime oportuno, cerrando y/o abriendo válvulas, inspeccionando arquetas, cámaras, comprobación del buen funcionamiento de equipos electromecánicos como bombas, grupos electrógenos, polipastos, etc. Todo con objeto de comprobar que la construcción y el montaje se ha realizado con arreglo a las prescripciones fijadas.
- 2) *Prueba general de la red.* Cuando la conducción haya sido dividida en dos o más tramos de prueba y todos ellos hayan pasado con éxito la prueba de presión, el conjunto de la red deberá someterse, a la presión de funcionamiento de la red (OP), instalándose un contador de 15 mm de tipo B durante dos horas en un extremo de la red que previamente se habrá aislado, comprobando que no ha circulado por el contador caudal alguno.

Los componentes adicionales (no ensayados en las pruebas parciales) incluidos después de la prueba de presión en secciones adyacentes deben ser inspeccionados visualmente para detectar fugas y cambios de alineamiento.

- 3) *Informe de recepción.* El *Servicio Municipal de Aguas* emitirá un informe en el que expondrá el cumplimiento o incumplimiento de las prescripciones fijadas.

Si el informe de recepción es favorable, se podrá proceder a la Recepción Provisional de las instalaciones, para lo cual resultará imprescindible la previa entrega al *Servicio Municipal de Aguas* de los Planos que reflejen fielmente las conducciones y elementos instalados en formato editable digital.

Transcurrido el plazo de garantía, que salvo estipulación expresa en contrario tendrá una duración de un (1) año y en el caso de que no existiesen defectos reseñables, se procederá a la Recepción Definitiva de las Obras.

BORRADOR

Capítulo VII. TRAMITACIÓN DE PROYECTOS

7.1. **INFORME PREVIO**

En las actuaciones relacionadas con las redes de abastecimiento resulta preceptivo el informe técnico del *Servicio Municipal de Aguas* con carácter previo a la ejecución de las obras correspondientes, por lo que, para la obtención de la Licencia Municipal, el Promotor, ya sea público o privado, deberá presentar un ejemplar del Proyecto de Obra para su aprobación por los servicios técnicos de *Servicio Municipal de Aguas*, utilizando el conducto que el Ayuntamiento determine en cada caso.

7.2. **DOCUMENTACIÓN MÍNIMA A PRESENTAR**

El Proyecto que se remita al *Servicio Municipal de Aguas* deberá contener, como mínimo, la documentación siguiente, relativa a la parte de instalaciones afectadas en el ámbito de aplicación de estas Normas:

- a) Memoria, debiendo describirse los criterios y premisas que justifican la solución adoptada.
- b) Anejos de Cálculo Justificativos, incluyendo:
 - Situación actual de la red de abastecimiento
 - Topografía
 - Cálculos hidráulicos y mecánicos
- c) Planos
 - Situación
 - Planta de las redes existentes
 - Puntos de conexión previstos
 - Planta de las obras a ejecutar
 - Perfiles longitudinales
 - Secciones tipo
 - Detalles de obras complementarias
 - Planta de servicios afectados

d) Pliego de Condiciones, con indicación de las características técnicas que han de cumplir los materiales y equipos utilizados en las obras así como las condiciones de ejecución de las mismas.

e) Mediciones

En el caso de que la instalación pueda discurrir por terrenos agresivos, se aportará el correspondiente estudio de agresividad del terreno.

7.3. INCUMPLIMIENTO

En caso de que se incumpla el deber de la solicitud de informe previo o de presentación de los proyectos al *Servicio Municipal de Aguas*, así como el incumplimiento durante la ejecución de las obras de lo establecido en estas Normas, dará lugar a la negativa del *Servicio Municipal de Aguas* a la recepción del conjunto de la instalación.

Anexo I. ACTA DE PRUEBA DE LA TUBERÍA INSTALADA

BORRADOR

AI.1. ACTA DE PRUEBA DE LA TUBERÍA INSTALADA

OBRA: _____

Reunidos en el lugar de las Obras D. _____

responsable de la supervisión de las mismas, en representación de la *Empresa Municipal de Aguas*, y D. _____

en nombre y representación de la empresa Adjudicataria _____

se procede a la prueba de la tubería instalada, procediéndose de acuerdo al procedimiento operativo descrito en las Normas Técnicas de Abastecimiento de Agua.

Tubería			Prueba de presión		Prueba de volumen
Material	ID	L	STP	Δp	ΔV

CRITERIOS DE VALIDEZ	
Prueba de Presión	$\Delta p < 0,02 \text{ N/mm}^2 (< 0,2 \text{ kg/cm}^2)$ Para tubos de fundición, acero, polietileno, PVC-O, PRFV y hormigón con camisa de chapa
	$\Delta p < 0,04 \text{ N/mm}^2 (< 0,4 \text{ kg/cm}^2)$ Para tubos de hormigón sin camisa de chapa
Prueba de volumen	$\Delta V_{max} = 1,2 \cdot V \cdot \Delta p \left[\frac{1}{E_w} + \frac{ID}{e \cdot E} \right]$
Esquema	Se deberá adjuntar al presente acta un esquema en el que se identifique claramente el tramo que se sometido a la prueba

ID: Diámetro interior de la tubería, en mm

L: Longitud tramo de prueba, en m

STP: Presión de prueba, en N/mm²

Δp : Descenso de presión, en N/mm²

ΔV : Volumen adicional, en litros

V: Volumen tramo de tubería en prueba, en litros

E_w : Módulo compresibilidad del agua ($2,1 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$)

e: Espesor nominal de la tubería, en mm

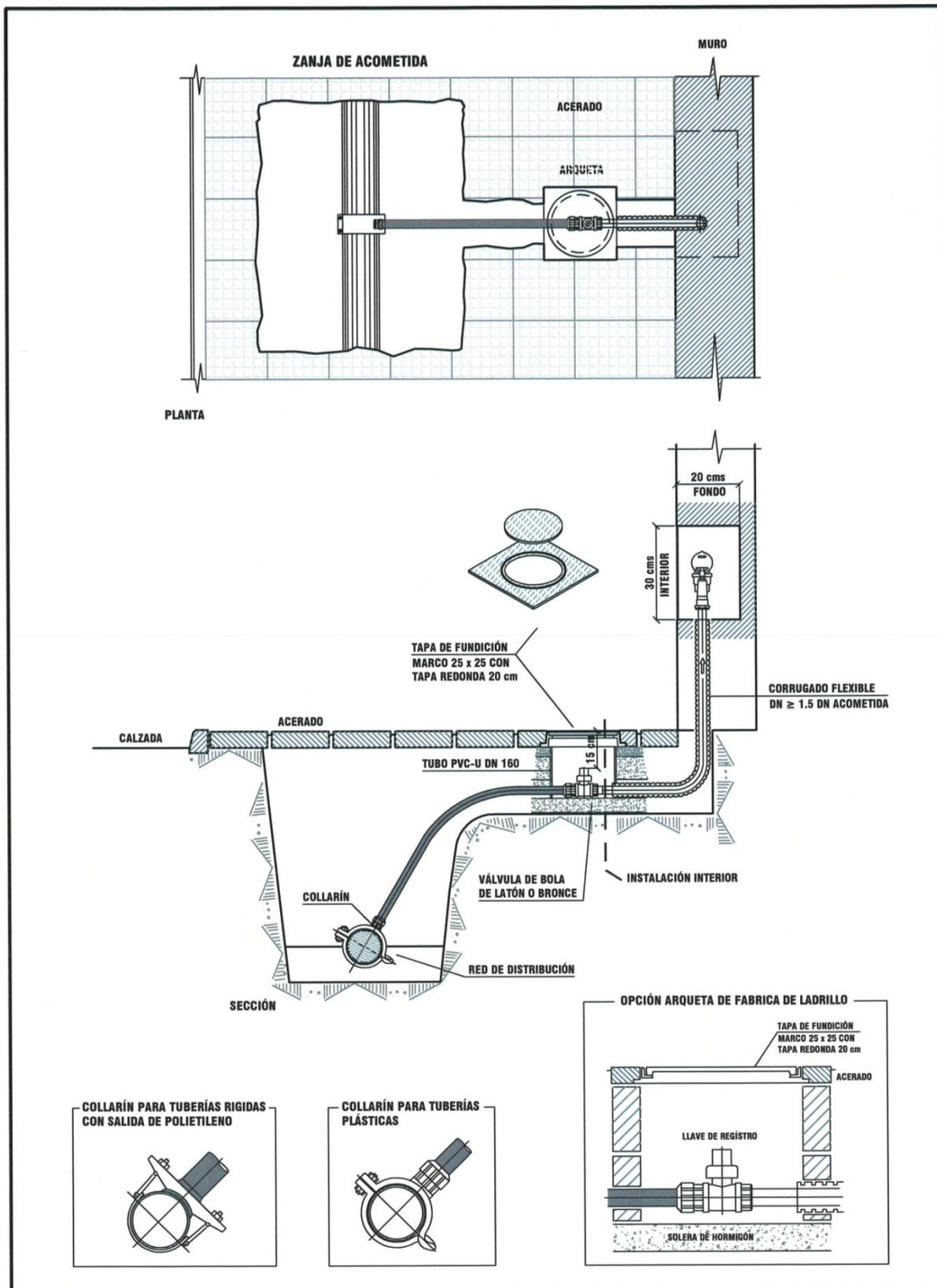
E: Módulo elasticidad del material del tubo, en N/mm². Ver valores de E en apartado 6.1.1.2

Y para que conste, se levanta la presente ACTA DE PRUEBAS la cual, una vez leída y ratificada es firmada por los presentes en, _____, a ____ de _____ de _____

Anexo II. FICHAS - PLANOS

BORRADOR

AII.1. ACOMETIDA



FICHAS - PLANOS RED DE ABASTECIMIENTO

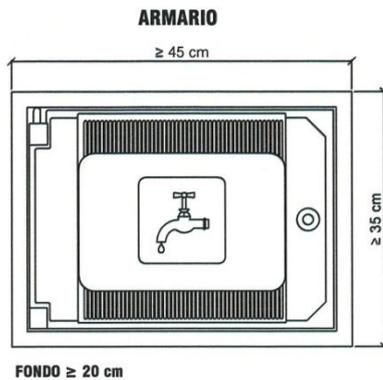
AÑO: 2013
 DETALLE Nº.: AB-01

ACOMETIDA

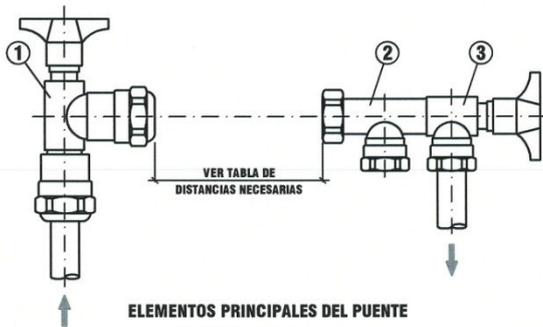
FICHA Nº.:
 01

AII.2. CONTADOR GENERAL

CONTADOR EN FACHADA



ALOJAMIENTO CONTADOR INDIVIDUAL EN ARMARIO



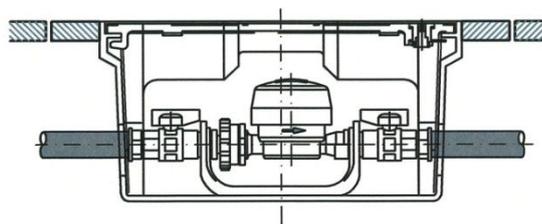
DISTANCIA ENTRE RACORES

CONTADORES	DISTANCIA ENTRE RACORES	CONEXIONES
DN 15 mm	115 mm	Rosca 3/4" - 3/4"
DN 20 mm	115 mm	Rosca 1" - 1"
DN 25 mm	260 mm	Rosca 1 1/4" - 1 1/4"
DN 30 mm	260 mm	Rosca 1 1/2" - 1 1/2"
DN 40 mm	300 mm	Rosca 2" - 2"
DN 50 mm	300 mm	Rosca 2 1/2" - 2 1/2"

ELEMENTOS PRINCIPALES DEL PUENTE

- 1 - VÁLVULA DE ENTRADA
- 2 - TE DE PURGA Y COMPROBACIÓN
- 3 - VÁLVULA DE SALIDA CON RETENCIÓN

SUMINISTROS A OBRAS O ESPECIALES



TRAMPILLÓN CON CONTADOR



FICHAS - PLANOS RED DE ABASTECIMIENTO

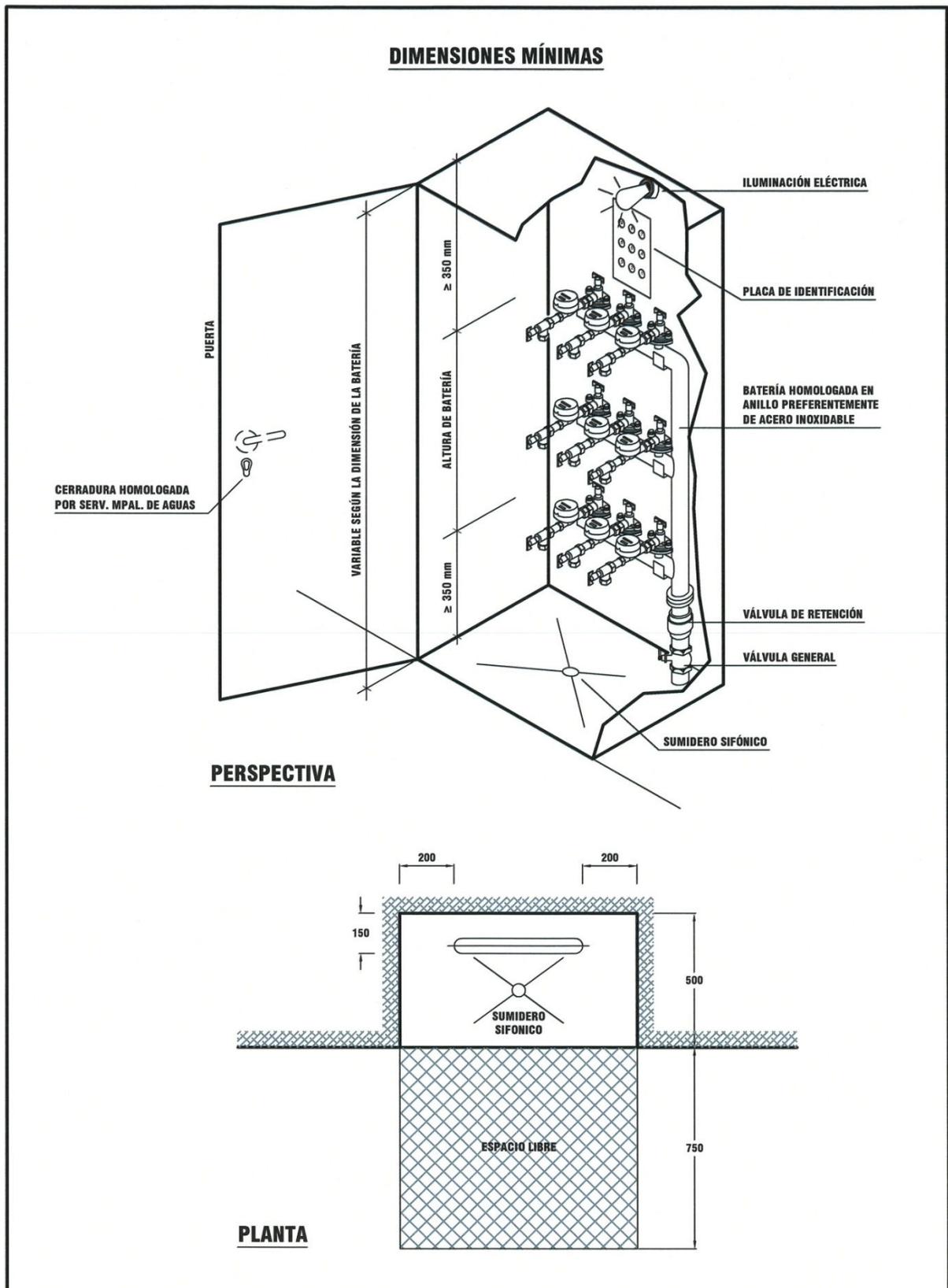
AÑO: 2013
 DETALLE Nº.: AB-02

CONTADOR GENERAL

FICHA Nº.:

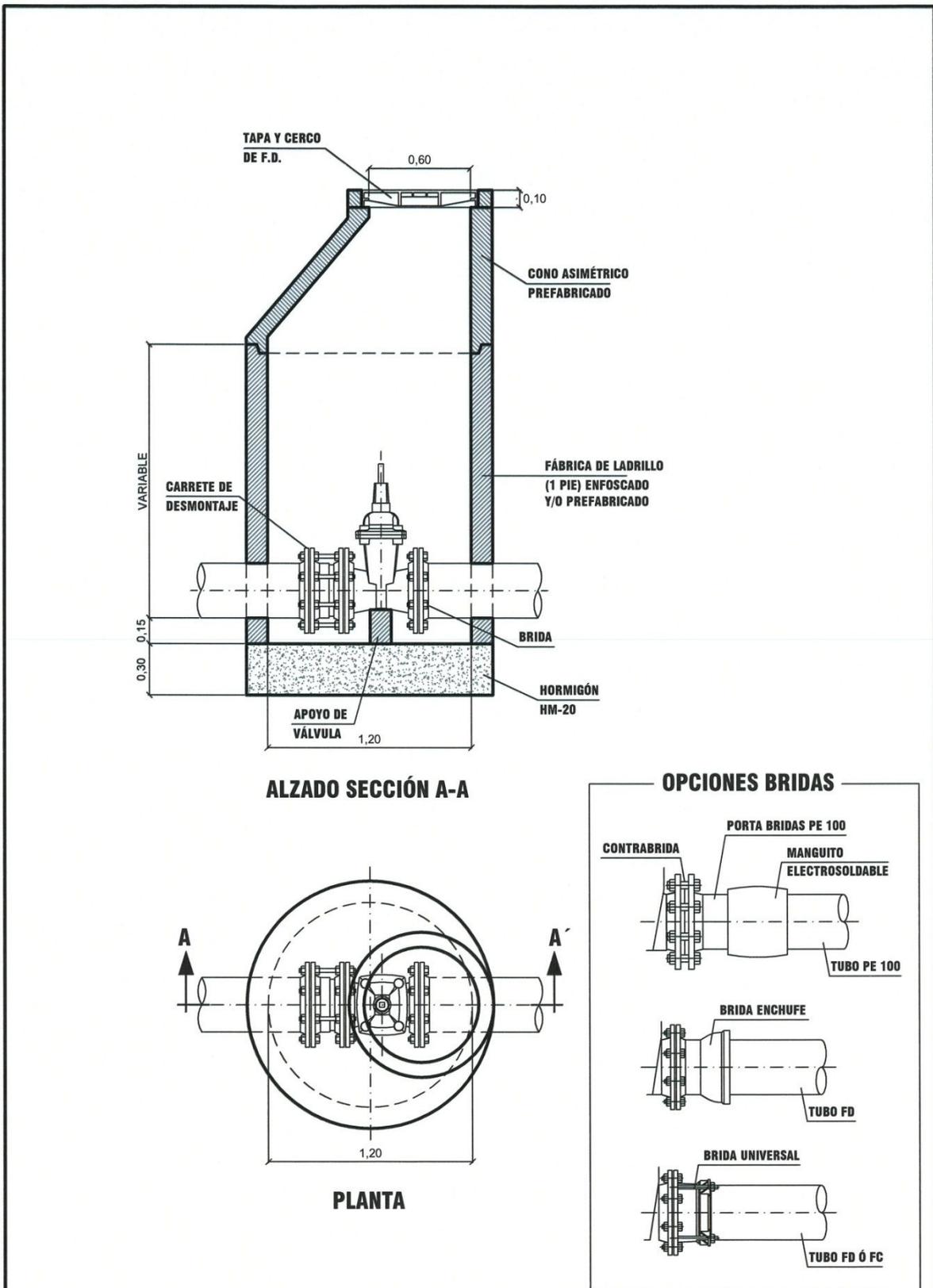
02

AII.3. LOCAL O ARMARIO PARA CONTADORES DIVISIONARIOS



	FICHAS - PLANOS RED DE ABASTECIMIENTO	
	AÑO: 2013 DETALLE N°.: AB-03	RECINTO PARA CONTADORES DIVISIONARIOS

AII.4. VÁLVULA DE COMPUERTA EN POZO O ARQUETA



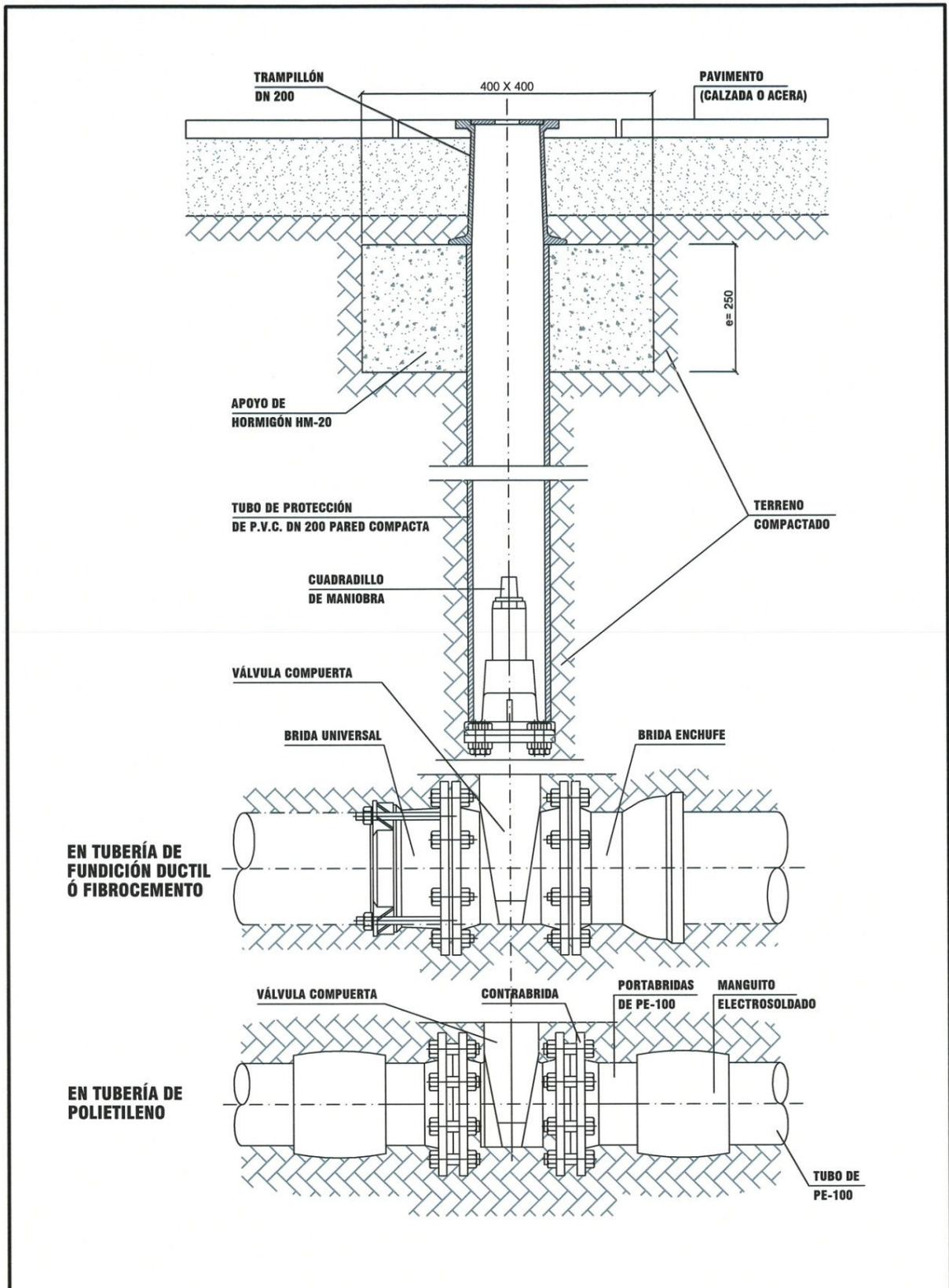
AÑO: 2013
DETALLE Nº.: AB-04

FICHAS - PLANOS RED DE ABASTECIMIENTO

VÁLVULA DE COMPUERTA EN POZO
Ó ARQUETA

FICHA Nº.:
04

AII.5. VÁLVULA DE COMPUERTA CON TRAMPILLÓN



FICHAS - PLANOS RED DE ABASTECIMIENTO

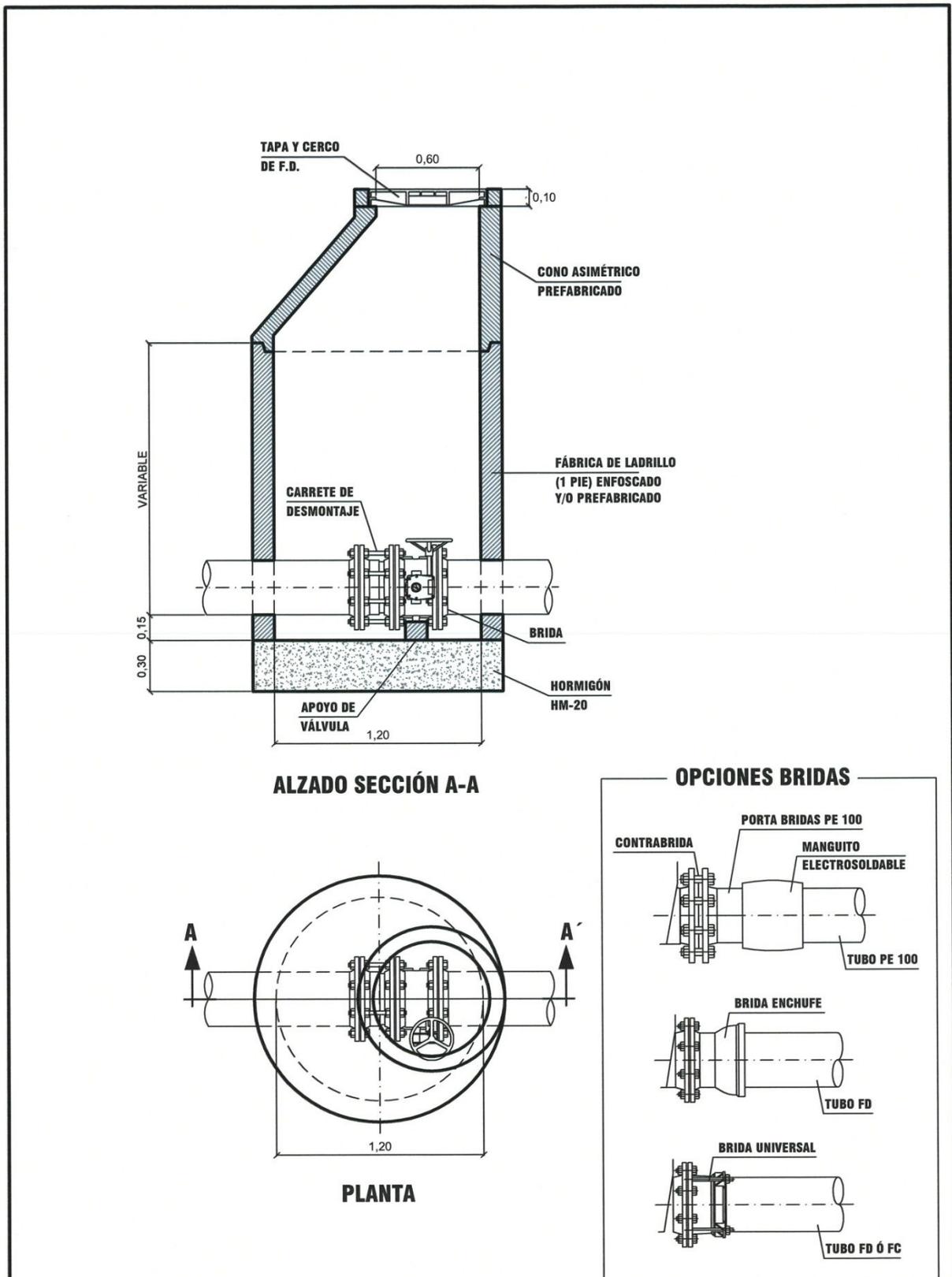
AÑO: 2013
 DETALLE Nº.: AB-05

VÁLVULA DE COMPUERTA ENTERRADA

FICHA Nº.:

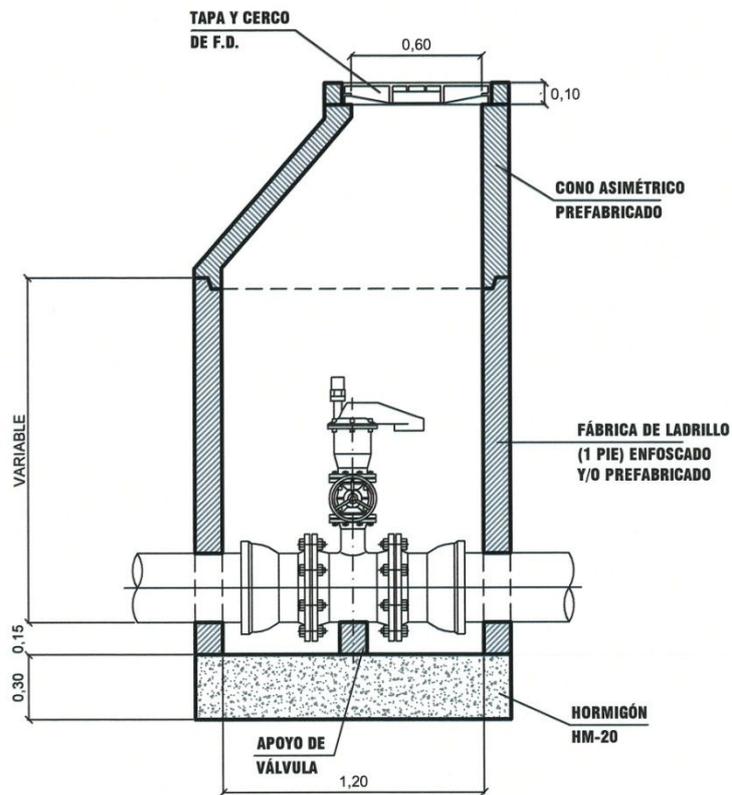
05

AII.6. VÁLVULA DE MARIPOSA EN POZO O ARQUETA

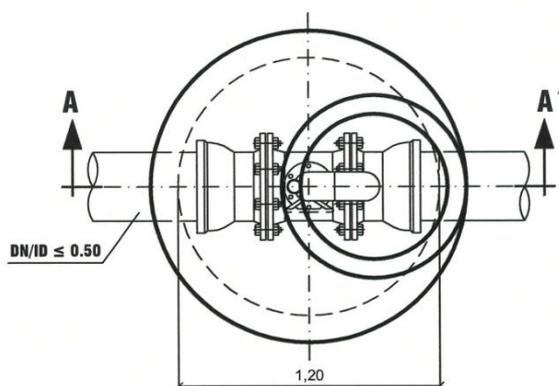


	FICHAS - PLANOS RED DE ABASTECIMIENTO	
	VÁLVULA DE MARIPOSA EN POZO Ó ARQUETA	
AÑO: 2013 DETALLE Nº.: AB-06	FICHA Nº.: 06	

AII.7. VENTOSA



ALZADO SECCIÓN A-A



PLANTA



FICHAS - PLANOS RED DE ABASTECIMIENTO

AÑO: 2013

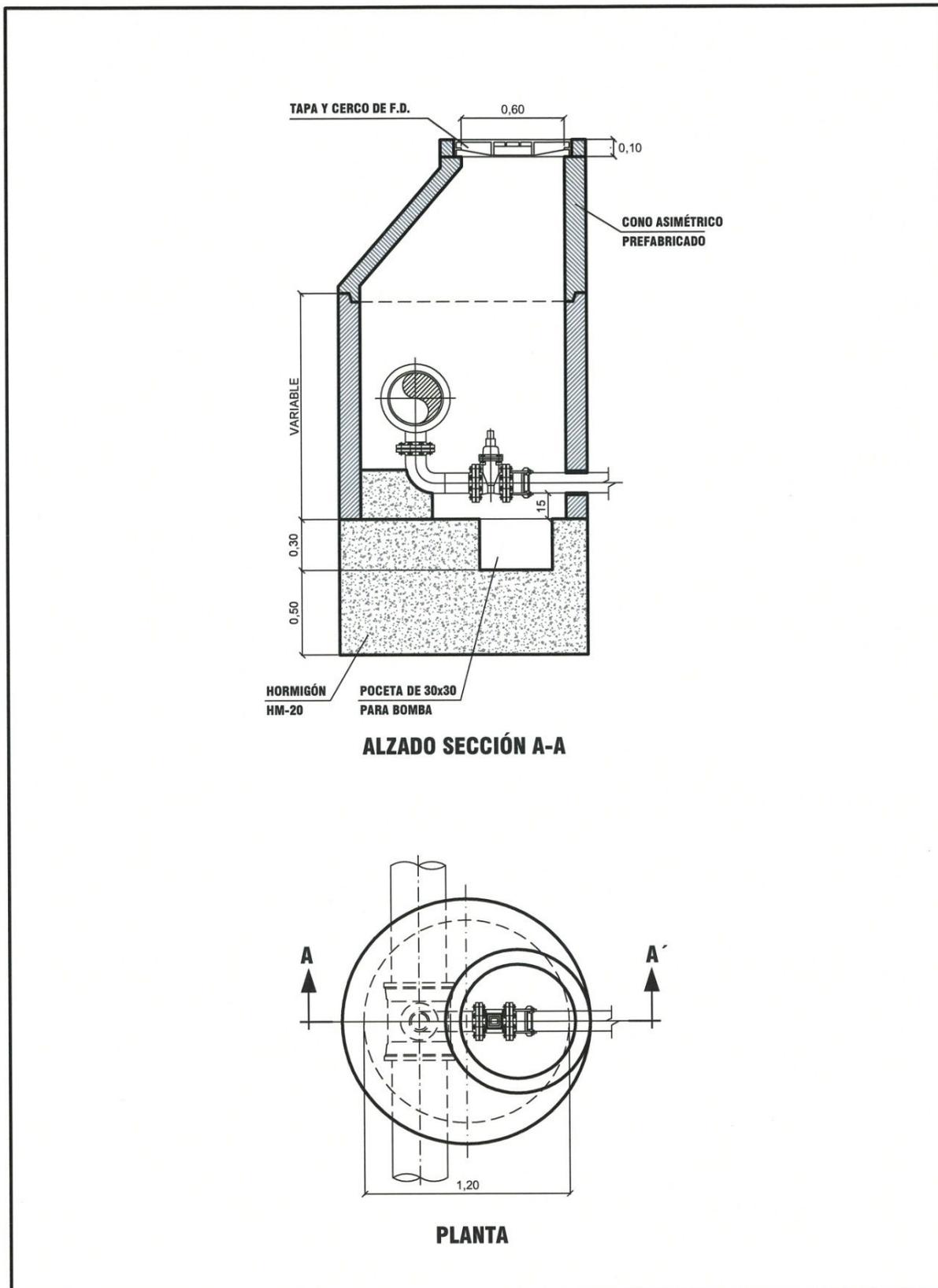
DETALLE Nº.: AB-07

DISPOSICIÓN DE VENTOSA EN POZO

FICHA Nº.:

07

AII.8. DESAGÜE



FICHAS - PLANOS RED DE ABASTECIMIENTO

AÑO: 2013

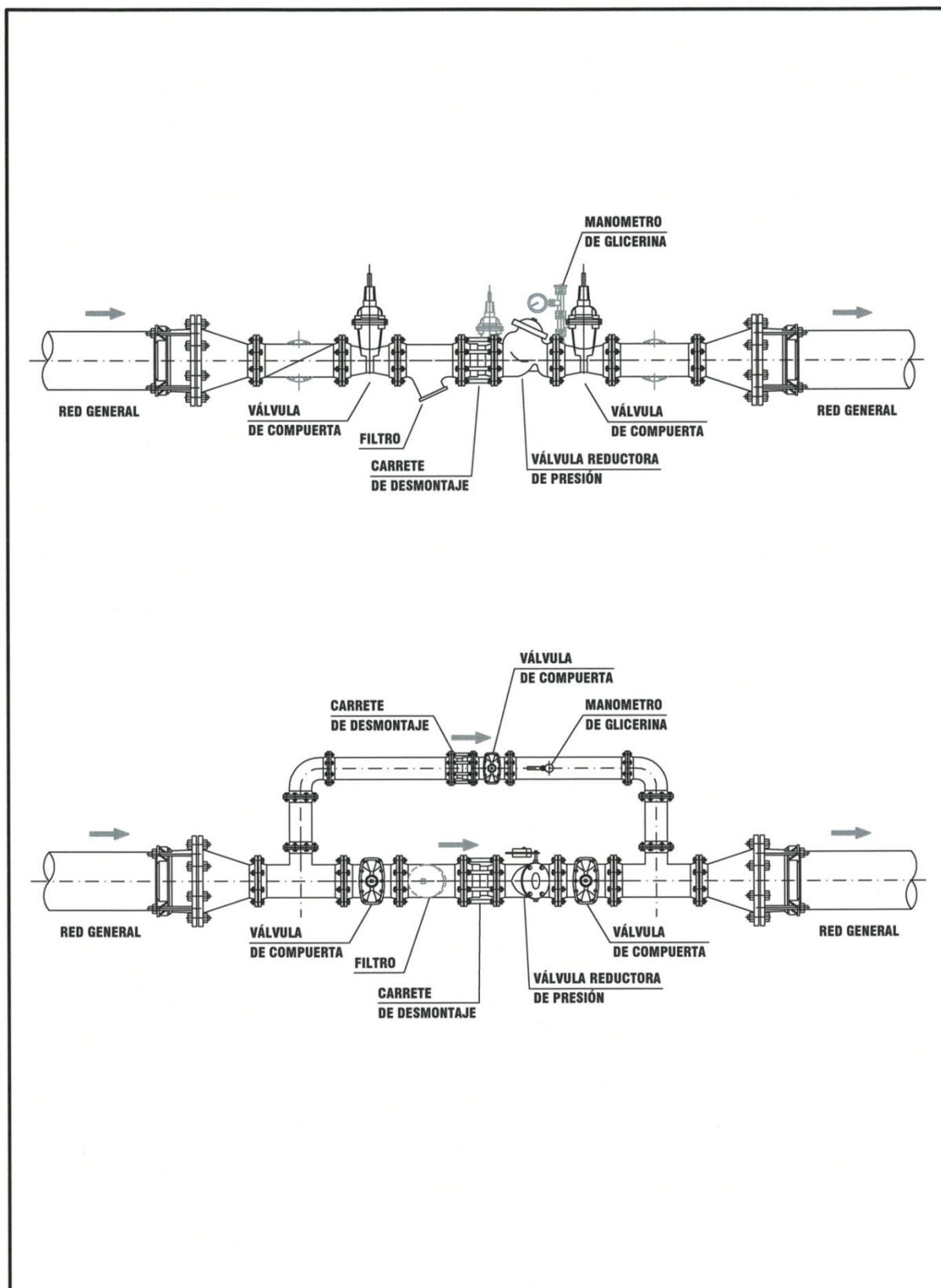
DETALLE Nº.: AB-08

DISPOSICIÓN DE DESAGÜE EN POZO

FICHA Nº.:

08

AII.9. VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN



FICHAS - PLANOS RED DE ABASTECIMIENTO

AÑO: 2013

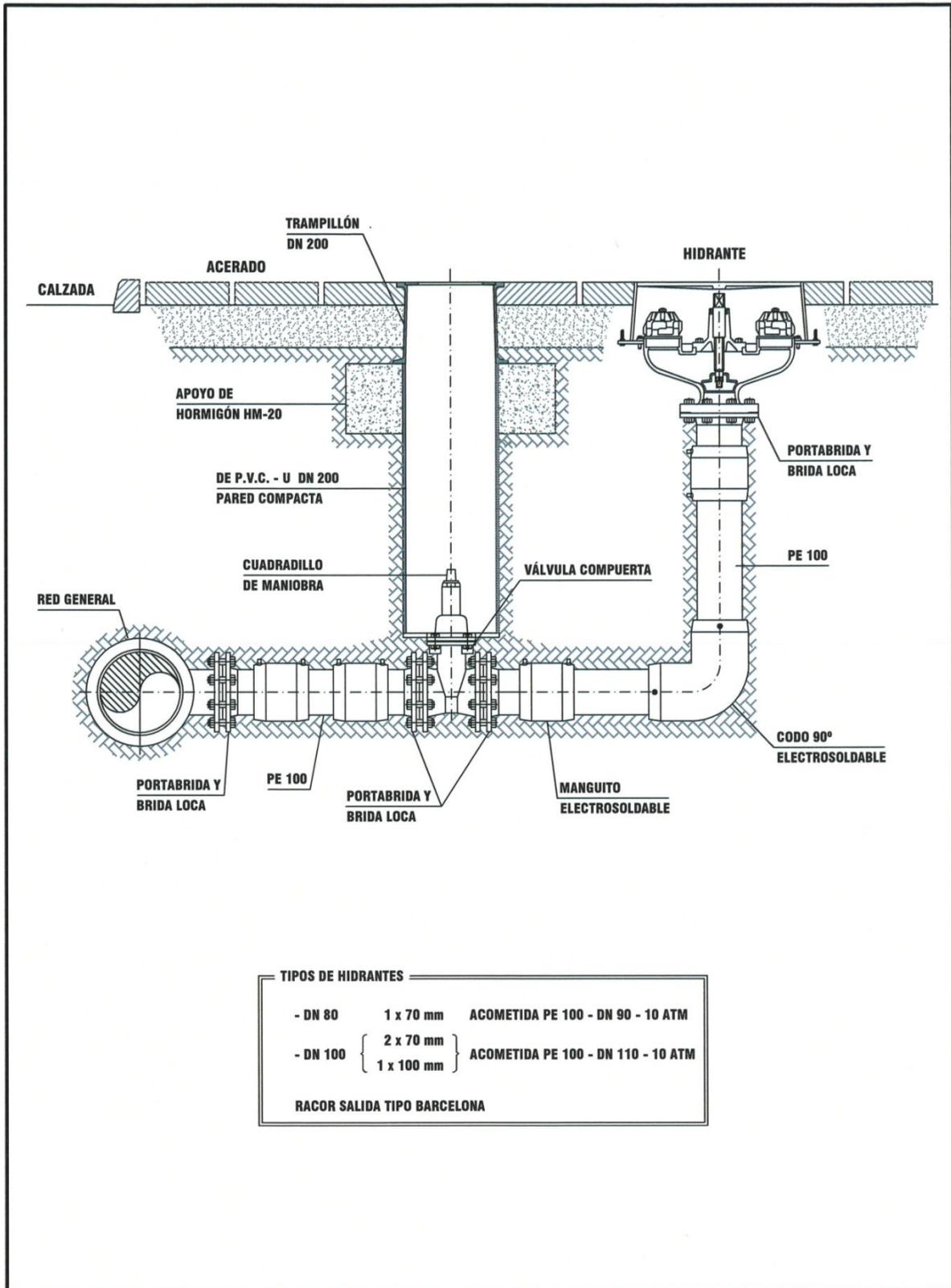
DETALLE Nº.: AB-09

VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN

FICHA Nº.:

09

AII.10. HIDRANTE



TIPOS DE HIDRANTES								
- DN 80	1 x 70 mm	ACOMETIDA PE 100 - DN 90 - 10 ATM						
- DN 100	<table border="0"> <tr> <td>{</td> <td>2 x 70 mm</td> <td rowspan="2">}</td> <td rowspan="2">ACOMETIDA PE 100 - DN 110 - 10 ATM</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1 x 100 mm</td> </tr> </table>	{	2 x 70 mm	}	ACOMETIDA PE 100 - DN 110 - 10 ATM		1 x 100 mm	
{	2 x 70 mm	}	ACOMETIDA PE 100 - DN 110 - 10 ATM					
	1 x 100 mm							
RACOR SALIDA TIPO BARCELONA								



FICHAS - PLANOS RED DE ABASTECIMIENTO

AÑO: 2013

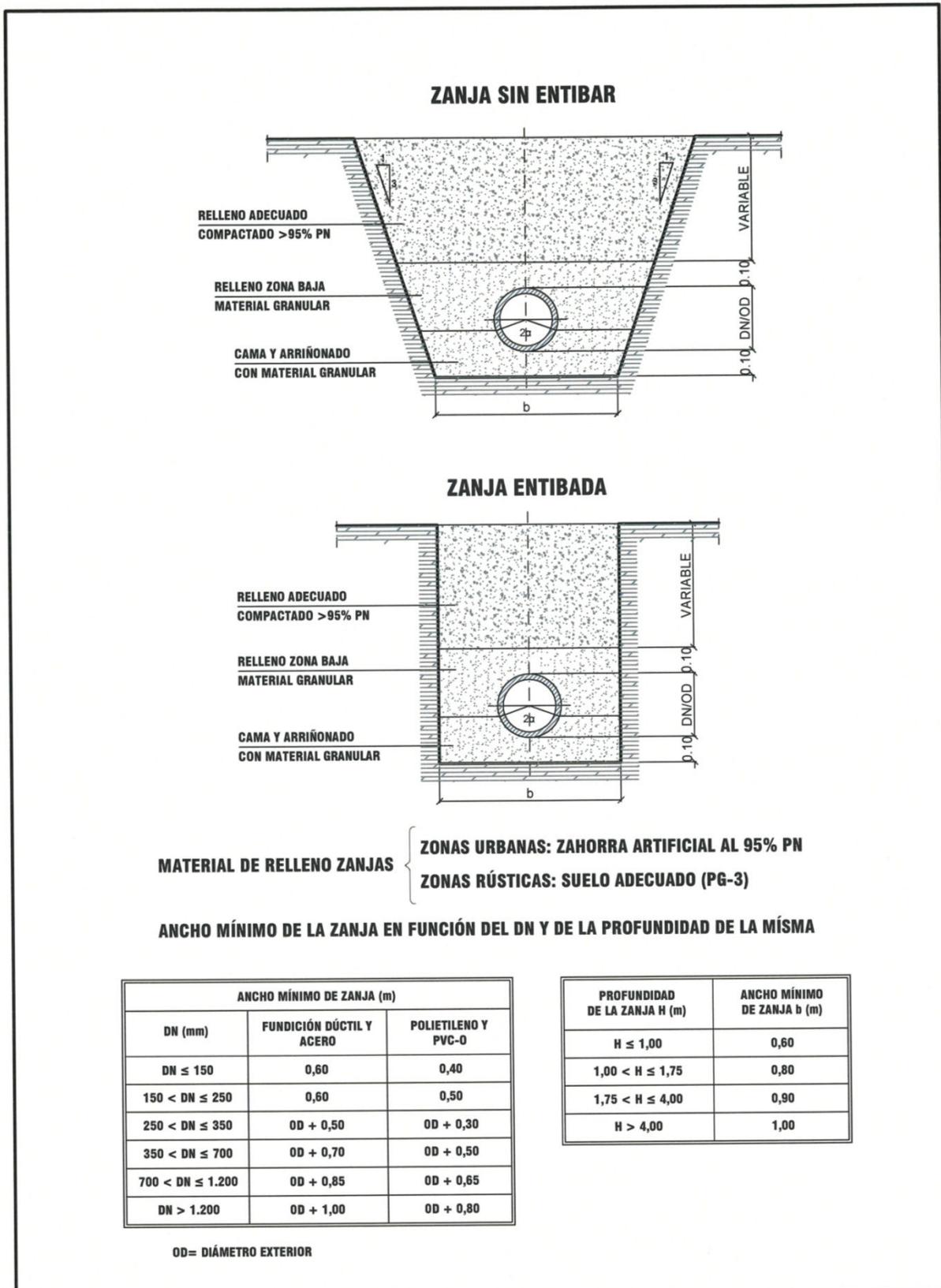
DETALLE Nº.: AB-10

INSTALACIÓN DE HIDRANTE

FICHA Nº.:

10

AII.11. ZANJA TIPO



FICHAS - PLANOS RED DE ABASTECIMIENTO

AÑO: 2013

DETALLE Nº.: AB-11

SECCIÓN TIPO DE ZANJAS

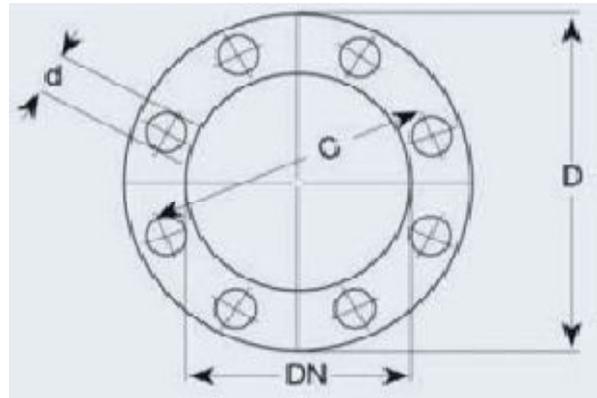
FICHA Nº.:

11

AII.12. BRIDAS

DIMENSIONES DE LAS BRIDAS

DN	ISO PN 10				
	D	C	Tornillos		
			Nº	Ø	d
40	150	110	4	16	19
50	165	125	4	16	19
65	185	145	4	16	19
80	200	160	8	16	19
100	220	180	8	16	19
125	250	210	8	16	19
150	285	240	8	20	23
200	340	295	8	20	23
250	395	350	12	20	23
300	445	400	12	20	23
350	505	460	16	20	23
400	565	515	16	24	28
450	615	565	20	24	28
500	670	620	20	24	28
600	780	725	20	27	31
700	895	840	24	27	31
800	1.015	950	24	30	34
900	1.115	1.050	28	30	34
1.000	1.230	1.160	28	33	37
1.200	1.455	1.380	32	36	40



DN	ISO PN 16					ISO PN 25					ISO PN 40				
	D	C	Tornillos			D	C	Tornillos			D	C	Tornillos		
			Nº	Ø	d			Nº	Ø	d			Nº	Ø	d
40	150	110	4	M16	19	150	110	4	M16	19	150	110	4	M16	19
50	165	125	4	M16	19	165	125	4	M16	19	165	125	4	M16	19
65	185	145	4	M16	19	185	145	8	M16	19	185	145	8	M16	19
80	200	160	8	M16	19	200	160	8	M16	19	200	160	8	M16	19
100	220	180	8	M16	19	235	190	8	M20	23	235	190	8	M20	23
125	250	210	8	M16	19	270	220	8	M24	28	270	220	8	M24	28
150	285	240	8	M20	23	300	250	8	M24	28	300	250	8	M24	28
200	340	295	12	M20	23	360	310	12	M24	28	375	320	12	M27	31
250	405	355	12	M24	28	425	370	12	M27	31	450	385	12	M30	34
300	460	410	12	M24	28	485	430	16	M27	31	515	450	16	M30	34
350	520	470	16	M24	28	555	490	16	M30	34	580	510	16	M33	37
400	580	525	16	M27	31	620	550	16	M33	37	660	585	16	M36	40
450	640	585	20	M27	31	670	600	20	M33	37	685	610	20	M36	40
500	715	650	20	M30	34	730	680	20	M33	37	755	670	20	M39	43
600	840	770	20	M33	37	845	770	20	M36	40	890	795	20	M45	49
700	910	840	24	M33	37	960	875	24	M39	43	995	900	24	M45	49
800	1.025	950	24	M36	40	1.085	990	24	M45	49	1.140	1.030	24	M52	57
900	1.125	1.050	28	M36	40	1.185	1.090	28	M45	49	1.250	1.140	28	M52	57
1.000	1.255	1.170	28	M39	43	1.320	1.210	28	M52	57	1.360	1.250	28	M52	57
1.200	1.485	1.390	32	M45	49	1.530	1.420	32	M52	57	1.575	1.460	32	M56	63

Anexo III. NORMATIVA

BORRADOR

AIII.1 LEGISLACIÓN ESPAÑOLA

- Ley 88/1967, de 8 de noviembre, de Pesos y Medidas (BOE de 10 de noviembre de 1967).
- Ley 16/1987, de 30 de julio, de Ordenación del Transporte Terrestre (BOE de 31 de julio de 1987).
- Ley 25/1988, de 29 de julio, de Carreteras (BOE de 30 de julio de 1988).
- Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria (BOE de 23 de julio de 1992).
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (BOE nº269, de 10 de noviembre).
- Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (BOE nº266, de 6 de noviembre).
- Ley 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental (BOE nº111, de 9 de mayo).
- RD 1423/1982, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico Sanitaria para el Abastecimiento y Control de Calidad de las Aguas Potables de Consumo Público (BOE de 29 de junio).
- RD 1296/1986, de 28 de Junio, por el que se modifica la Ley 3/1985 de 18 de Marzo de Metrología y se establece el Centro Metrológico CEE. (BOE de 30 de Junio de 1986).
- RD 1302/1986, de 28 de junio, sobre evaluación y obligatoriedad de estudio sobre impacto ambiental. (BOE de 30 de junio de 1986).
- RD 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (níquel y sus compuestos) (BOE nº40, de 16 de febrero de 2000).
- RD 1138/1990, por el que se aprueba la Reglamentación técnico sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público (BOE de 20 de septiembre).
- RD 1630/1992, de 29 de diciembre, por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción en aplicación de la Directiva 89/106/CEE (BOE nº 34, de 9 de febrero de 1993).
- RD 1078/1993, de 2 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.
- RD 363/1995, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de las sustancias peligrosas.

- RD 2200/1995, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la infraestructura para la calidad y la seguridad industrial (BOE nº 32, de 6 de febrero de 1996).
- RD 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción (BOE nº 256, de 25 de octubre).
- RD 9/2000, de 6 de octubre, de modificación del Real Decreto legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental (BOE nº 241, de 7 de octubre).
- RD 202/2000, de 11 de febrero, por el que se establecen las normas relativas a los manipuladores de alimentos.
- RD 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de calidad del agua de consumo humano.
- OM del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, de 28 de julio de 1974, por la que se aprueba el "Pliego de prescripciones técnicas generales para tuberías de abastecimiento de agua" y se crea una "Comisión Permanente de Tuberías de Abastecimiento de Agua y Saneamiento de Poblaciones" (BOE nº236, de 2 de octubre).
- OM del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, de 15 de septiembre de 1986, por la que se aprueba el "Pliego de prescripciones técnicas generales para tuberías de saneamiento de poblaciones" (BOE de 23 de septiembre).
- OM del Ministerio de Presidencia, de 15 de diciembre de 1998, por la que se modifica el anexo I del RD 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (BOE de 22 de febrero).
- OM del Ministerio de Presidencia, de 6 de julio de 2000, por la que se modifica el anexo I del RD 1406/1989 del 10 de noviembre por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (BOE de 11 de julio de 2000).
- OM del Ministerio de Presidencia, de 7 de diciembre de 2001, por la que se modifica el anexo I del RD 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos. (BOE de 14 de febrero de 2001).

AIII.2 LEGISLACIÓN DE LA UNIÓN EUROPEA

- Directiva 76/769/CEE del Consejo, de 27 de julio, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros que limitan la comercialización y el uso de determinadas sustancias y preparados peligrosos (DOCE L262 del 27 de septiembre de 1976).
- Directiva 80/778/CEE del Consejo, de 15 de julio, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano (DOCE L222 del 30 de agosto de 1980).
- Directiva 83/478/CEE del Consejo, de 19 de agosto de 1983, por la que se modifica por quinta vez la Directiva 76/769/CEE relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros que limitan la comercialización y el uso de determinadas sustancias y preparados peligrosos (DOCE 1983, L 263, p. 33).
- Directiva 89/106/CEE, de 18 de marzo, sobre los productos de construcción (DOCE L080 de 1999).
- Directiva 91/659/CEE de la Comisión, de 3 de diciembre, por la que se adopta por primera vez al proceso técnico el anexo I de la Directiva 76/769/CEE.
- Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de fauna y flora silvestre.
- Directiva 92/57/CE del Consejo, de 24 de junio, relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud que deben aplicarse en las obras de construcción temporales o móviles.
- Directiva 98/83/CE, de 3 de noviembre, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano (DOCE L330 del 5 de diciembre de 1998).
- Directiva 99/77/CE de la Comisión, de 26 de julio, por la que se modifica en último lugar la Directiva 76/769/CEE del Consejo que limita la comercialización y el uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos. (DOCE L207 de 1999)

AIII.3 NORMAS UNE (Una Norma Española)

- 7019:1950 Determinación cuantitativa del azufre en los aceros empleados en la construcción.
 - 7029:1951 Determinación cuantitativa del fósforo en los aceros empleados en la construcción.
 - 7130:1958 Determinación del contenido total de sustancias solubles en aguas para amasado de hormigones.
 - 7131:1958 Determinación del contenido total de sulfatos en aguas de amasado para morteros y hormigones.
 - 7132:1958 Determinación cualitativa de hidratos de carbono en aguas de amasado para morteros y hormigones.
 - 7133:1958 Determinación de terrones de arcilla en áridos para la fabricación de morteros y hormigones.
 - 7134:1958 Determinación de partículas blandas en áridos gruesos para hormigones.
 - 7178:1960 Determinación de los cloruros contenidos en el agua utilizada para la fabricación de morteros y hormigones.
 - 7234:1971 Determinación de la acidez de aguas destinadas al amasado de morteros y hormigones, expresada por su pH.
 - 7235:1971 Determinación de los aceites y grasas contenidos en el agua de amasado de morteros y hormigones.
 - 7238:1971 Determinación de coeficiente de forma del árido grueso empleado en la fabricación de hormigones.
 - 7244:1971 Determinación de partículas de bajo peso específico que puede contener el árido utilizado en hormigones.
 - 7255:1979 Ensayo de Apisonado de suelos por el método próctor normal.
 - 7472:1992 Materiales metálicos. Ensayo de doblado simple.
 - 7474:1992 Materiales metálicos. Ensayo de tracción. Parte I: Método de ensayo (a la temperatura ambiente).
-

- 7475:1992 Materiales metálicos. Ensayo de flexión por choque sobre probeta charpy. Parte I: método de ensayo.
 - 10025:1994 Productos laminados en caliente, de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general. Condiciones técnicas de suministro.
 - 12165:1999 Cobre y aleaciones de cobre. productos y semiproductos para forja.
 - 14011:1957 Calificación de las soldaduras por rayos X. Defectos de las uniones soldadas.
 - 14040:1972 Prácticas recomendadas para el examen radiográfico de las uniones circulares soldadas a tope, por fusión. Sobre tubos de acero con pared de espesor inferior a 50 mm.
 - 14606:1975 Ensayo de tracción transversal de las uniones soldadas a tope por fusión.
 - 14607:1979 Ensayo de doblado transversal por el lado de la cara y por el lado de la raíz de las uniones soldadas a tope por fusión.
 - 14610:1979 Examen mediante partículas magnéticas de uniones soldadas.
 - 14612:1980 Práctica recomendada para el examen de las uniones soldadas mediante la utilización de líquidos penetrantes.
 - 14613:1979 Examen por ultrasonidos de uniones soldadas.
 - 36004:1989 Definición y clasificación de los tipos de acero.
 - 36068:1994 Barras corrugadas de acero soldable para armaduras de hormigón armado.
 - 36080:1992 Productos laminados en caliente, de acero no aleado para construcciones metálicas de uso general. Condiciones técnicas de suministro.
 - 36092:1996 Mallas electrosoldadas de acero para armaduras de hormigón armado.
 - 36094:1997 Alambres y cordones de acero para armaduras de hormigón pretensado.
 - 36300:1980 Toma y preparación de muestras para análisis químicos de productos de acero laminados y forjados.
 - 36461:1980 Ensayo de doblado alternativo de alambres de acero para armaduras pretensadas.
 - 36739:1995 Armaduras básicas de acero electrosoldadas en celosía para armaduras de hormigón armado (UNE EX).
-

- 37501:1988 Galvanización en caliente. Características y métodos de ensayo.
 - 37508:1988 Recubrimientos galvanizados en caliente de piezas y artículos diversos.
 - 43503:1979 Fibra de vidrio textil. Designación de los hilos.
 - 53020:1973 Materiales plásticos. Determinación de la densidad y de la densidad relativa de los materiales plásticos no celulares. Métodos de ensayo.
 - 53131:1990 Plásticos. Tubos de polietileno para conducciones de agua a presión. Características y métodos de ensayo.
 - 53177:1989 Plásticos. Accesorios inyectados de poli (cloruro de vinilo) no plastificado para canalizaciones a presión.
Parte 1. Unión por adhesivo o rosca. Cotas de montaje.
Parte 2. Unión por junta elástica. Cotas de montaje.
 - 53188:1991 Plásticos. Materiales termoplásticos a base de polietileno y copolímeros de etileno.
Parte 1: Designación.
 - 53200:1992 Plásticos. Determinación del Índice de Fluidez de materiales termoplásticos en masa (IFM) y en volumen (IFV).
 - 53314:1979 Plásticos. Tubos, juntas y piezas fabricadas con resinas termoestables reforzadas con fibra de vidrio. Terminología.
 - 53323:2001 Sistemas de canalización enterrados de materiales plásticos para aplicaciones con y sin presión. Plásticos termoestables reforzados con fibra de vidrio (PRFV) basados en resinas de poliéster insaturado (UP) (UNE EX).
 - 53331:1997 Plásticos. Tubos de poli(cloruro de vinilo) (PVC) no plastificado y polietileno (PE) de alta y media densidad. Criterio para la comprobación de los tubos a utilizar en conducciones con y sin presión sometidos a cargas externas (UNE IN).
 - 53375:1983 Plásticos. Determinación del contenido de negro de carbono en poliofelinas y sus transformados.
 - 53394:1992 Materiales plásticos. Código de instalación y manejo de tubos de polietileno para conducción de agua a presión. Técnicas recomendadas.
-

- 53399:1990 Plásticos. Código de instalación y manejo de tuberías de poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U) para la conducción de agua a presión. Técnicas recomendadas (UNE IN).
- 53490:1990 Plásticos. Tubos de polietileno pigmentado (no negros) para conducciones subterráneas, empotradas u ocultas de agua a presión. Características y métodos de ensayo.
- 53571:1989 Elastómeros. Juntas de estanquidad de goma maciza para tuberías de suministro de agua, drenaje y alcantarillado. Especificaciones de los materiales.
- 53959:2001 Tubos de material termoplástico para el transporte de líquidos a presión. Cálculo de pérdida de carga (PNE).
- 53965:1999 Plásticos. Compuestos de PE 80 y PE 100 para la fabricación de tubos y accesorios. Características y métodos de ensayo.
Parte 1. Compuestos y accesorios para la conducción de agua (UNE EX).
- 53966:2001 Plásticos. Tubos de PE 100 para conducciones de agua a presión. Características y métodos de ensayo (UNE EX).
- 83133:1990 Áridos para hormigones. Determinación de las densidades, coeficiente de absorción y contenido de agua en el árido fino.
- 83134:1990 Áridos para hormigones. Determinación de las densidades, porosidad, coeficiente de absorción y contenido en agua del árido grueso.
- 143002:2002 Adhesivos en sistemas de canalización en materiales termoplásticos. Especificaciones para sistemas a presión (PNE).
- 146508:1999 Ensayo de áridos. Determinación de la reactividad potencial álcali-sílice y álcali-silicato de los áridos. Método acelerado en probetas de mortero (UNE EX).
- 146507:1999 Ensayos de áridos. Determinación de la reactividad potencial de los áridos. Método químico.
Parte 1: determinación de la reactividad álcali-sílice y álcali-silicato (UNE EX).

AIII.4 NOMAS UNE-EN

- 19:1993 Marcado de la valvulería industrial de uso general.
- 75:1996 Plásticos. Determinación de la temperatura de flexión bajo carga. (UNEEN-ISO)
Parte 1: Método general de ensayo.
- 124:1995 Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos. Principios de construcción, ensayos de tipo, marcado, control de calidad.
- 287:1992 Cualificación de soldadores. Soldeo por fusión.
Parte 1: Aceros.
- 288:1993 Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos.
Parte 1: Reglas generales para el soldeo por fusión.
Parte 2: Especificación del procedimiento de soldeo por arco.
Parte 3: Cualificación del procedimiento de soldeo por arco de aceros.
- 473:2001 Ensayos no destructivos. Cualificación y certificación del personal que realiza ensayos no destructivos. Principios generales.
- 512:1995 Productos de fibrocemento. Tubos y juntas para presión.
- 545:1995 Tubos, uniones y accesorios en fundición dúctil y sus juntas para canalización de agua. Prescripciones y métodos de ensayo.
- 571:1997 Ensayos no destructivos. Ensayo por líquidos penetrantes.
Parte 1: principios generales.
- 578:1994 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Tubos y accesorios de plástico. Determinación de la opacidad.
- 580:1995 Sistemas de tuberías plásticas. Tubos de poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U). Método de ensayo de la resistencia del diclorometano a una determinada temperatura (DCMT).
- 593:1998 Válvulas industriales. Válvulas metálicas de mariposa.

- 638:1995 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Tubos termoplásticos. Determinación de las propiedades de tracción.
 - 639:1995 Prescripciones comunes para tubos de presión de hormigón incluyendo juntas y accesorios.
 - 640:1995 Tubos de presión de hormigón armado y tubos de presión de hormigón con armadura difusa (sin camisa de chapa), incluyendo juntas y accesorios.
 - 641:1995 Tubos de presión de hormigón armado, con camisa de chapa, incluyendo juntas y accesorios.
 - 642:1995 Tubos de presión de hormigón pretensado, con y sin camisa de chapa, incluyendo juntas, accesorios y prescripciones particulares relativos al acero de pretensar para tubos.
 - 681:1996 Juntas elastoméricas. Requisitos de los materiales para juntas de estanquidad de tuberías empleadas en canalizaciones de agua y en drenaje.

Parte 1. Caucho vulcanizado.

Parte 2. Elastómeros termoplásticos.

Parte 3. Materiales celulares de caucho vulcanizado.

Parte 4. Elementos de estanquidad de poliuretano moldeado.
 - 714:1995 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Uniones con junta de estanquidad elastomérica sin fuerza axial entre tubos a presión y accesorios inyectados. Ensayo de estanquidad a presión hidráulica interior sin fuerza axial.
 - 727:1995 Sistemas de canalización y conducción en materiales plásticos. Tubos y accesorios termoplásticos. Determinación de la temperatura de reblandecimiento VICAT.
 - 728:1997 Sistemas de canalización y conducción en materiales plásticos. Tubos y accesorios de poliolefina. Determinación del tiempo de inducción a la oxidación.
 - 736:1996 Válvulas. Terminología.

Parte 1. Definición de los tipos de válvulas.

Parte 2. Definición de los componentes de las válvulas.

Parte 3 Definición de términos.
-

- 743:1994 Sistemas de canalización y conducción en materiales plásticos. Tubos termoplásticos. Determinación de la retracción longitudinal.
- 744:1996 Sistemas de canalización y conducción en materiales plásticos. Tubos termoplásticos. Método de ensayo de resistencia a choques externos por el método de la esfera de reloj.
- 763:1995 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Accesorios termoplásticos moldeados por inyección. Ensayo para determinar visualmente los efectos del calentamiento.
- 805:2000 Abastecimiento de agua. Especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes.
- 910:1996 Ensayos destructivos de soldaduras en materiales metálicos. ensayos de doblado.
- 921:1995 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Tubos termoplásticos. Determinación de la resistencia a la presión interna a temperatura constante.
- 933:1999 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos.
Parte 9: evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno.
- 1043:2000 Ensayos destructivos de soldaduras en materiales metálicos. Ensayo de dureza (UNE-EN-ISO).
Parte 1. Ensayo de dureza en uniones soldadas por arco.
- 1056:1996 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Tubos y accesorios plásticos. Método de exposición directa a la intemperie.
- 1074:2000 Valvulería para abastecimiento de agua. Prescripciones de aptitud al empleo y Tests de verificación aplicables.
Parte 1 Prescripciones generales.
Parte 2 Valvulería de seccionamiento.
Parte 3 Válvulas de retención.
Parte 4 Purgadores y ventosas con flotador.
Parte 5 Válvulas de regulación.
Parte 6 Hidrantes y bocas de agua.

- 1092:1998 Bridas y sus uniones. Bridas circulares para tuberías, grifería, accesorios y piezas especiales, designación PN.
Parte 2. Bridas de fundición.
 - 1097:1997 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos.
Parte 1: determinación de la resistencia al desgaste (micro-deval).
 - 1119:1996 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Juntas de unión para tubos de PRFV. Métodos de ensayo de estanquidad y de resistencia al fallo de juntas flexibles y de articulación reducida.
 - 1226:1996 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Tubos de PRFV. Método de ensayo para comprobar la resistencia a la deflexión circunferencial inicial.
 - 1227.:2000 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Tubos de PRFV. Determinación de la deflexión anular relativa final a largo plazo en condiciones húmedas.
 - 1228:1996 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Tubos de PRFV. Determinación de la rigidez circunferencial inicial.
 - 1229:1996 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Tubos de PRFV. Método de ensayo para comprobar la estanquidad de la pared sometida a una presión interna a corto plazo.
 - 1290:1998 Examen no destructivo de uniones soldadas. Examen de uniones soldadas mediante partículas magnéticas.
 - 1295:1998 Cálculo de la resistencia mecánica de tuberías enterradas bajo diferentes condiciones de carga. Parte 1. Requisitos generales.
 - 1333:1996 Componentes de canalización de tubería. Definición y selección de PN.
 - 1393:1997 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Tubos de PRFV. Determinación de las propiedades iniciales en tracción longitudinal.
 - 1394:1997 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Tubos de PRFV. Determinación de la resistencia en tracción circunferencial inicial aparente.
 - 1435:1998 Examen no destructivo de uniones soldadas. Examen radiográfico de uniones soldadas.
-

- 1447:1997 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Tubos de PRFV. Determinación de la resistencia a largo plazo a la presión interna.
 - 1448:1997 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Componentes de PRFV. Métodos de ensayo para verificar el diseño de juntas macho-hembra rígidas trabadas, con juntas de estanquidad elastomérica.
 - 1449:1997 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Componentes de PRFV. Métodos de ensayo para verificar el diseño de juntas macho-hembra pegadas.
 - 1450:1997 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Componentes de PRFV. Métodos de ensayo para verificar el diseño de uniones con bridas atornilladas.
 - 1452:2000 Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua. Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U).
Parte 1. Generalidades.
Parte 2. Tubos.
Parte 3. Accesorios.
Parte 4. Válvulas y equipo auxiliar.
Parte 5. Aptitud al uso del sistema.
Parte 6. Práctica recomendada para la instalación (ENV).
 - 1503:2000 Válvulas. Materiales para los cuerpos, caperuzas y cubiertas.
Parte 1. Aceros especificados en las normas europeas.
Parte 2. Aceros distintos de los especificados en las normas europeas.
Parte 3. Fundiciones especificadas en las normas europeas.
 - 1563:1998 Fundición. Fundición de grafito esferoidal.
 - 1714:1998 Examen no destructivo de soldaduras. examen ultrasónico de uniones soldadas.
 - 1744:1999 Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos.
Parte 1: análisis químico.
 - 1872:2001 Plásticos. Materiales de polietileno (PE) para moldeo y extrusión (UNEEN- ISO).
Parte 1: Sistema de designación y bases para las especificaciones.
 - 1982:1999 Cobre y aleaciones de cobre. Lingotes y piezas moldeadas.
-

- 6708:1996 Componentes de canalizaciones. Definición y selección de DN (diámetro nominal).
 - 9001:2001 Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos.
 - 9969:1996 Tubos de materiales termoplásticos. Determinación de la rigidez anular (UNE EN ISO).
 - 10025:1994 Productos laminados en caliente, de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general. Condiciones técnicas de suministro.
 - 10088:1996 Aceros inoxidables.
Parte 1: Relación de aceros inoxidables.
 - 10220:1995 Tubos lisos de acero soldados y sin soldadura. Dimensiones y masas por unidad de longitud (UNE ENV).
 - 10233:1994 Materiales metálicos. Tubos. Ensayo de aplastamiento.
 - 10234:1994 Materiales metálicos. Tubos. Ensayo de abocardado.
 - 10246:1996 Ensayos no destructivos de tubos de acero.
Parte 1 Ensayo automático electromagnético para la verificación de la estanquidad hidráulica de los tubos de acero ferromagnético soldados y sin soldadura (excepto soldados por arco sumergido).
 - 10256:2001 Ensayos no destructivos de tubos de acero. Cualificación y competencia del personal que realiza ensayos no destructivos de los niveles 1 y 2.
 - 12099:1997 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Materiales y componentes de tubería de polietileno. Determinación del contenido en materiales volátiles.
 - 12118:1998 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Determinación por coulometría del contenido en agua de los materiales termoplásticos.
 - 12165:1999 Cobre y aleaciones de cobre. Productos y semiproductos para forja.
 - 12473:2001 Principios generales de la protección catódica en agua de mar.
 - 12696:2001 Protección catódica del acero en el hormigón.
 - 12842:2001 Accesorios de fundición dúctil para sistemas de tuberías de PVC-U o PE. Requisitos y métodos de ensayo.
-

- 12954:2001 Cathodic protection of buried or immersed metallic structures – General principles and application for pipelines.
 - 13783:1998 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Comportamiento a la tracción axial de manguitos dobles de poli (cloruro de vinilo) no plastificado. (PVC-U). Métodos de ensayo de estanquidad y resistencia mientras los manguitos están sometidos a flexión y a presión interna (UNE-EN-ISO).
 - 13844:2001 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Uniones de poli (cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U) para embocaduras con junta de estanquidad elastomérica para tubos de PVC-U. Método de ensayo de estanquidad a presión negativa (UNE EN ISO).
 - 13845:2001 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Uniones de manguitos con junta de estanquidad elastomérica para tubos de PVC-U. Método de ensayo de estanquidad a presión interna y con deflexión angular (UNE EN ISO).
 - 13846:2001 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Uniones y juntas resistentes o no al efecto axial para sistemas de canalización en materiales termoplásticos para conducción a presión. Método de ensayo de estanquidad a largo plazo con presión hidráulica interior (UNE EN ISO).
 - 22063:1994 Recubrimientos metálicos y otros recubrimientos inorgánicos. Proyección térmica. Cinc, aluminio y sus aleaciones.
 - 25817:1994 Uniones soldadas por arco de aceros. Guía sobre los niveles de calidad en función de las imperfecciones.
 - 45003:1995 Sistemas de acreditación de laboratorios de ensayo y calibración. Requisitos generales relativos a su funcionamiento y reconocimiento.
 - 45010:1998 Requisitos generales para la evaluación y acreditación de entidades de certificación.
-

AIII.5 PROYECTOS DE NORMAS EUROPEAS prEN

Como su propio nombre indica, son proyectos o borradores de futuras normas europeas EN (y por tanto también UNE-EN). Según los casos se encuentran más o menos desarrollados:

- 1295:2001 Structural design of buried pipelines under various conditions of loading.
Parte 2 Summary of nationally established methods of design.
Parte 3 Common method.
- 1336:2001 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Uniones resistentes y no resistentes al efecto axial para canalizaciones termoplásticas a presión. Método de ensayo de estanquidad a largo plazo a presión hidrostática.
- 1796:2000 Sistemas de canalización enterrados plásticos para el suministro de agua – Plásticos termoestables reforzados con fibra de vidrio (PRFV) basados en resina de poliéster insaturada (UP).
Parte 1 Generalidades.
Parte 2. Tubos.
Parte 3. Accesorios.
Parte 4. Válvulas y equipo auxiliar.
Parte 5. Aptitud al uso del sistema.
Parte 6. Prácticas recomendadas para la instalación.
- 3126:1999 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Accesorios de plástico. Determinación de las dimensiones (prEN ISO).
- 10224:1998 Steel pipes, joints and fittings for the conveyance of aqueous liquid including potable water.
- 10289:2001 Steel tubes and fittings for onshore and offshore pipelines. External liquid applied epoxy and epoxy modified coatings.
- 10290:2001 Steel tubes and fittings for onshore and offshore pipelines. External liquid applied polyurethane modified coatings.
- 10310:2001 Steel tubes and fittings for onshore and offshore pipelines. Internal and external two layer epoxy resin and polyamide based coatings.
- 10468:2000 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Tubos de plástico termoestable reforzado con fibra de vidrio (PRFV). Determinación del factor

- de fluencia en condiciones húmedas y cálculo de la rigidez circunferencial específica a largo plazo (prEN ISO).
- 12201:2000 Plastics piping systems for water supply. Polyethylene (PE).
Part 1. General.
Part 2. Pipes.
Part 3. Fittings.
Part 4. Valves.
Part 5. Fitness for purpose of the system.
Part 7. Guidance for the assesment of conformity.
 - 12266-1:1999 Válvulas industriales. Ensayos de válvulas. Parte 1. Ensayos, procedimientos de ensayo y criterios de aceptación que debe cumplir cada válvula.
 - 12474:1999 Cathodic protection for submarine pipelines.
 - 13224:1998 Plastics piping systems for buried and above-ground pressure systems for water for general purposes, drainage and sewerage. Polyethylene (PE).
Part 1. General.
Part 2. Pipes.
Part 3. Fittings.
Part 4. Valves.
Part 5. Fitness for purpose of the system.
Part 7. Guidance for the assesment of conformity.
 - 13509:1999 Cathodic protection measurement techniques.
 - 13636:2001 Cathodic protection of buried metallic tanks and related piping.
 - 13689:1999 Guidance on the classification and design of plastics piping systems used for renovation.
 - 14038-1:2001 Electrochemical re-alkalisation and chloride extraction treatments for reinforced concrete.
Part 1 Re-alkalisation.
 - 14409:2000 Plastics piping systems for renovation of underground water supply networks.
-

Part 1 General.

Part 2 Lining with close-fit pipes.

- 14828:2000 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Tubo de plástico termoestable reforzado con fibra de vidrio (PRFV). Determinación del factor de relajación en condiciones húmedas y cálculo de la rigidez circunferencial específica a largo plazo (prEN ISO).
- 50162:2000 Protection against corrosion by stray current from direct current systems.
- CEN/TC 203 wi015:2001 Ductile iron wide tolerance couplings and flange adaptors for use with pipes of different materials (ductile iron, grey iron, steel, PVC-U, PE, fibrecement).

BORRADOR