



NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO

Versión 2012

NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO

Versión 2012

Fecha de aprobación: 12/11/2012

Fecha de vigencia: 27/12/2012

Presentación

La publicación de las NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO (Versión 2012) permite ampliar y actualizar el marco normativo de Canal de Isabel II Gestión, que junto con las Normas para Redes de Saneamiento (Versión 2006) y las Normas para Redes de Reutilización (Versión 2007), constituyen el referente técnico preceptivo para el diseño y construcción de infraestructuras hidráulicas para la gestión del ciclo integral del agua en el ámbito de la Comunidad de Madrid.

Estas NORMAS tienen por objeto establecer los criterios técnicos que deberán tenerse en consideración para el diseño y construcción de las redes de abastecimiento gestionadas por la entidad, con el fin de conseguir la máxima uniformidad y de asegurar unos niveles adecuados de garantía y calidad dentro de su ámbito de aplicación.

En la versión de las presentes NORMAS se aúna la experiencia acumulada por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión y los avances e innovaciones surgidas en el campo de los materiales de los distintos componentes y equipos que integran el sistema de abastecimiento conforme a la legislación y normativa vigente.

La entrada en vigor de las NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO permitirá optimizar las redes existentes, incrementar la eficacia de aquellas de nueva construcción y, en definitiva, una garantía de mejor nivel de servicio.

Madrid, noviembre de 2012.

Adrián Martín López de las Huertas

Director General

Equipo Redactor y Revisor

Aprobación

Director General
Adrián Martín López de las Huertas

Revisión

Dirección Secretaría General Técnica
Fernando de Cevallos Aguarón

Dirección de Recursos Humanos y Calidad
M^a Carmen del Río Ganuza

Dirección de Innovación e Ingeniería
Adrián Martín López de las Huertas

Dirección Hídrica y Abastecimiento
Jesús Díez de Ulzurrum Mosquera

Dirección de Saneamiento
Jesús Díez de Ulzurrum Mosquera

Dirección Comercial
Juan Ignacio Zubizarreta Pariente

Redacción

Por parte de Canal de Isabel II Gestión:

Valverde Agüi López
Juan Arturo Alonso Parra
Álvaro Arroyo Lumbier
María del Carmen Benito López
Luis María Cuesta Martín-Gil
Juan Carlos Ibañez Carranza
Diego Vicente Limones González
José Antonio Lirola Barroso
Alberto Rodríguez Asensio
Alberto Rodríguez Sánchez

Por parte del Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX):

Francisco Ramón Andrés Martín
Luis Balairón Pérez
María Isabel Berga Cano
Isabel León Martín

Índice general

Introducción.....	1
I Condiciones generales	3
II Componentes del sistema de abastecimiento	11
III Diseño del sistema de abastecimiento	99
IV Consideraciones constructivas	169
V Gestión de la calidad	193
Normativa citada	209
Anexo 1. Dimensiones y armado de los macizos de anclaje	229
Anexo 2. Planos de alojamientos (registros y cámaras)	245

Índice detallado

Introducción.....	1
I Condiciones generales	3
I.1 Objeto	3
I.2 Ámbito de aplicación	3
I.3 Legislación y normativa vigentes	3
I.4 Documentación del Proyecto	4
I.4.1 Memoria y Anejos	4
I.4.1.1 Memoria justificativa	4
I.4.1.2 Anejos	5
I.4.2 Planos	5
I.4.3 Pliego de Prescripciones Técnicas	6
I.4.4 Presupuesto	6
I.5 Definiciones	6
I.6 Sistema de unidades	9
II Componentes del sistema de abastecimiento	11
II.1 Consideraciones generales.....	11
II.2 Tubos	13
II.2.1 Consideraciones generales. Mapa de usos	13
II.2.2 Tubos de fundición dúctil (FD)	14
II.2.2.1 Consideraciones generales.....	14
II.2.2.2 Definiciones.....	14
II.2.2.3 Clasificación	15
II.2.2.4 Características técnicas	15
II.2.2.5 Dimensiones	16
II.2.2.6 Uniones	16
II.2.2.7 Revestimientos del tubo	17
II.2.2.8 Marcado de los tubos	19
II.2.3 Tubos de hormigón (HC/HT).....	20
II.2.3.1 Consideraciones generales.....	20
II.2.3.2 Definiciones.....	20
II.2.3.3 Clasificación	21
II.2.3.4 Características técnicas	21
II.2.3.5 Dimensiones	22
II.2.3.6 Uniones	23
II.2.3.7 Marcado de los tubos	24

II.2.4	Tubos de acero (AC).....	25
II.2.4.1	Consideraciones generales.....	25
II.2.4.2	Definiciones.....	25
II.2.4.3	Clasificación.....	25
II.2.4.4	Características técnicas.....	25
II.2.4.5	Dimensiones.....	28
II.2.4.6	Uniones.....	29
II.2.4.7	Revestimientos y protección del tubo.....	30
II.2.4.8	Marcado de los tubos.....	31
II.2.5	Tubos de polietileno (PE).....	31
II.2.5.1	Consideraciones generales.....	31
II.2.5.2	Definiciones.....	31
II.2.5.3	Clasificación.....	33
II.2.5.4	Características técnicas.....	33
II.2.5.5	Dimensiones.....	34
II.2.5.6	Uniones.....	35
II.2.5.7	Marcado de los tubos.....	35
II.2.6	Tubos de policloruro de vinilo orientado molecularmente (PVC-O).....	36
II.2.6.1	Consideraciones generales.....	36
II.2.6.2	Definiciones.....	36
II.2.6.3	Clasificación.....	36
II.2.6.4	Características técnicas.....	36
II.2.6.5	Dimensiones.....	37
II.2.6.6	Uniones.....	37
II.2.6.7	Marcado de los tubos.....	38
II.2.7	Tubos de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV).....	38
II.2.7.1	Consideraciones generales.....	38
II.2.7.2	Definiciones.....	38
II.2.7.3	Clasificación.....	39
II.2.7.4	Características técnicas.....	40
II.2.7.5	Dimensiones.....	40
II.2.7.6	Uniones.....	41
II.2.7.7	Marcado de los tubos.....	42
II.3	Uniones.....	42
II.4	Piezas especiales.....	44
II.4.1	Consideraciones generales.....	44
II.4.2	Definiciones.....	46
II.4.3	Tipología.....	46
II.4.3.1	Piezas especiales de fundición dúctil (FD).....	46
II.4.3.2	Piezas especiales de polietileno (PE).....	48
II.4.3.3	Piezas especiales de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV).....	49
II.5	Elementos de maniobra y control.....	50
II.5.1	Consideraciones generales.....	50
II.5.2	Definiciones.....	50
II.5.3	Características técnicas y dimensiones.....	52
II.5.4	Válvulas de seccionamiento.....	53
II.5.4.1	Válvulas de compuerta.....	53
II.5.4.2	Válvulas de mariposa.....	53
II.5.4.3	Criterios de colocación.....	54
II.5.5	Válvulas de aeración.....	54
II.5.5.1	Clasificación y consideraciones generales.....	54
II.5.5.2	Criterios de colocación.....	55
II.5.6	Válvulas de control y seguridad.....	56
II.5.6.1	Válvulas de control.....	56
II.5.6.2	Válvulas de seguridad.....	57
II.5.6.2.1	Válvulas de apertura-cierre automático.....	58
II.5.6.2.2	Válvulas de retención.....	58

	II.5.6.2.3	Válvulas optimizadoras de bombeos	59
II.5.7		Desagües	59
II.5.8		Caudalímetros	59
	II.5.8.1	Caudalímetros electromagnéticos	60
	II.5.8.2	Caudalímetros por ultrasonidos	60
II.6		Depósitos	60
II.6.1		Características generales	60
	II.6.1.1	Calidad del agua	61
	II.6.1.2	Explotación	62
II.6.2		Juntas	64
	II.6.2.1	Juntas de hormigonado	64
	II.6.2.2	Juntas de dilatación y de retracción	65
II.6.3		Instalaciones auxiliares	66
	II.6.3.1	Tuberías de entrada y de salida	66
	II.6.3.2	Tuberías de alivio, vaciado y desagüe	67
	II.6.3.3	Elementos auxiliares	67
II.7		Estaciones de bombeo	68
II.7.1		Características generales	68
II.7.2		Bombeo	69
II.7.3		Colectores de aspiración e impulsión	71
	II.7.3.1	Condicionantes geométricos del tubo de aspiración	72
	II.7.3.2	Condicionantes geométricos del tubo de impulsión	73
II.7.4		Instalaciones adicionales	73
	II.7.4.1	Instrumentación	74
	II.7.4.1.1	Instalaciones básicas	74
	II.7.4.1.2	Controlador lógico programable (PLC)	74
	II.7.4.2	Instalación eléctrica	76
	II.7.4.2.1	Reglamentos y Normas aplicables	76
	II.7.4.2.2	Centro de Transformación (CT)	76
	II.7.4.2.3	Clasificación de emplazamientos	76
	II.7.4.2.4	Descripción General de la instalación eléctrica	76
	II.7.4.2.5	Centro de Control de Motores (CCM)	80
	II.7.4.2.6	Regulación del caudal	81
	II.7.4.3	Grupo electrógeno	82
	II.7.4.4	Equipos de Medida	82
	II.7.4.5	Depósito antiarriete hidroneumático (calderín)	82
	II.7.4.6	Equipos de elevación	83
	II.7.4.7	Eliminación de ruidos	83
	II.7.4.8	Elementos complementarios	83
II.8		Alojamientos	83
II.8.1		Consideraciones generales	83
II.8.2		Dispositivos de cierre de alojamientos	86
	II.8.2.1	Consideraciones generales	86
	II.8.2.2	Definiciones	87
	II.8.2.3	Clasificación	87
	II.8.2.4	Aseguramiento del cierre	88
	II.8.2.5	Marcado	89
II.8.3		Impermeabilización, desagüe y ventilación	89
II.9		Acometidas	90
II.10		Elementos complementarios	91
	II.10.1	Pates	91
	II.10.2	Escaleras	92
	II.10.3	Pasarelas y plataformas	93
	II.10.4	Barandillas y cadenas de seguridad	93
	II.10.5	Trámex	93
	II.10.6	Hitos de señalización	94
II.11		Automatización y control	94

II.12	Simbología en planos	97
III	Diseño del sistema de abastecimiento	99
III.1	Información previa	99
III.2	Criterios generales de diseño	99
III.3	Trazado.....	100
III.3.1	Consideraciones generales	100
III.3.2	Trazado en planta.....	101
III.3.2.1	Dominio Público Hidráulico	101
III.3.2.2	Carreteras	102
III.3.2.3	Ferrocarriles	104
III.3.2.4	Vías pecuarias	105
III.3.2.5	Patrimonio	105
III.3.2.6	Energía eléctrica	105
III.3.2.7	Otros servicios afectados.....	105
III.3.3	Trazado en alzado	106
III.4	Dimensionamiento hidráulico de las conducciones	106
III.4.1	Dotaciones, demandas y caudales de cálculo.....	106
III.4.1.1	Dotaciones y demandas.....	106
III.4.1.2	Caudales de diseño.....	108
III.4.2	Hipótesis de cálculo.....	109
III.4.2.1	Introducción.....	109
III.4.2.2	Redes de aducción	110
III.4.2.3	Redes de distribución.....	110
III.4.2.3.1	Hipótesis 1. Consumo cero.....	110
III.4.2.3.2	Hipótesis 2. Consumo punta de los usos urbano residenciales, terciarios, dotacionales e industriales y riego de parques y jardines	111
III.4.2.3.3	Hipótesis 3. Consumo medio con hidrantes adicionales.....	111
III.4.3	Cálculo de las pérdidas de carga.....	112
III.4.4	Velocidad máxima del agua	114
III.4.5	Sobrepresiones debidas al golpe de ariete.....	115
III.5	Dimensionamiento mecánico de las conducciones	116
III.5.1	Consideraciones generales	116
III.5.2	Tubos de fundición dúctil (FD)	118
III.5.2.1	Tubos enterrados	118
III.5.2.2	Tubos aéreos	121
III.5.3	Tubos de hormigón (HC/HT).....	122
III.5.3.1	Tubos enterrados	122
III.5.3.2	Tubos aéreos	122
III.5.4	Tubos de acero (AC).....	123
III.5.4.1	Tubos enterrados	123
III.5.4.2	Tubos aéreos	126
III.5.5	Tubos de polietileno (PE) y policloruro de vinilo orientado molecularmente (PVC-O)	127
III.5.6	Tubos de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV).....	129
III.5.6.1	Tubos enterrados	129
III.5.6.2	Tubos aéreos	133
III.6	Cálculo de la protección catódica	134
III.6.1	Consideraciones generales	134
III.6.2	Estudio de la naturaleza del terreno	135
III.6.2.1	Porosidad	135
III.6.2.2	Humedad.....	135
III.6.2.3	Resistividad.....	135
III.6.2.4	pH.....	136

III.6.2.5	Potencial de oxidación-reducción (redox)	136
III.6.2.6	Contenido en sales	136
III.6.3	Sistemas de protección catódica	136
III.6.4	Criterios de diseño	137
III.6.4.1	Protección mediante ánodos se sacrificio	139
III.6.4.2	Protección mediante corriente impresa	140
III.6.5	Vigilancia del sistema de protección catódica	142
III.6.6	Protección contra corriente continua (corrientes vagabundas)	142
III.6.7	Protección contra corriente alterna	143
III.7	Anclaje de conducciones a presión	144
III.7.1	Generalidades	144
III.7.1.1	Empujes	144
III.7.1.2	Sistemas de anclaje	147
III.7.1.2.1	Macizos de anclaje	147
III.7.1.2.2	Uniones autotrabadas o acerrojadas	148
III.7.2	Dimensionamiento de macizos de anclaje	149
III.7.2.1	Elementos horizontales	149
III.7.2.1.1	Geometría del macizo	149
III.7.2.1.2	Tipología del anclaje	149
III.7.2.1.3	Empujes de cálculo	152
III.7.2.1.4	Hipótesis de cálculo	154
III.7.2.1.5	Recomendaciones de diseño	158
III.7.2.2	Codos verticales	159
III.7.2.3	Armado	159
III.7.2.4	Resultados	163
III.8	Depósitos	163
III.8.1	Geometría	163
III.8.2	Capacidad del depósito	164
III.8.3	Materiales	164
III.8.4	Diseño estructural	164
III.9	Acometidas	165
III.10	Elementos de maniobra y control	165
III.10.1	Válvulas de aeración	166
III.10.1.1	Purgadores	166
III.10.1.2	Ventosas bifuncionales	166
III.10.1.3	Ventosas trifuncionales	167
III.10.2	Válvulas de control y seguridad	167
III.10.3	Desagües	167

IV Consideraciones constructivas 169

IV.1	Transporte, almacenamiento y manipulación	169
IV.1.1	Transporte	169
IV.1.2	Almacenamiento	169
IV.1.3	Manipulación	171
IV.2	Instalaciones en zanja	171
IV.2.1	Zanjas	172
IV.2.1.1	Geometría de las zanjas	172
IV.2.1.2	Ejecución de las zanjas	174
IV.2.1.3	Agotamiento de zanjas y rebajamiento del nivel freático	175
IV.2.1.4	Entibaciones	175
IV.2.2	Camas de apoyo	177
IV.2.2.1	Camas de material granular	178
IV.2.2.2	Camas de hormigón	178
IV.2.2.3	Criterios de selección de la cama de apoyo	179
IV.2.3	Colocación y montaje de la conducción	179
IV.2.3.1	Uniones	180

IV.2.3.2	Elementos de automatización y control.....	182
IV.2.4	Rellenos	183
IV.2.5	Reposición del pavimento.....	185
IV.3	Instalaciones subterráneas sin apertura de zanja.....	185
IV.4	Instalaciones de tubos aéreos	187
IV.5	Bandas de protección de las conducciones.....	187
IV.5.1	Bandas de Infraestructura de Agua (BIA)	188
IV.5.2	Franjas de Protección (FP)	188
IV.6	Cruce de tuberías de abastecimiento con infraestructuras lineales.....	188
IV.6.1	Cruce de tuberías bajo infraestructuras lineales existentes.....	189
IV.6.2	Cruce de nueva infraestructura lineal sobre tubería existente o prevista	189
IV.7	Protección anticorrosiva de las tuberías	190
IV.8	Limpieza y desinfección de la tubería	191
IV.8.1	Limpieza general.....	191
IV.8.2	Desinfección	192
V	Gestión de la calidad	193
V.1	Introducción	193
V.2	Control de la fabricación de los componentes	194
V.2.1	Fundición dúctil (FD).....	195
V.2.2	Hormigón (HC/HT)	195
V.2.3	Acero (AC)	196
V.2.4	Polietileno (PE)	196
V.2.5	Policloruro de vinilo orientado molecularmente (PVC-O).....	197
V.2.6	Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)	197
V.3	Control de la ejecución de las obras	197
V.4	Pruebas de la tubería instalada	199
V.4.1	Prueba preliminar.....	201
V.4.2	Prueba de purga	201
V.4.3	Prueba principal o de puesta en carga	202
V.5	Control de la recepción de los depósitos	206
V.5.1	Control de movimientos	206
V.5.2	Ensayos de estanquidad.....	206
V.5.2.1	Estanquidad de los muros y la solera del depósito	207
V.5.2.2	Estanquidad de la cubierta del depósito	208
V.5.3	Control de la calidad del agua	208
	Normativa citada	209
	Legislación europea	209
	Legislación nacional.....	209
	Legislación autonómica.....	211
	Normas UNE	211
	Normas UNE-EN	212
	Eurocódigos	222
	Normas UNE-CEN/TS.....	223
	Normas UNE-HD.....	224
	Normas UNE-EN ISO	224
	Normas PNE-EN ISO	225
	Normas UNE-EN ISO/IEC.....	225
	Normas UNE-ISO.....	225
	Normas ISO.....	225
	Otras normas.....	226
	Documentación técnica	227

Anexo 1. Dimensiones y armado de los macizos de anclaje 229

Anexo 2. Planos de alojamientos (registros y cámaras) 245

Introducción

La presente publicación *Normas para Redes de Abastecimiento (Versión 2012)* es el resultado de la colaboración entre los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión y del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX, relacionados con el contenido que se desarrolla.

Los trabajos de redacción se han desarrollado en la Dirección Comercial, encomendando el seguimiento de los mismos a la Subdirección de Planeamiento y Coordinación Municipal, y en concreto a la División de Normativa y Homologación que presidió y auspició la creación de un Grupo de Trabajo constituido por los responsables de los siguientes Servicios de Canal de Isabel II Gestión y del Centro de Estudios Hidrográficos:

Por Canal de Isabel II Gestión:

- *Subdirección de Conservación de Infraestructuras de Abastecimiento*
- *Subdirección de Ingeniería y Construcción*
 - Departamento de Programación y Proyectos
 - División de Proyectos de Abastecimiento
 - Departamento de Construcción de Tratamiento y Regulación
 - División de Obras de Tratamiento
 - Departamento de Construcción de Redes
- *Subdirección de Investigación, Desarrollo e Innovación*
- *Subdirección de Planeamiento y Coordinación Municipal*
 - División de Normativa y Homologación

Por el Centro de Estudios Hidrográficos:

- *Laboratorio de Hidráulica*

El funcionamiento del Grupo de Trabajo se estableció a partir de reuniones periódicas en las que se revisaron los distintos borradores previos a la edición del documento definitivo de las *Normas para Redes de Abastecimiento (Versión 2012)*. La redacción de estas Normas ha sido posible gracias a las aportaciones de los integrantes del Grupo de Trabajo, que debatieron las diversas cuestiones que se planteaban según se desarrollaban los capítulos que integran el documento.

El documento final ha quedado estructurado en cinco capítulos, un apéndice y dos anexos. Su contenido es conforme a la legislación y normativa vigente de ámbito nacional e internacional, así como a la experiencia de los Servicios Técnicos participantes.

El “*Capítulo I. Condiciones generales*” especifica el objeto y ámbito de aplicación de estas Normas, contiene una serie de definiciones de los principales conceptos empleados en las mismas y establece los documentos que deben incluir los proyectos de las obras de las redes de abastecimiento.

En el “*Capítulo II. Componentes del sistema de abastecimiento*” se establecen los requisitos exigidos a los distintos elementos constitutivos del sistema de abastecimiento: tubos, uniones, piezas especiales, elementos de maniobra y control, depósitos, estaciones de bombeo, alojamientos, acometidas, otros componentes complementarios y dispositivos para el alojamiento de los cables para la automatización y el telecontrol.

En el “*Capítulo III. Diseño del sistema de abastecimiento*” se establecen condiciones generales del trazado en planta y alzado, criterios de dimensionamiento hidráulico, mecánico y de anclaje de las conducciones, consideraciones respecto al cálculo de la protección catódica y aspectos a considerar en el diseño de depósitos, acometidas y elementos de maniobra y control.

El “*Capítulo IV. Consideraciones constructivas*” incluye las especificaciones de carácter constructivo relativas al transporte, almacenamiento y manipulación de componentes, a la geometría, materiales a emplear y ejecución de instalaciones en zanja, subterráneas sin apertura de zanja y aéreas, y a la protección anticorrosiva. Este capítulo también incluye algunos criterios para realizar el cruce de carreteras con las tuberías de la red de distribución de agua, define las bandas de protección de las conducciones y establece cómo se deben realizar las labores de limpieza y desinfección de la tubería previamente a su puesta en servicio.

En el “*Capítulo V. Gestión de la calidad*” se establecen los requisitos mínimos exigidos en cuanto al control de la fabricación de los componentes y de la ejecución de las obras, las especificaciones sobre las pruebas a realizar a la tubería instalada y las consideraciones para el adecuado control de la recepción de los depósitos.

De forma complementaria a los capítulos descritos, se incluye un apéndice de “*Normativa citada*” donde se relacionan los distintos documentos legislativos, normativos y técnicos que se citan en el texto.

La última parte del documento consta de dos anexos. En el “*Anexo 1. Dimensiones y armado de los macizos de anclaje*” se incluyen las tablas en las que se establecen las dimensiones del macizo de hormigón y las armaduras necesarias para cada componente, conforme al cálculo detallado en el apartado correspondiente del capítulo III. El “*Anexo 2. Planos de alojamientos (registros y cámaras)*” contiene una serie de planos con los registros y cámaras más habituales, los dispositivos de cierre normalizados para alojamientos y los hitos de señalización.

I Condiciones generales

I.1 Objeto

Las presentes *Normas para Redes de Abastecimiento* de Canal de Isabel II Gestión tienen por objeto establecer las condiciones técnicas mínimas que han de cumplir los sistemas de abastecimiento gestionados por la entidad. Estas Normas establecen los criterios generales que deberán tenerse en cuenta para el proyecto, la instalación y el funcionamiento de dichos sistemas, con el fin de conseguir la máxima uniformidad y de asegurar unos niveles adecuados de garantía y calidad dentro de su ámbito de aplicación.

I.2 Ámbito de aplicación

Estas Normas son de aplicación para todas las redes de abastecimiento que, tanto por nueva implantación como por renovación de las existentes, vayan a incorporarse a los sistemas encomendados a Canal de Isabel II Gestión.

I.3 Legislación y normativa vigentes

La elaboración de las presentes Normas se ha realizado conforme a lo establecido en las leyes, reales decretos, decretos, órdenes y normas técnicas de ámbito internacional, europeo, nacional, autonómico, local e interno de Canal de Isabel II Gestión que aparecen detalladas en el apéndice "Normativa citada". En ese apartado se indican tanto el código y el título como el año de publicación de la versión consultada de cada disposición.

Dicha legislación y normativa, así como sus futuras actualizaciones o disposiciones que las sustituyan, deberán ser consideradas a la hora de proyectar, ejecutar y mantener las redes de abastecimiento incluidas en el ámbito de aplicación de estas Normas.

En particular, deberá observarse lo especificado 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*; el *Plan Hidrológico de la Cuenca del Tajo*, aprobado por RD 1664/1998, de 24 de julio; la norma UNE-EN 805 de *Abastecimiento de agua - Especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes*; y el resto de normativa vigente de Canal de Isabel II Gestión.

I.4 Documentación del Proyecto

Todo proyecto de una red de abastecimiento deberá incluir al menos los siguientes documentos:

- Documento nº 1: Memoria y Anejos.
- Documento nº 2: Planos.
- Documento nº 3: Pliego de Prescripciones Técnicas.
- Documento nº 4: Presupuesto.

El contenido exacto de los documentos del proyecto será determinado en cada caso por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.

En los apartados siguientes se describe el posible alcance de cada uno de ellos.

I.4.1 Memoria y Anejos

I.4.1.1 Memoria justificativa

La Memoria recogerá las necesidades a satisfacer y los factores sociales, medioambientales, técnicos, económicos y administrativos considerados en las distintas soluciones propuestas, así como una justificación de la solución elegida indicando las conclusiones de los estudios realizados para la redacción del Proyecto y desarrollados en los distintos Anejos.

Se incluirá una descripción detallada de la red propuesta, con referencia específica a las bases y sistemas de cálculo adoptados, características técnicas de las acometidas, redes de distribución y aducción y elementos complementarios constitutivos de la red.

Hará referencia a la clasificación del contratista, el plazo de ejecución de la obra, el presupuesto de la misma y la fórmula de revisión de precios.

En particular, la Memoria incluirá generalmente los capítulos siguientes:

- Antecedentes.
- Objeto del proyecto.
- Justificación de la solución propuesta.
- Descripción de las obras.
 - Criterios generales de proyecto y características de la red.
 - Resumen de zonas de abastecimiento y dotaciones consideradas.
 - Dimensionamiento hidráulico y mecánico de los conductos.
 - Elementos complementarios de la red.
- Servicios afectados.
- Tramitación medioambiental.
- Estudio de gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Estudio de Seguridad y Salud.
- Plazo de ejecución y garantía.
- Revisión de precios.
- Clasificación del contratista.
- Presupuesto de ejecución.
- Documentos del proyecto.

I.4.1.2 Anejos

Los anejos desarrollarán y justificarán lo descrito en la Memoria. Se podrán incluir los siguientes anejos, así como aquellos otros que puedan resultar necesarios para la definición de las obras. El alcance e inserción de cada anejo vendrá determinado por el tipo de obra a proyectar y el servicio de Canal de Isabel II Gestión destinatario.

Los anejos a incluir de forma habitual serán los siguientes:

- Anejo 1.- Características principales del proyecto
- Anejo 2.- Planeamiento y adenda
- Anejo 3.- Cartografía y topografía
- Anejo 4.- Estudio geológico y geotécnico
- Anejo 5.- Trazado y replanteo
- Anejo 6.- Cálculos hidráulicos
- Anejo 7.- Cálculos mecánicos y estructurales
- Anejo 8.- Cálculos eléctricos
- Anejo 9.- Protección catódica
- Anejo 10.- Conexiones exteriores, servicios afectados y consultas
- Anejo 11.- Seguridad y salud
- Anejo 12.- Tramitación medioambiental
- Anejo 13.- Estudio arqueológico
- Anejo 14.- Tramitación urbanística
- Anejo 15.- Plan de obra
- Anejo 16.- Instrumentación y control
- Anejo 17.- Relaciones del contratista con la dirección de obra
- Anejo 18.- Control de calidad
- Anejo 19.- Expropiaciones
- Anejo 20.- Plan de gestión de residuos
- Anejo 21.- Medidas de seguridad en instalaciones
- Anejo 22.- Señalización corporativa de instalaciones

I.4.2 Planos

Los planos deberán definir las obras propuestas, permitir su ejecución y servir de base para efectuar las mediciones correspondientes para la elaboración del presupuesto.

Se definirán en un formato de hoja DIN-A1 pero se imprimirán en papel con formato DIN-A3.

Los planos generalmente incluidos serán:

- Situación. En general a escala 1:50.000 (en DIN-A1), con indicación de los términos municipales o áreas urbanas afectadas por la ejecución de la red de abastecimiento.
- Planta general y distribución de hojas. A escala adecuada (preferiblemente 1:5.000 en DIN-A1) indicando la traza de la red y detallando los diámetros de las tuberías, la situación de elementos singulares y cualquier otra instalación de relevancia.
- Servicios afectados.
- Planta y perfil longitudinal. Generalmente en formato DIN-A1 a escala horizontal 1:1.000 y vertical 1:100. Incluirán la indicación de caudales, pendientes, cotas rojas, rasante y situación de elementos singulares. En el perfil longitudinal también se indicarán la sección y el material de la conducción.
- Secciones tipo de zanja.
- Secciones tipo de elementos singulares, pozos de registro, cámaras, anclajes, etc.

- Planos de definición de depósitos.
- Planos de definición de estaciones de bombeo.
- Planos de definición de instalaciones eléctricas.
- Planos de sistemas de control.

I.4.3 Pliego de Prescripciones Técnicas

El Pliego de Prescripciones Técnicas tendrá como objetivo definir las condiciones que han de regir la ejecución de las obras definidas en el Proyecto, e incorporará generalmente, al menos, los siguientes capítulos:

- Definición de las obras. Incluirá una descripción de las obras objeto del Proyecto, los documentos que las definen y la compatibilidad y prelación entre ellos, así como una relación de la normativa legal aplicable.
- Disposiciones generales. Se indicarán las condiciones generales relativas a responsabilidades del contratista, señalización, medidas de protección y limpieza de la obra, mano de obra y maquinaria adscrita a la obra, ejecución de obras no incluidas en el proyecto, pruebas y ensayos, revisión de precios, certificaciones, liquidación, plazo de garantía, así como cualquier otra que se considere de interés.
- Normativa y reglamentación vigente.
- Condiciones de los materiales. Se establecerán las características que deben cumplir los materiales, así como los ensayos a los que deberán someterse de forma previa a su utilización en las distintas unidades de obra.
- Condiciones de ejecución de las obras. Se definirán los procedimientos y medios necesarios para la ejecución de las distintas unidades de obra.
- Control de la ejecución. Se determinarán los procedimientos y ensayos de control de calidad así como las pruebas de la tubería instalada a efectuar en las unidades de obra ejecutadas.
- Medición y abono. Se indicarán las formas de medición y abono de las unidades de obra.

I.4.4 Presupuesto

El presupuesto estará constituido por las mediciones de las distintas unidades de obra, por los Cuadros de Precios N° 1 y N° 2 adoptados para los diferentes elementos, por los presupuestos parciales, por el Presupuesto de Ejecución Material y por el Presupuesto Base de Licitación (o Presupuesto de Ejecución por Contrata, en su caso).

Salvo casos excepcionales, como proyectos que únicamente deban estar sometidos a una Conformidad Técnica por parte de Canal de Isabel II Gestión, se tomará el Cuadro de Precios de éste como referencia para la elaboración del presupuesto.

I.5 Definiciones

El presente apartado recoge definiciones de carácter general al conjunto de las Normas, si bien en los distintos capítulos se desarrollarán definiciones específicas de los mismos.

- Accesorios (UNE-EN 805)
Componentes distintos de tubos, racores (o piezas especiales) o válvulas, incorporados a una conducción, por ejemplo contra-bridas, tornillos y juntas para uniones acerrojadas, y dispositivos de toma en carga.
- Acometida
Conjunto de elementos interconectados que une la red de distribución con la instalación de un cliente.
- Diámetro exterior (OD) (UNE-EN 805)
Diámetro exterior medio de la caña del tubo en una sección cualquiera. Para tubos perfilados exteriormente sobre la caña, se toma como diámetro exterior el diámetro máximo visto en corte.
- Diámetro interior (ID) (UNE-EN 805)
Diámetro interior medio de la caña del tubo en una sección cualquiera.
- Diámetro nominal (DN) (UNE-EN 805)
Designación numérica del diámetro de un componente mediante un número entero aproximadamente igual a la dimensión real en milímetros. Esto se aplica tanto al diámetro interior (ID) como al diámetro exterior (OD).
- Elemento de maniobra y control
Dispositivo que permite cortar o regular el caudal y la presión. Como ejemplos se pueden citar: válvula de seccionamiento, válvula de regulación, válvula de aeración, válvula reductora de presión, válvula anti-retorno, válvula de control, válvula de seguridad, etc.
- Hidrante
Elemento, conectado normalmente a la red de distribución principal, cuya finalidad es ser utilizado ante cualquier emergencia por el Servicio de Extinción de Incendios.
- Pieza especial (UNE-EN 805)
Componente, distinto del tubo, que permite la derivación, el cambio de dirección o de diámetro. Entre otras, se definen como tales las piezas brida-enchufe, brida-extremo liso, collarines y manguitos.
También son denominadas racores.
- Polígono de corte
Conjunto formado por el menor número posible de dispositivos de seccionamiento que permite dejar sin suministro cualquier punto de una red de distribución. Por extensión se denomina también de esta forma al tramo de red sin suministro.
- Presión
Se diferencian varios conceptos relacionados con la presión del agua en el interior de la tubería que podrían clasificarse en aquellos relativos a la red y los que hacen referencia a los componentes.

- Presiones relativas a la red:

- Presión de diseño (DP) (UNE-EN 805)

Presión máxima de funcionamiento (en régimen permanente) de la red o de la zona de presión, fijada por el proyectista, considerando futuras ampliaciones, pero excluyendo el golpe de ariete.

- Presión máxima de diseño (MDP) (UNE-EN 805)

Presión máxima de funcionamiento de la red o de la zona de presión, fijada por el proyectista, considerando futuras ampliaciones e incluyendo el golpe de ariete.

- Presión de funcionamiento (OP) (UNE-EN 805)

Presión interna que aparece en un instante dado en un punto determinado de la red de abastecimiento de agua.

- Presión de servicio (SP) (UNE-EN 805)

Presión interna en el punto de conexión a la instalación del consumidor, con caudal nulo en la acometida.

- Presión de prueba de la red (STP) (UNE-EN 805)

Presión hidrostática aplicada a una conducción recientemente instalada de forma que se asegure su integridad y estanquidad.

Estos conceptos se esquematizan en la siguiente figura:

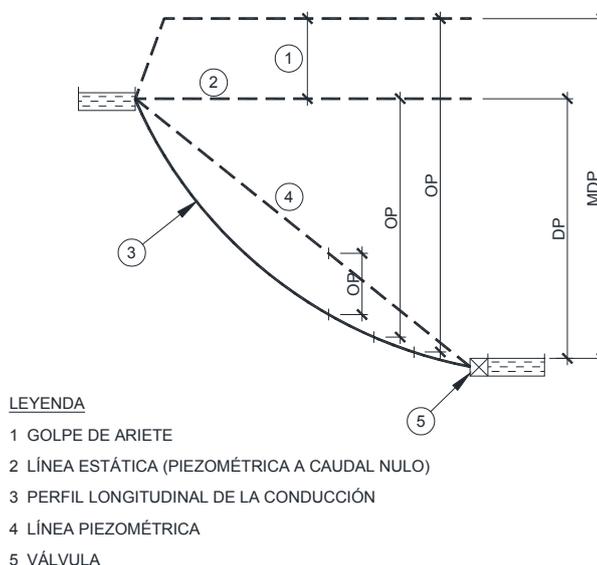


Figura 1. Ejemplo de conducción de gravedad a presión (UNE-EN 805)

- Presiones relativas a los componentes:

- Presión de funcionamiento admisible (PFA) (UNE-EN 805)

Presión hidrostática máxima que un componente es capaz de soportar de forma permanente en servicio.

La presión de funcionamiento admisible deberá ser mayor o igual que la presión de diseño ($PFA \geq DP$).

- Presión máxima admisible (PMA) (UNE-EN 805)

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

La presión máxima admisible deberá ser mayor o igual que la presión máxima de diseño ($PMA \geq MDP$).

- Presión de prueba en obra admisible (PEA) (UNE-EN 805)

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

La presión de prueba en obra admisible deberá ser mayor o igual que la presión de prueba de la red ($PEA \geq STP$).

- Presión normalizada o nominal (PN)

Presión con arreglo a la cual se clasifican y timbran los tubos, accesorios, piezas especiales y elementos de la red.

La relación entre la presión normalizada (PN) y las presiones relativas a los componentes se especifican en las normas del producto.

- Sector

Cada una de las zonas delimitadas geográficamente dentro de la red de abastecimiento y que se encuentran controladas mediante la medición de datos de presión y caudal.

- Unión (UNE-EN 805)

Ensamblaje de las extremidades adyacentes de dos componentes, que incluye elementos de estanquidad.

I.6 Sistema de unidades

Las unidades adoptadas en las presentes Normas corresponden a las del Sistema Internacional de Unidades (SI) que, según especifica el *Real Decreto 2032/2009, de 30 de diciembre, por el que se establecen las unidades legales de medida*, es el sistema legal de unidades de medida vigente en España. Sus unidades básicas son las indicadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Unidades básicas del Sistema Internacional.

Magnitud	Unidad	
	Nombre	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s

Son unidades derivadas del Sistema Internacional las indicadas en la Tabla 2.

Tabla 2. Unidades derivadas del Sistema Internacional.

Magnitud	Unidad		Equivalencia en otras unidades
	Nombre	Símbolo	
Superficie	metro cuadrado	m ²	
Volumen	metro cúbico	m ³	
Velocidad	metro por segundo	m/s	
Aceleración	metro por segundo cuadrado	m/s ²	
Fuerza	newton	N	kg·m/s ²
Presión	pascal	Pa	N/m ²
Energía	julio	J	N·m
Potencia	vatio	W	J/s
Densidad	kilogramo por metro cúbico	kg/m ³	
Caudal	metro cúbico por segundo	m ³ /s	

La correspondencia entre las unidades del Sistema Internacional (SI) y las del Sistema Metro-Kilogramo-Segundo (MKS) es la siguiente:

$$\begin{array}{llll}
 1 \text{ N} & = 0,102 \text{ kp} & \text{e inversamente} & 1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N} \\
 1 \text{ N/mm}^2 & = 10,197 \text{ kp/cm}^2 & \text{e inversamente} & 1 \text{ kp/cm}^2 = 0,0981 \text{ N/mm}^2
 \end{array}$$

El kilopondio (kp) se denomina también kilogramo fuerza (kgf).

En el caso de la presión se pueden encontrar diferentes unidades. En la Tabla 3 se establece la relación entre las más frecuentes.

Tabla 3. Relación entre distintas unidades de presión

Una unidad de esta columna equivale a	Pa N/m ²	MPa N/mm ²	kgf/cm ²	atm	m.c.a.	mm Hg	bar
Pa = N/m ²	1	10 ⁻⁶	10,2·10 ⁻⁶	9,87·10 ⁻⁶	1,02·10 ⁻⁴	0,0075	0,00001
MPa = N/mm ²	10 ⁶	1	10,1972	9,86923	101,974	7500,62	10
kgf/cm ²	98.066,5	0,098067	1	0,96784	10	735,559	0,98067
atm	101.325	0,101325	1,03323	1	10,3326	760	1,01325
m.c.a.	9.806,38	0,009806	0,1	0,09678	1	73,5539	0,09806
mm Hg	133,322	1,333·10 ⁻⁴	0,00136	0,00132	0,013595	1	0,00133
bar	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

La equivalencia con las unidades de presión empleadas en el sistema anglosajón (o sistema imperial) es la siguiente:

$$\begin{array}{l}
 1 \text{ kgf/cm}^2 = 14,223 \text{ psi (libra por pulgada cuadrada)} \\
 1 \text{ kgf/cm}^2 = 2.048,2 \text{ psf (libra por pie cuadrado)} \\
 1 \text{ kgf/cm}^2 = 0,9289 \text{ tsf (tonelada por pie cuadrado)}
 \end{array}$$

II Componentes del sistema de abastecimiento

II.1 Consideraciones generales

El sistema de abastecimiento está compuesto por un conjunto de instalaciones que conectan las fuentes de suministro con las acometidas domiciliarias.

Se considera subdividido en cuatro elementos encadenados con diferentes funciones específicas: captación, estación de tratamiento, red de aducción y red de distribución.

- Captación

Conjunto de instalaciones de regulación, derivación, alumbramiento y conducción de las aguas superficiales y subterráneas, desde las fuentes de suministro hasta las instalaciones de tratamiento. Comprende presas, azudes, pozos, canales, estaciones de bombeo y conducciones de agua bruta.

- Estación de tratamiento

Conjunto de instalaciones de potabilización necesarias para que el agua de suministro alcance los valores paramétricos que se señalan 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*.

- Red de aducción

Conjunto de conducciones e instalaciones que conecta las estaciones de tratamiento con las redes de distribución. Normalmente la red de aducción tiene estructura ramificada, puede intercalar estaciones elevadoras y cada rama termina en un depósito o válvula de control. Su trazado generalmente no discurre por suelo urbano, atraviesa frecuentemente varios municipios y debe mantenerse exenta de acometidas e hidrantes a fin de no condicionar su régimen de explotación.

- Red de distribución

Conjunto de conducciones e instalaciones que conecta los puntos de entrega de la red de aducción (depósito o válvula de control) con las acometidas domiciliarias. Su diseño, salvo excepción justificada, será mallado y su trazado discurrirá normalmente por suelo urbano o periurbano dentro de un mismo municipio.

A los efectos de su diseño y explotación, dentro de la red de distribución se distinguen tres redes superpuestas:

- Red de transporte

Conjunto de conducciones troncales de la red de distribución que interconectan los puntos de entrega de la red de aducción con las distintas zonas de presión y consumo del municipio asegurando la continuidad hidráulica de la red básica del abastecimiento. Generalmente el diámetro nominal de las conducciones de la red de transporte será superior a 150 mm y sobre ellas debe evitarse la instalación de acometidas e hidrantes.

- Red principal

Conjunto de conducciones de reparto sobre las que se pueden instalar acometidas e hidrantes. Está compuesto por tuberías de diámetro nominal igual o superior a 150 mm.

- Red secundaria

Conjunto de conducciones de reparto compuesto por el resto de conducciones, de diámetro nominal inferior a 150 mm, sobre las que se podrán instalar acometidas.

Por otro lado, atendiendo a su estructura, las redes pueden ser de las siguientes formas:

- Red ramificada

Consiste en una tubería principal de la que derivan otras secundarias, de las que a su vez parten conducciones de tercer orden, y así sucesivamente.

En este tipo de red, cada punto recibe el agua sólo por un camino.

- Red mallada

Sistema en el que la disposición de las tuberías es reticular.

En estas redes el agua puede seguir diferentes caminos para ir de un punto a otro.

Para asegurar la calidad del agua se tendrá en cuenta lo dispuesto en el *RD 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano*, y en la *Orden SAS/1915/2009 sobre sustancias para el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano*, ambos de obligado cumplimiento. De igual manera, se considerará la *Orden SCO/1591/2005 sobre el Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo*, así como la normativa autonómica correspondiente.

Ninguno de los componentes en contacto con el agua de consumo humano debe producir alteración alguna en las características físicas, químicas, bacteriológicas y organolépticas de las aguas, aún teniendo en cuenta el tiempo y los tratamientos físico-químicos a que éstas hayan podido ser sometidas.

Si el contacto del agua con los componentes se produce a través de una protección, ésta deberá cumplir los criterios anteriormente establecidos.

En los apartados siguientes se especifican las condiciones básicas que deben cumplir los diferentes componentes que integran las redes de aducción y de distribución de agua para abastecimiento humano. Fundamentalmente son los siguientes:

- Tubos
- Uniones
- Piezas especiales
- Elementos de maniobra y control
- Depósitos
- Estaciones de bombeo

- Alojamientos
- Acometidas
- Otros componentes complementarios (pates, escaleras, pasarelas y plataformas, barandillas y cadenas de seguridad, trámex e hitos de señalización)
- Elementos de automatización y control

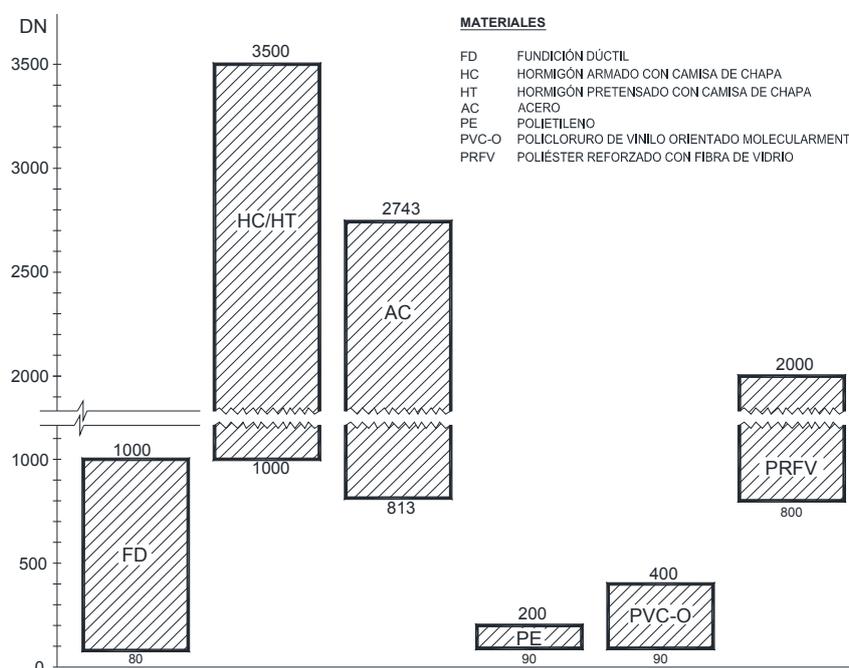
Los materiales o el diseño de los distintos componentes serán los que se indican a continuación. Cualquier otro material o variación en el diseño deberá ser debidamente justificado por el fabricante y aprobado por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.

II.2 Tubos

En el presente apartado se especifican las condiciones básicas que deben cumplir los tubos a instalar en redes nuevas de aducción o de distribución de agua para consumo humano encomendadas a Canal de Isabel II Gestión.

II.2.1 Consideraciones generales. Mapa de usos

Las tuberías a instalar en redes nuevas de aducción o de distribución de agua para consumo humano encomendadas a Canal de Isabel II Gestión deberán cumplir con lo especificado en los epígrafes II.2.2 a II.2.7, según materiales, y su empleo se realizará conforme a lo indicado en el mapa de usos representado en la Figura 2.



El DN se refiere, aproximadamente, al siguiente valor:

- Diámetro interior (ID): Tubos de FD, HC, HT y PRFV.
- Diámetro exterior (OD): Tubos de AC, PE y PVC-O.

Figura 2. Mapa de usos de Canal de Isabel II Gestión

La fundición dúctil será de uso preferente dentro de su rango de aplicación.

Los materiales plásticos (PE, PVC-O y PRFV) sólo podrán emplearse previa propuesta y autorización expresa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.

El diámetro nominal mínimo de las conducciones de aducción será de 150 mm y el de las conducciones de la red de distribución de 80 mm.

Para conducciones de diámetros y/o materiales diferentes a los normalizados en el mapa de usos se requerirá la preceptiva autorización de Canal de Isabel II Gestión.

En ningún caso se instalarán tubos con presiones nominales (PN), o en su defecto presiones de funcionamiento admisibles (PFA), inferiores a 1,6 MPa. Además, deberán tenerse en cuenta las restricciones asociadas al rango de presiones admisibles para cada uno de los materiales, según lo indicado en la Tabla 4.

Tabla 4. Rango de presiones admisibles en función del material

Tipo de tubo		PFA (N/mm ²)	PMA (N/mm ²)
Fundición dúctil	Clase 30	3,00	3,60
	Clase 40	4,00	4,80
	Clase 50	5,00	6,00
	Clase 64	6,40	7,68
	Clase 100	10,00	12,00
Hormigón		Serán declaradas por el fabricante	
Acero		-	$\frac{2 \cdot e}{ID} \cdot \sigma_{adm}$
PE	PE100 PN 16	1,60	1,60 *
PVC-O	PVC-O 500 PN 16	1,60	1,60 *
	PN 16	1,60	2,24
PRFV	PN 20	2,00	2,80
	PN 25	2,50	3,50

* La norma de producto no especifica la PMA y, del lado de la seguridad, se supone un valor igual a la PFA.

II.2.2 Tubos de fundición dúctil (FD)

II.2.2.1 Consideraciones generales

Los tubos de fundición dúctil objeto del presente apartado deberán cumplir, en general, con lo especificado para los mismos en la norma UNE-EN 545. Su uso se limitará al indicado en el epígrafe II.2.1.

II.2.2.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones del apartado I.5, en los tubos de fundición serán de aplicación las siguientes de manera específica:

- Diámetro Nominal, DN

En los tubos de fundición dúctil la designación genérica DN se refiere, aproximadamente, al diámetro interior (ID).

- Clase de presión (C) (UNE-EN 545)

Designación alfanumérica de la familia de componentes, incluyendo sus uniones, relativa a sus presiones de operación verificadas por todos los ensayos de prestaciones descritos en la norma UNE-EN 545, que incluye la letra C seguida de un número adimensional igual a la PFA máxima en bares de la familia de componentes.

- Presión nominal (PN)

El concepto de presión nominal en los tubos de fundición dúctil sólo se emplea cuando se unan con bridas, en cuyo caso el valor de PN corresponde a las presiones que se indican en la Tabla 5.

II.2.2.3 Clasificación

Los tubos de fundición dúctil unidos mediante junta flexible (la disposición más habitual) se clasificarán por su diámetro nominal (DN) y su clase de presión (C). Si, excepcionalmente, los tubos de fundición se unen mediante bridas, entonces se clasifican por su diámetro nominal (DN) y por su presión nominal (PN).

Los valores normalizados del diámetro nominal (DN) de las clases de presión (C) y de las presiones nominales (PN), así como los de las presiones PFA, PMA y PEA para conducciones a instalar en redes encomendadas a Canal de Isabel II Gestión, serán los indicados en la Tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de los tubos de fundición dúctil

Tubos con unión flexible					Tubos con bridas			
DN	Clase 30	Clase 40	Clase 50	Clase 64	Clase 100	PN 16	PN 25	PN 40
	PFA 30	PFA 40	PFA 50	PFA 64	PFA 100	PFA 16	PFA 25	PFA 40
	PMA 36	PMA 48	PMA 60	PMA 76,8	PMA 120	PMA 20	PMA 30	PMA 48
	PEA 41	PEA 53	PEA 65	PEA 81,8	PEA 125	PEA 25	PEA 35	PEA 53
80								
100								
125								
150								
200								
250								
300								
350								
400								
450*								
500								
600								
700								
800								
900								
1000								

* Fabricación poco frecuente

II.2.2.4 Características técnicas

Las características mecánicas de la fundición dúctil empleada en las tuberías deberán cumplir con lo especificado en la Tabla 6. Para la densidad del material se adopta, en general, el valor de 7.050 kg/m³ y para el módulo de elasticidad, 1,7 x 10⁵ N/mm².

Tabla 6. Características mecánicas de la fundición dúctil

Tipo de pieza	Resistencia mínima a la tracción, R_m (N/mm ²)	Alargamiento mínimo en rotura, $A_{min, r}$ (%)	Dureza Brinell Máxima, HB
Tubos centrifugados	420	10	230
Tubos no centrifugados	420	5	230
Piezas especiales	420	5	250

II.2.2.5 Dimensiones

Las dimensiones normalizadas de los tubos de fundición con junta flexible serán las indicadas en la Tabla 7 y en la Figura 3. Si, excepcionalmente, se dispusieran tubos unidos con bridas, sus dimensiones serán las especificadas en la norma UNE-EN 545.

Tabla 7. Dimensiones de los tubos de fundición dúctil (UNE-EN 545)

Diámetros (mm)		Espesor mínimo (mm)					Longitudes		
Valor nominal		Clase 30	Clase 40	Clase 50	Clase 64	Clase 100	Valor nominal (m)		
DN	OD						Tubos para unión flexible	Tubos con bridas incorporadas	Tubos con bridas soldadas o roscadas
80	98					4,7	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
100	118					4,7	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
125	144				4,0	5,0	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
150	170				4,0	5,9	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
200	222			3,9	5,0	7,7	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
250	274			4,8	6,1	9,5	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
300	326		4,6	5,7	7,3	11,2	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
350	378		5,3	6,6	8,5	13,0	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
400	429		6,0	7,5	9,6	14,8	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
450	480		6,8	8,4	10,7	16,6	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
500	532	5,6	7,5	9,3	11,9	18,3	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
600	635	6,7	8,9	11,1	14,2	21,9	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
700	738	7,8	10,4	13,0	16,5		5,5-6-7	0,5-1-2-3	2-3-4-5-6
800	842	8,9	11,9	14,8	18,8		5,5-6-7	0,5-1-2-3	2-3-4-5-6
900	945	10,0	13,3	16,6			5,5-6-7-8,15	0,5-1-2-3	2-3-4-5-6
1000	1048	11,1	14,8	18,4			5,5-6-7-8,15	0,5-1-2-3	2-3-4-5-6

* El diámetro nominal (DN) se refiere, aproximadamente, al diámetro interior (ID).

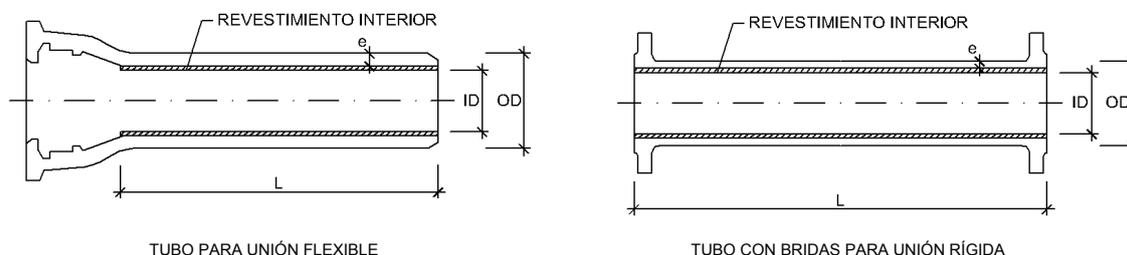


Figura 3. Dimensiones de los tubos de fundición dúctil

II.2.2.6 Uniones

Los sistemas de unión de los tubos de fundición podrán ser alguno de los que se indican a continuación (ver Figura 4), los cuales deberán ser conformes con lo especificado para los

mismos en la norma UNE-EN 545. En particular, la desviación angular admisible será la indicada en la Tabla 8.

- Unión flexible
 - Automática
 - Sin acerrojar
 - Acerrojada
 - Mecánica
 - Sin acerrojar
 - Acerrojada
- Unión rígida (embridada)

En el apartado II.3 se definen y clasifican estas tipologías de uniones.

La unión de tipo flexible mecánica sin acerrojar no se empleará generalmente entre tubos, sino para unir un tubo con una pieza especial o un elemento de maniobra o control.

Tabla 8. Valores mínimos de la desviación angular admisible en las uniones flexibles (UNE-EN 545)

DN	Tipo de unión	
	Sin acerrojar	Acerrojadas
$DN \leq 300$	3° 30'	1° 45'
$350 \leq DN \leq 600$	2° 30'	1° 15'
$700 \leq DN \leq 1000$	1° 30'	45'

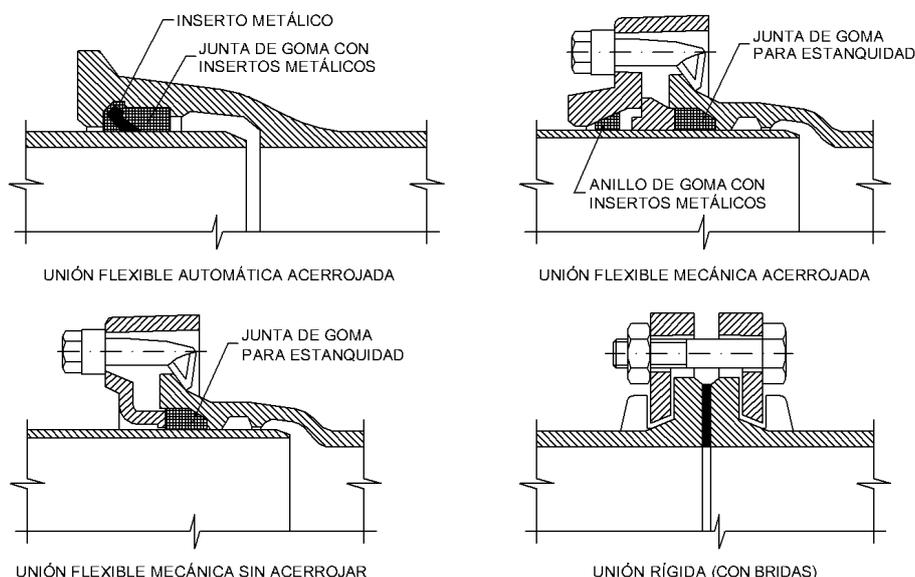


Figura 4. Tipos de uniones en los tubos de fundición dúctil

II.2.2.7 Revestimientos del tubo

Todos los tubos se protegerán contra la corrosión mediante revestimientos adecuados, los cuales recubrirán uniformemente la totalidad de los contornos de los tubos, constituyendo superficies lisas y regulares, exentos de defectos tales como cavidades o burbujas. Habrán de estar bien adheridos a la fundición, no descascarillándose, ni exfoliándose, y secando en un tiempo rápido. Los revestimientos se aplicarán siempre en fábrica, excepto la manga de

polietileno que se colocará en la propia obra. Salvo indicación en contra, todos los tubos deberán suministrarse con las siguientes protecciones:

- Un revestimiento exterior de cinc metálico con capa de acabado
- Un revestimiento interior de mortero de cemento

Excepcionalmente, y si así lo aceptan los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión, podrán ser admisibles también los siguientes revestimientos conforme a lo especificado para los mismos en la norma UNE-EN 545:

- Revestimientos exteriores:
 - Recubrimientos de pintura rica en cinc con capa de acabado.
 - Manga de polietileno (añadida al recubrimiento de cinc con capa de acabado) según la norma ISO 8180.
 - Recubrimiento de aleación de cinc y aluminio con o sin otros metales, con capa de acabado.
 - Polietileno extruido de acuerdo con la norma UNE-EN 14628.
 - Poliuretano según la norma UNE-EN 15189.
 - Mortero de cemento reforzado de acuerdo con la norma UNE-EN 15542.
 - Cinta adhesiva.
- Revestimientos interiores:
 - Mortero de cemento con mayor espesor.
 - Mortero de cemento con capa de sellado (“seal-coat”).
 - Poliuretano según la norma UNE-EN 15655.
- Revestimientos del área de unión:
 - Recubrimiento epoxi.
 - Recubrimiento de poliuretano.

Como criterio general, la elección del revestimiento exterior se realizará en función de la agresividad del suelo que rodee la conducción (ver apartado III.6.2), conforme a lo indicado en la tabla adjunta (anexo D informativo de la norma UNE-EN 545).

Tabla 9. Criterios de selección de los revestimientos exteriores en tubos de fundición según la agresividad del terreno

<i>Agresividad del terreno</i>	<i>Tipo de revestimiento exterior de los tubos</i>
Terrenos poco corrosivos	Cinc metálico y pintura bituminosa de acabado
Terrenos muy corrosivos	Cinc metálico; pintura bituminosa de acabado; manga de polietileno o cinc-aluminio y pintura de acabado
Terrenos sumamente corrosivos	Poliuretano; cinc metálico; polietileno extruido o cinta adhesiva

La norma UNE-EN 545 entiende por suelos muy corrosivos los que tienen una resistividad muy baja (menor de 1.500 Ω ·cm si es una instalación por encima del nivel freático o 2.500 Ω ·cm si es bajo la capa freática), o un pH menor de 6, o si tienen un alto contenido de sulfatos, cloruros o sulfuros, o si hay peligro de contaminación por vertidos orgánicos o industriales o si existen corrientes vagabundas, etc.

En cuanto a los revestimientos interiores, la elección del mismo será función de la agresividad del agua transportada como se indica en la Tabla 10.

Tabla 10. Criterios de selección de los revestimientos interiores en tubos de fundición según la agresividad del agua transportada

Agresividad del agua transportada	Tipo de revestimiento interior de los tubos
Aguas no agresivas	Mortero de cemento portland
Aguas agresivas	Mortero de cemento resistente a los sulfatos (incluyendo cementos de alto horno)
Aguas sumamente agresivas	Mortero de cemento aluminoso Poliuretano

Las aguas agresivas son, según el anexo E (informativo) de la norma UNE-EN 545, las que se indican en la Tabla 11.

Tabla 11. Clasificación de las aguas por su agresividad (UNE-EN 545)

Característica	Aguas no agresivas	Aguas agresivas	Aguas sumamente agresivas
Valor mínimo de pH	6	5,5	4
Contenido máximo (mg/l) en:			
CO ₂ agresivo	7	15	No limitado
Sulfatos (SO ₄ ⁻)	400	3.000	No limitado
Magnesio (Mg ⁺⁺)	100	500	No limitado
Amonio (NH ₄ ⁺)	30	30	No limitado

En cualquier caso, en el ámbito del agua para consumo humano, se considerará con carácter general que el agua transportada es no agresiva.

II.2.2.8 Marcado de los tubos

Todos los tubos deberán ir marcados, de forma fácilmente legible y durable, con la siguiente identificación como mínimo:

- Nombre o marca del fabricante.
- Identificación del año de fabricación.
- Identificación como fundición dúctil.
- Diámetro nominal, DN.
- PN (rating) de las bridas, para componentes bridados.
- Referencia a la norma EN 545.
- Clase de presión de los tubos centrifugados.
- Identificación del certificado de producto emitido por tercera parte, si procede.

Las cinco primeras indicaciones anteriormente citadas deben ser de molde o estampadas en frío; el resto pueden aplicarse mediante otro sistema, por ejemplo, pintadas sobre los tubos moldeados.

II.2.3 Tubos de hormigón (HC/HT)

II.2.3.1 Consideraciones generales

Podrán utilizarse tuberías de hormigón de los siguientes tipos:

- Tubos de hormigón armado con camisa de chapa (HC)
- Tubos de hormigón pretensado con camisa de chapa (HT)

La utilización de tubos de hormigón pretensado con camisa de chapa se realizará siempre bajo autorización expresa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.

Para su cálculo, fabricación, control e instalación deberá cumplirse lo especificado por las siguientes normas e instrucciones: UNE-EN 639, UNE-EN 641, UNE-EN 642, Instrucción del Instituto Eduardo Torroja para tubos de hormigón armado o pretensado (IET) e Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

Su uso se limitará al indicado en el apartado II.2.1.

Las tuberías de hormigón armado con camisa de chapa podrán utilizarse en conducciones de diámetro igual o superior a 1.000 mm. Es recomendable su uso en conducciones en las que se puedan producir acciones ovalizantes importantes y en las que se prevean pocas derivaciones.

Para presiones máximas de diseño (MDP) superiores a 1,6 MPa, además de tuberías de hormigón armado con camisa de chapa, se considerará la posibilidad de utilizar tuberías de hormigón pretensado con camisa de chapa. Ambas soluciones requerirán un estudio técnico-económico justificativo previo y la aprobación por Canal de Isabel II Gestión de la solución adoptada.

II.2.3.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones del apartado I.5, en estos tubos son de aplicación los siguientes conceptos:

- Tubo de hormigón armado con camisa de chapa (HC)

Es el formado por una pared de hormigón y una armadura transversal, compuesta por una o más jaulas cilíndricas y una camisa de chapa de acero soldada, que, además, es la encargada de garantizar la estanquidad. Normalmente la camisa de chapa está situada más próxima al paramento interior que las armaduras y entre este paramento y la camisa pueden disponerse armaduras transversales y longitudinales o bien un mallazo, dependiendo del diámetro del tubo.

- Tubo de hormigón pretensado con camisa de chapa (HT)

Es el formado por un núcleo de hormigón que contiene una camisa cilíndrica de chapa, que le confiere estanquidad, un alambre de acero de alta resistencia que se enrolla helicoidalmente alrededor del núcleo, postesado a una tensión previamente fijada, que se designa "tensión de zunchado", y un revestimiento exterior, de espesor y naturaleza variables, cuya misión principal es la protección del alambre. Estos tubos podrán ser de camisa embebida o de camisa revestida, según que la camisa de chapa del núcleo esté revestida de hormigón por ambos lados o bien únicamente por el interior.

- Diámetro nominal

En los tubos de hormigón la designación genérica DN se refiere al diámetro interior (ID).

II.2.3.3 Clasificación

La clasificación de los tubos se realiza en base al tipo de tubo de que se trate, a su DN y a la presión máxima de diseño (MDP) que resistan, debiendo, en cualquier caso figurar en el proyecto planos de detalle y prescripciones técnicas relativas a la disposición de las armaduras, espesor de hormigón y mortero de revestimiento, características de los materiales, proceso de ejecución y cuanta otra información sea necesaria para la completa y unívoca definición del tubo.

Las posibles tipologías son las indicadas en el apartado II.2.3.1 y la serie de DN admitidos para cada una de ellas se muestra en el II.2.3.5. En cuanto a las presiones máximas de diseño (MDP) no hay serie alguna normalizada puesto que para un mismo valor podrían variar parámetros tales como el espesor, la disposición de las armaduras, su cuantía, etc.

II.2.3.4 Características técnicas

Los materiales a emplear en los tubos de hormigón armado y pretensado (cemento, agua, áridos, aditivos, adiciones, acero para armaduras pasivas y activas y chapas de acero) deberán cumplir lo especificado por la vigente *Instrucción de Hormigón Estructural* y por las demás normas e instrucciones indicadas en el apartado II.2.3.1, así como lo que complementariamente se expone a continuación.

- Cemento: El cemento a emplear deberá cumplir con lo especificado por la vigente Instrucción para la Recepción de Cementos. En ningún caso se deberá utilizar cemento aluminoso.
- Hormigón: Se emplearán hormigones cuya resistencia característica no sea inferior a 35 N/mm².
- Armaduras pasivas: En general, las barras o alambres de las armaduras pasivas deberán ser de los siguientes diámetros: 6, 8, 10 y 12 mm y el acero a emplear será de calidad soldable, cuando sea preciso. Las barras corrugadas cumplirán con la norma UNE 36068 y las mallas electrosoldadas con la UNE 36092.

En la armadura principal (transversal) se utilizarán barras o alambres corrugados, mientras que en la armadura auxiliar (longitudinal) se utilizarán aceros lisos.

- Armaduras activas: En general, los alambres de pretensado deberán ser de los siguientes diámetros: 5, 6 y 7 mm.

Cumplirán con la normativa UNE 36094 y con la vigente Instrucción de Hormigón Estructural, admitiéndose los tipos indicados en la Tabla 12.

Tabla 12. Tipos de alambre de pretensado

Designación	Diámetros nominales (mm)	Carga unitaria máxima $f_{m\acute{a}x}$ (N/mm ²)
Y 1670 C	7	1.670
Y 1770 C	5 - 6	1.770
Y 1860 C	5	1.860

- Chapa de acero: La chapa empleada en las camisas de los tubos de hormigón armado o pretensado, debe ser de acero dulce y espesor uniforme (en ningún caso inferior a 6 mm).

Para su fabricación podrán emplearse chapas de tipo S-235 JR (UNE-EN 10025) o de calidad superior.

La consideración en el cálculo de un límite elástico del acero superior a 210 MPa deberá justificarse debidamente.

El proceso de ejecución (moldeado, disposición de armaduras activas y pasivas y camisas de chapa, hormigonado, etc.) debe cumplir con lo especificado en las normas e instrucciones indicadas en el apartado II.2.3.1 y complementariamente con lo que se expone en la *Guía técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión (CEDEX)*.

II.2.3.5 Dimensiones

La serie de DN y sus espesores mínimos normalizados se indican en la tabla siguiente en función de las tipologías de tubos de hormigón descritas en el apartado II.2.3.1.

Tabla 13. Dimensiones de los tubos de hormigón armado y pretensado (normas UNE-EN 639, 641 y 642)

DN	Tolerancia en DN		Espesores mínimos (mm), incluida la camisa de chapa		
	Media (+/- mm)	Individual (+/- mm)	HC		
			Revestimiento interior	Tubo	HT
1.000	11,0	22	20	80	65
1.100	11,5	23	25	85	70
1.200	12,0	24	25	95	75
1.250	12,0	24	25	100	75
1.400	12,0	24	25	110	85
1.500	12,0	24	25	115	90
1.600	12,0	24	25	125	100
1.800	12,0	24	30	140	115
2.000	12,0	24	40	155	125
2.100	12,0	24	40	165	-
2.200	12,0	24	40	170	135
2.400	12,0	24	45	185	145
2.500	12,0	24	45	195	150
2.600	12,0	24	45	200	160
2.800	12,0	24	45	215	170
3.000	12,0	24	45	220	180
3.200	12,0	24	45	230	190
3.500	12,0	24	50	250	210

* El diámetro nominal (DN) se refiere, aproximadamente, al diámetro interior (ID).

La longitud de los tubos (L) no está normalizada. En cualquier caso la tolerancia sobre el valor declarado por el fabricante debe ser de +/- 10 mm y la relación L/DN no mayor de 21 (UNE-EN 639).

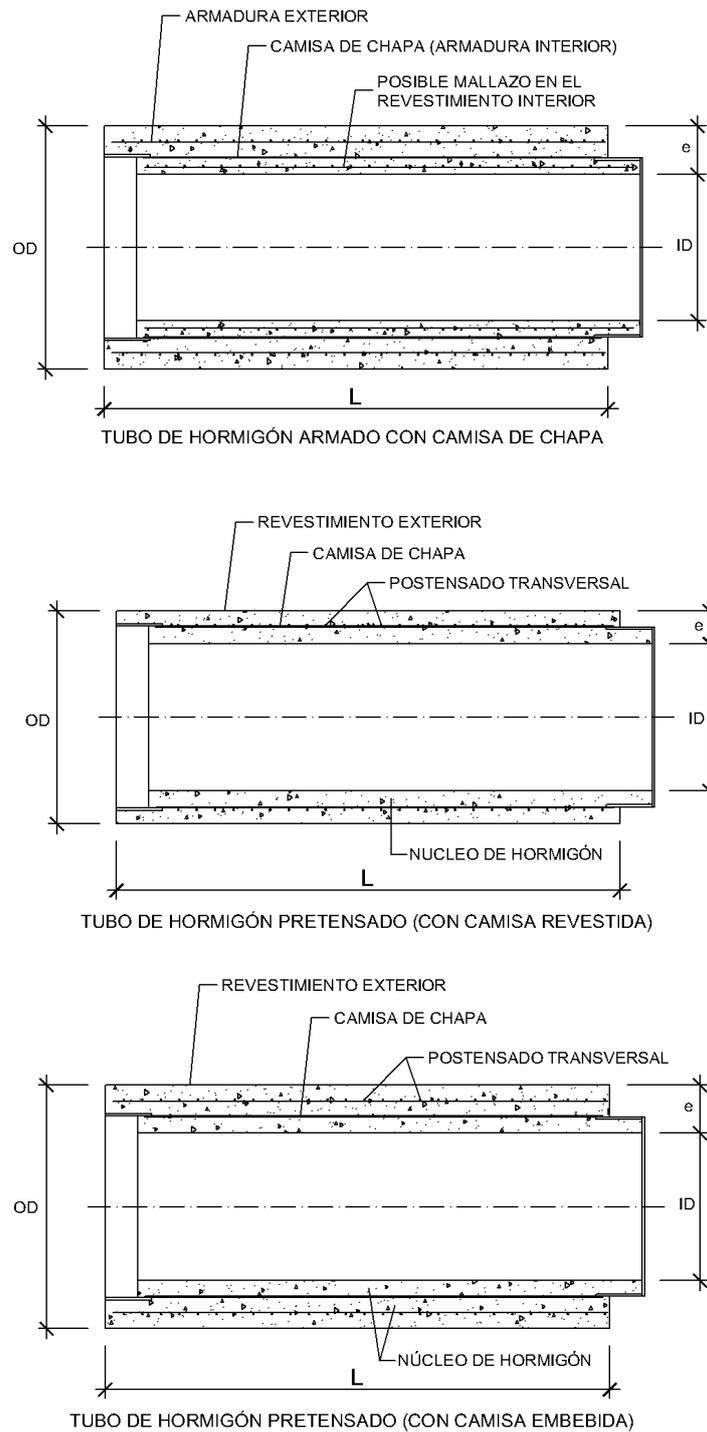


Figura 5. Dimensiones y tipologías en los tubos de hormigón

II.2.3.6 Uniones

Los sistemas de unión de los tubos de hormigón podrán ser alguno de los que se indican a continuación, los cuales deberán ser conformes con lo especificado para los mismos en la norma UNE-EN 639.

- Uniones rígidas (uniones soldadas).
- Uniones flexibles con anillo elastomérico.

En el apartado II.3 se definen y clasifican estas tipologías de uniones.

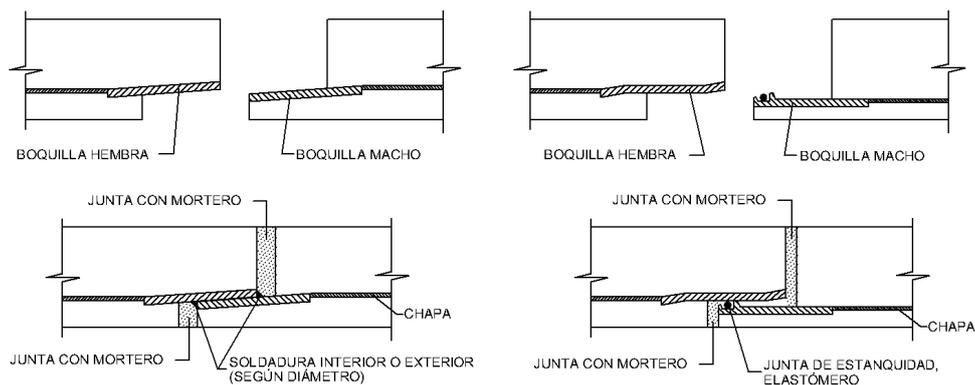


Figura 6. Unión rígida (izquierda) y flexible (derecha) en los tubos de hormigón

Las desviaciones angulares admisibles son las indicadas en la Tabla 14.

Tabla 14. Uniones flexibles. Valores mínimos de la desviación angular admisible (UNE-EN 639)

DN	Uniones flexibles
DN ≤ 1.000	1° 09'
DN > 1.000	1° 09' x 1.000/DN

Para cada instalación el proyecto correspondiente debe especificar los tipos de unión que sean de aplicación.

Si hay muchos cambios de trazado en la conducción, las uniones rígidas pueden ser recomendables al reducir la necesidad de colocar los correspondientes macizos de anclaje.

II.2.3.7 Marcado de los tubos

Todos los tubos deberán ir indeleblemente marcados de forma claramente visible y duradera con la siguiente información como mínimo en el extremo macho o hembra:

- Referencia a la norma EN 641, para HC, o EN 642, para HT.
- Una "P" para indicar que el tubo es apto para el transporte de agua para consumo humano.
- Identificación del fabricante y lugar de producción.
- Identificación de la fecha de fabricación.
- Identificación de la certificación por tercera parte, si procede.
- Identificación del diámetro y del tipo de resistencia mecánica, si procede.
- Identificación de un uso especial, cuando proceda.
- Si se especifica en los documentos del contrato se colocarán en el tubo marcas especiales de identificación suficientes para indicar la localización adecuada del tubo en la conducción por referencia a dibujos y nomenclaturas especificadas en la norma UNE-EN 639.
- Todos los tubos biselados serán marcados indicando su desviación angular. El lado corto será igualmente identificado.
- Si se usa armadura elíptica, el eje menor de la armadura será identificado.

II.2.4 Tubos de acero (AC)

II.2.4.1 Consideraciones generales

Con carácter general, los tubos de acero cumplirán con la norma UNE-EN 10224.

Podrán emplearse tuberías de acero en conducciones de diámetro nominal superior o igual a 800 mm, limitándose su uso al indicado en el apartado II.2.1. En instalaciones singulares (depósitos, impulsiones, estaciones de tratamiento de agua, etc.), y previa justificación, se podrán utilizar tuberías de acero de menor diámetro.

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 y seguirán lo especificado en el apartado III.5.4.1.

II.2.4.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones del apartado I.5, en estos tubos son de aplicación las siguientes:

- Diámetros nominales

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

- Presión nominal (PN)

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 PFA.

II.2.4.3 Clasificación

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

La serie de diámetros nominales (DN) y espesores nominales (e) normalizados son los indicados en el apartado II.2.4.5 y el tipo de acero empleado debe cumplir con lo especificado en el epígrafe II.2.4.4.

II.2.4.4 Características técnicas

El acero empleado debe ser no aleado y completamente calmado, según se indica en la norma UNE-EN 10020. Además, será apto para el soldeo, según lo indicado en la norma UNE-EN 10025.

De acuerdo con la norma UNE-EN 10224, se podrán utilizar tres tipos de acero: L235, L275 y L355. De manera habitual se optará por acero de calidad L275.

También se podrán emplear otros aceros diferentes a los anteriormente indicados siempre que previamente se haya autorizado su utilización por parte de Canal de Isabel II Gestión. En la Tabla 15 se recogen las equivalencias aproximadas de los aceros contemplados en la norma UNE-EN 10224 con otros empleados tradicionalmente, en base a sus características mecánicas.

Tabla 15. Equivalencias aproximadas entre los aceros previstos en las diferentes normas de producto.

UNE-EN 10224	UNE-EN 10025	ISO 3183 y API 5L
L235	S235	L245 ó B
L275	S275	L290 ó X42
L355	S355	L360 ó X52

La composición química de la colada en los aceros, así como las características mecánicas de éstos, deben cumplir con lo especificado de la Tabla 16 a la Tabla 21.

Tabla 16. Composición química de la colada del acero (UNE-EN 10224)

Designación simbólica del acero	C % máx.	Si % máx.	Mn % máx.	P % máx.	S % máx.
L235	0,16	0,35	1,20	0,030	0,025
L275	0,20	0,40	1,40	0,030	0,025
L355*	0,22	0,55	1,60	0,030	0,025

* Para el acero L355, se permiten adiciones de niobio, titanio y vanadio a la elección del fabricante. En este caso, los documentos de inspección deben indicar el contenido de estos elementos.

Tabla 17. Características mecánicas a temperatura ambiente del acero (UNE-EN 10224)

Designación simbólica del acero	Resistencia a tracción (MPa)	Límite elástico aparente mínimo (MPa) para los espesores (e) en mm		Alargamiento mínimo en la rotura (%)	
		e ≤ 16	e > 16	Longitudinal	Transversal
L235	360 a 500	235	225	25	23
L275	430 a 570	275	265	21	19
L355	500 a 650	355	345	21	19

Tabla 18. Composición química de la colada del acero (UNE-EN 10025-2)

Designación simbólica del acero	Estado de desoxidación (1)	C % máx.	Mn % máx.	Si % máx.	P % máx. (3)	S % máx. (3)	N % máx.	Cu % máx.
S235JR	FN	0,17	1,40	-	0,035	0,035	0,012	0,55
S235J0	FN	0,17	1,40	-	0,030	0,030	0,012	0,55
S235J2	FF	0,17	1,40	-	0,025	0,025	-	0,55
S275JR	FN	0,21	1,50	-	0,035	0,035	0,012	0,55
S275J0	FN	0,18	1,50	-	0,030	0,030	0,012	0,55
S275J2	FF	0,18	1,50	-	0,025	0,025	-	0,55
S355JR	FN	0,24	1,60	0,55	0,035	0,035	0,012	0,55
S355J0	FN	0,20 (2)	1,60	0,55	0,030	0,030	0,012	0,55
S355J2	FF	0,20 (2)	1,60	0,55	0,025	0,025	-	0,55
S355K2	FF	0,20 (2)	1,60	0,55	0,025	0,025	-	0,55

(1): FN = acero efervescente no permitido; FF = acero totalmente calmado.

(2): Para espesor nominal ≤ 16 mm en grados suministrados para conformado con rodillos en frío: C = 0,22% máx.

(3): Para productos largos el contenido en P y S puede ser un 0,005% superior.

Tabla 19. Características mecánicas a temperatura ambiente del acero (UNE-EN 10025-2)

Designación simbólica del acero	Límite elástico mínimo (1) (MPa)		Resistencia a tracción (1) (MPa)	Alargamiento mínimo (1) (%)
	Espesor nominal (mm)		Espesor nominal (mm)	Espesor nominal (mm)
	$e \leq 16$	$16 < e \leq 40$	$3 \leq e \leq 100$	$3 \leq e \leq 40$
S235JR	235	225	360 a 510	26
S235J0	235	225	360 a 510	
S235J2	235	225	360 a 510	24
S275JR	275	265	410 a 560	23
S275J0	275	265	410 a 560	
S275J2	275	265	410 a 560	21
S355JR	355	345	470 a 630	22
S355J0	355	345	470 a 630	
S355J2	355	345	470 a 630	
S355K2	355	345	470 a 630	20

(1): Para chapas, bandas y planos anchos con anchura ≥ 600 mm, los valores se aplican a la dirección transversal a la de laminación. Para los demás productos los valores se aplican a la dirección paralela a la de laminación.

Tabla 20. Composición química de la colada del acero (ISO 3183 y API 5L; Niveles de especificación de producto 1 y 2)

Nivel de especificación de producto 1 (PSL-1)							
Grado del acero	C % máx.	Mn % máx.	P % máx.	S % máx.	V % máx.	Nb % máx.	Ti % máx.
L245 ó B	0,26	1,20	0,030	0,030	(1), (2)	(1), (2)	(2)
L290 ó X42	0,26	1,30	0,030	0,030	(2)	(2)	(2)
L360 ó X52	0,26	1,40	0,030	0,030	(2)	(2)	(2)

(1): (Nb+V) $\leq 0,06\%$

(2): (Nb+V+Ti) $\leq 0,15\%$

Nivel de especificación de producto 2 (PSL-2)									
Grado del acero	C % máx.	Si % máx.	Mn % máx.	P % máx.	S % máx.	V % máx.	Nb % máx.	Ti % máx.	Otros % máx.
L245R ó BR	0,24	0,40	1,20	0,025	0,015	(1)	(1)	0,04	(3)
L245N ó BN	0,24	0,40	1,20	0,025	0,015	(1)	(1)	0,04	(3)
L245Q ó BQ	0,18	0,45	1,40	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	(3)
L245M ó BM	0,22	0,45	1,20	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	(3)
L290R ó X42R	0,24	0,40	1,20	0,025	0,015	0,06	0,05	0,04	(3)
L290N ó X42N	0,24	0,40	1,20	0,025	0,015	0,06	0,05	0,04	(3)
L290Q ó X42Q	0,18	0,45	1,40	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	(3)
L290M ó X42M	0,22	0,45	1,30	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	(3)
L360N ó X52N	0,24	0,45	1,40	0,025	0,015	0,10	0,05	0,04	(2), (3)
L360Q ó X52Q	0,18	0,45	1,50	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	(3)
L360M ó X52M	0,22	0,45	1,40	0,025	0,015	(2)	(2)	(2)	(3)

(1): (Nb+V) $\leq 0,06\%$

(2): (Nb+V+Ti) $\leq 0,15\%$

(3): Cu $\leq 0,50\%$, Ni $\leq 0,30\%$, Cr $\leq 0,30\%$ y Mo $\leq 0,15\%$

Tabla 21. Características mecánicas a temperatura ambiente del acero (ISO 3183 y API 5L; Niveles de especificación de producto 1 y 2)

Nivel de especificación de producto 1 (PSL-1)			
Grado del acero	Límite elástico (MPa)		Alargamiento en rotura (%)
	Resistencia a tracción (MPa)		
	mín.	mín.	mín.
L245 ó B	245	415	(1)
L290 ó X42	290	415	(1)
L360 ó X52	360	460	(1)

(1): Alargamiento en rotura (%) = $1940 \cdot A^{0.2} / U^{0.9}$

Donde:

A (mm²): Sección transversal de la probeta.

U (MPa): Resistencia a tracción mínima especificada.

Nivel de especificación de producto 2 (PSL-2)					
Grado del acero	Límite elástico (MPa)		Resistencia a tracción (MPa)		Alargamiento en rotura (%)
	mín.	máx.	mín.	máx.	
L245R ó BR L245N ó BN L245Q ó BQ L245M ó BM	245	450	415	760	(1)
L290R ó X42R L290N ó X42N L290Q ó X42Q L290M ó X42M	290	495	415	760	(1)
L360N ó X52N L360Q ó X52Q L360M ó X52M	360	530	460	760	(1)

(1): Alargamiento en rotura (%) = $1940 \cdot A^{0.2} / U^{0.9}$

Donde:

A (mm): Sección transversal de la probeta.

U (MPa): Resistencia a tracción mínima especificada.

II.2.4.5 Dimensiones

Las dimensiones normalizadas de los tubos de acero (diámetros y espesores) según la norma UNE-EN 10224, con las limitaciones indicadas en el epígrafe II.2.1 y las relativas al cálculo mecánico del apartado III.5.4, se recogen en la Tabla 22.

La relación espesor/diámetro superará en todo caso el valor del ocho por mil (8 ‰). Con este valor se garantiza un coeficiente de seguridad mínimo de 2 ante el pandeo o colapso al comprobarlo mediante la formulación de Levy para la sollicitación de vacío en el interior de la tubería (-0,1 MPa de presión relativa). Esta fórmula es válida para los tubos aéreos pero también se recomienda su cumplimiento en los tubos enterrados.

Tabla 22. Diámetros y espesores nominales de los tubos de acero (UNE-EN 10224)

DN	Espesor nominal, e (mm)											
	7,1	8,0	8,8	10,0	11,0	12,5	14,2	16,0	17,5	20,0	22,2	25,0
813												
864												
914												
1.016												
1.067												
1.118												
1.168												
1.219												
1.321												
1.422												
1.524												
1.626												
1.727												
1.829												
1.930												
2.032												
2.134												
2.235												
2.337												
2.438												
2.540												
2.642												
2.743												

* El diámetro nominal (DN) se refiere, aproximadamente, al diámetro exterior (OD).

Las longitudes de los tubos de acero no están normalizadas debiendo determinarse para cada proyecto concreto.

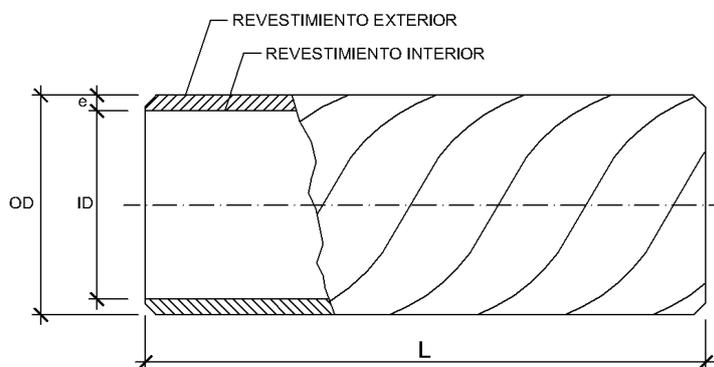


Figura 7. Dimensiones en los tubos de acero

II.2.4.6 Uniones

Los tubos de acero podrán estar provistos de los siguientes tipos de uniones, los cuales deberán cumplir lo especificado en la norma UNE-EN 10311.

- Uniones rígidas soldadas
 - A tope
 - Con embocadura (junta abocardada)
 - Con embocadura cilíndrica
 - Con embocadura esférica
- Uniones rígidas con bridas

En el apartado II.3 se definen y clasifican estas tipologías de uniones.

Habitualmente se emplearán uniones rígidas soldadas abocardadas. De manera excepcional, en instalaciones singulares y con diámetros pequeños, los tubos podrán unirse mediante bridas.

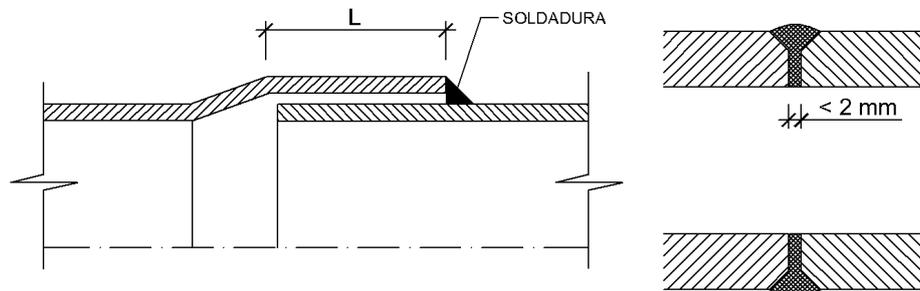


Figura 8. Detalle de unión abocardada (izquierda) o soldada a tope (derecha) en tubos de acero

II.2.4.7 Revestimientos y protección del tubo

Por su condición de metálicos los tubos de acero requieren protección frente a la corrosión, la cual se realizará mediante los dos sistemas siguientes:

- Protección mediante revestimientos.
- Protección catódica.

En todos los casos se estudiará la necesidad de protección catódica siendo obligatoria en el caso de tuberías enterradas (ver apartado III.6).

El interior de los tubos ha de estar revestido con una capa mínima de 400 micras de pintura epoxi que cumpla la normativa vigente sobre productos en contacto con agua para el consumo humano, con una preparación previa de la superficie a grado SA 2½ según la norma UNE-EN ISO 8501-1. También, previa autorización de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión, podrá estar revestido con una capa mínima de 500 micras de poliuretano.

El exterior de los tubos se protegerá con una capa mínima de 1.000 micras de poliuretano o de 3 mm de polietileno extruido en caliente, previa preparación de la superficie a grado SA 2½ según la norma UNE-EN ISO 8501-1.

Los valores citados son espesores mínimos. Para cada caso concreto, tanto los espesores como el resto de características de los revestimientos deberán cumplir lo especificado en las normas indicadas a continuación:

- Revestimiento interior:
 - Pintura epoxi: AWWA C210
 - Poliuretano: AWWA C222
- Revestimiento exterior:
 - Poliuretano: UNE-EN 10290 o AWWA C222
 - Polietileno extruido en caliente: DIN 30670 o ISO 21809-1, para revestimiento tricapa.

Las uniones y soldaduras realizadas en obra se deberán proteger con bandas (cintas) o manguitos termoretráctiles según las normas UNE-EN 12068, UNE-EN 10329 o DIN 30672.

El tipo de recubrimiento en obra (banda o manguito) se seleccionará en función de la clase de resistencia mecánica y de la temperatura de servicio de la conducción.

En cualquier caso, de forma previa a la instalación de la banda o del manguito deberá prepararse la superficie convenientemente.

Durante la instalación, el solape con el revestimiento aplicado en fábrica deberá ser de al menos 50 mm y el realizado entre bandas será el especificado por el fabricante.

En la unión se deberá conseguir un espesor aproximadamente igual al del recubrimiento exterior aplicado en fábrica al tubo de acero. Para ello, las bandas se enrollarán helicoidalmente y el manguito sobre sí mismo, requiriendo éste la aplicación de calor.

II.2.4.8 Marcado de los tubos

Cada tubo debe marcarse de manera legible mediante estarcido u otro procedimiento de marcado indeleble, con la siguiente información en la secuencia indicada:

- Nombre del fabricante o marca de identificación.
- Referencia a la norma EN 10224, en su caso.
- Designación simbólica del acero.
- En caso de inspección técnica:
 - Marca del inspector, cuando se requiera una inspección específica.
 - Número de identificación (por ejemplo, número de pedido o de artículo), que permita la correlación del producto o unidad de suministro con los documentos relacionados.
- La letra W para indicar que el tubo ha sido fabricado mediante soldadura.
- Diámetro nominal, DN.
- Espesor nominal, e.
- Identificación del certificado de producto emitido por tercera parte, si procede.

El marcado sobre el tubo no debe comenzar a más de 300 mm de uno de los extremos.

II.2.5 Tubos de polietileno (PE)

II.2.5.1 Consideraciones generales

Los tubos de PE objeto del presente apartado deberán cumplir, en general, con lo especificado para los mismos en las normas UNE-EN 12201-1 y UNE-EN 12201-2. Su uso se limitará al indicado en el epígrafe II.2.1.

Únicamente se podrán emplear con presiones nominales (PN) de 1,6 MPa, y siempre previa autorización de Canal de Isabel II Gestión.

II.2.5.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones del apartado I.5, en los tubos de PE serán de aplicación las siguientes:

- Diámetro nominal, DN

En los tubos de PE la designación genérica DN se refiere al diámetro exterior (OD).

- Espesor nominal, e_n

Designación numérica del espesor de pared de un componente, que es un número convenientemente redondeado, aproximadamente igual a la dimensión de fabricación en mm.

El valor del espesor nominal es igual al del espesor mínimo en cualquier punto del tubo.

- Relación de dimensiones normalizada, SDR

Relación entre el diámetro nominal (DN) y el espesor nominal (e_n) del tubo.

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

- Serie, S

Relación entre el radio medio teórico (r_m) y el espesor nominal (e_n) del tubo.

$$S = \frac{r_m}{e_n} \quad r_m = \frac{DN - e_n}{2}$$

SDR y S, se relacionan según la expresión siguiente:

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

- Presión nominal, PN

Valor que coincide con la presión de funcionamiento admisible (PFA) en utilización continuada durante 50 años (largo plazo) a la temperatura de servicio de 20 °C. Para otras temperaturas del agua la PN deberá corregirse por un factor de corrección, F_c (ver epígrafe II.2.5.4).

- Límite inferior de confianza de la resistencia hidrostática prevista, σ_{LPL}

Cantidad, expresada en MPa, que representa el límite inferior de confianza al 97,5% de la resistencia hidrostática prevista a una temperatura θ en un tiempo t .

- Resistencia Mínima Requerida, MRS

Valor de σ_{LPL} a 20 °C y 50 años redondeado al valor inferior más próximo de la serie R20 de los números de Renard.

La serie R20 se recoge en la Tabla 23.

Tabla 23. Resistencia mínima requerida. Valores de aplicación de las Series de los números de Renard

Serie R20 de los números de Renard
1 - 1,12 - 1,25 - 1,4 - 1,6 - 1,8 - 2 - 2,24 - 2,5 - 2,8 - 3,15 - 3,55 - 4 - 4,5 - 5 - 5,60 - 6,3 - 7,1 - 8 - 9 - 10 - 11,2 - 12 - 14 - 16 - 18 - 20 - 22,4 - 25 - 28 - 32 - 35,5 - 40 - 45 - 50 - 56 - 63 - 71 - 80 - 90 - 100

- Esfuerzo de diseño, σ_s

Esfuerzo admisible para una aplicación determinada a 20 °C. Se determina dividiendo la Resistencia Mínima Requerida (MRS) por el coeficiente de seguridad (C).

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

- Coeficiente de seguridad, C

Coeficiente global con un valor mayor o igual a la unidad y que considera tanto las condiciones de servicio, como las propiedades de los componentes de un sistema de canalización distintas de las que están representadas por el límite inferior de confianza.

Se denomina también "coeficiente de diseño" y 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

Los parámetros anteriores se relacionan mediante las siguientes expresiones:

$$PN = \frac{20 \cdot MRS}{C \cdot (SDR - 1)} = \frac{10 \cdot \sigma_s}{S} \approx \frac{2 \cdot e_n \cdot \sigma_s}{DN}$$

II.2.5.3 Clasificación

Los tubos de PE se clasificarán por su diámetro nominal (DN), por su presión nominal (PN) y por la Resistencia Mínima Requerida (MRS) del material.

Alternativamente a la presión nominal (PN), pueden emplearse como parámetros de clasificación la relación de dimensiones normalizada (SDR) o la serie (S), ya que están relacionados (ver apartado II.2.5.2).

Se podrán emplear los siguientes diámetros normalizados para los tubos de PE:

90, 110, 125, 140, 160, 180 y 200

Únicamente se podrán emplear los tubos de PE de presión nominal 1,6 MPa (PN 16) y MRS 10,0 N/mm² (PE 100) y, por lo tanto, SDR = 11,0 y S = 5,0.

II.2.5.4 Características técnicas

El valor de σ_{LPL} a 20 °C y 50 años de los tubos de PE 100 estará comprendido entre 10,00 y 11,19 N/mm².

El coeficiente de seguridad C adoptado será de 1,25, propuesto en la norma UNE-EN 12201 por defecto (ver apartado II.2.5.2).

La tensión de diseño (σ_s) tendrá un valor de 8,0 N/mm².

Para una temperatura de 20 °C, el valor de la PFA de los tubos será 1,6 N/mm². Para otras temperaturas, la PFA se obtendrá multiplicando el valor de PN (1,6 N/mm²) por el factor de corrección F_c (PFA = PN · F_c) indicado en la Figura 9.

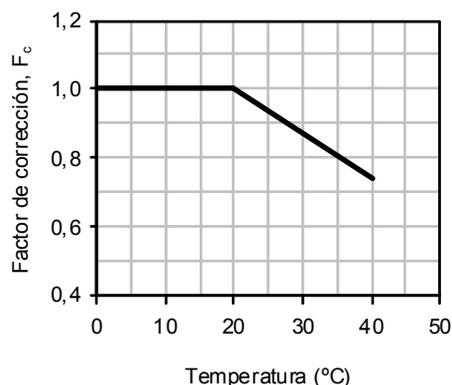


Figura 9. Factor de corrección Fc para T > 20 °C (UNE-EN 12201)

El valor de la PMA, en caso de no ser especificado por el fabricante, se tomará, del lado de la seguridad, igual a la PFA para cada temperatura.

El módulo de elasticidad del material a corto plazo, E_0 , será, como mínimo, de 1.000 N/mm² y a largo plazo, E_{50} , de 160 N/mm². La resistencia mínima a flexotracción a corto o a largo plazo será, respectivamente, 30 ó 14,4 N/mm².

II.2.5.5 Dimensiones

Las dimensiones normalizadas de los tubos de PE para su instalación en las redes encomendadas a Canal de Isabel II Gestión serán las que se indican en la Tabla 24.

Tabla 24. Dimensiones de los tubos de PE para conducción de agua (UNE-EN 12201-2)

DN	Espesor mínimo (mm)	Espesor máximo (mm)
90	8,2	9,2
110	10,0	11,1
125	11,4	12,7
140	12,7	14,1
160	14,6	16,2
180	16,4	18,2
200	18,2	20,2

* El diámetro nominal (DN) se refiere, aproximadamente, al diámetro exterior (OD).

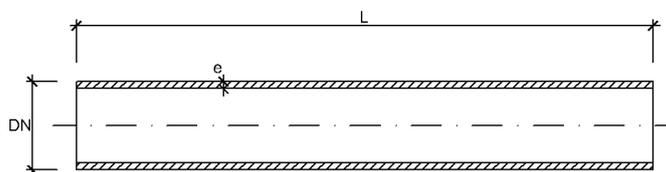


Figura 10. Dimensiones de los tubos de PE

No está normalizada la longitud nominal de los tubos suministrados en barras rectas, debiendo acordarse en cada caso con los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.

En el caso de tubos que se suministren enrollados, el diámetro interior de la bobina no debe ser inferior a 18·DN.

II.2.5.6 Uniones

Los sistemas de unión de los tubos de PE podrán ser de alguno de los que se indican a continuación (uniones rígidas):

- Uniones por fusión:
 - Unión por electrofusión (por embocadura o por solape)
 - Unión por fusión a tope
 - Unión mediante fusión por solape
- Uniones mecánicas
 - Unión mediante accesorios de compresión
 - Unión mediante bridas

En el apartado II.3 se definen y clasifican estas tipologías de uniones.

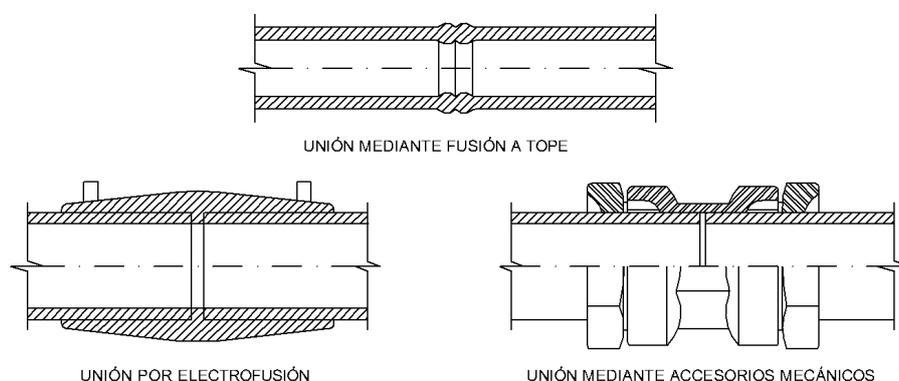


Figura 11. Sistemas de unión en los tubos de PE

Se recomienda que las uniones entre tubos de polietileno se realicen mediante electrofusión. La unión mediante accesorios mecánicos se podrá emplear en reparaciones de tuberías y la unión mediante bridas sólo se utilizará con piezas especiales y elementos de maniobra y control. La soldada térmicamente a tope sólo será aplicable a tubos de DN 200 y bajo la autorización expresa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.

II.2.5.7 Marcado de los tubos

El marcado mínimo requerido debe ser conforme con lo indicado a continuación, con una frecuencia de marcado no inferior a una vez por metro.

- Referencia a la norma EN 12201.
- Nombre o marca del fabricante.
- Dimensiones (DN x e, siendo e el espesor nominal).
- Serie SDR.
- Uso previsto
- Material y designación (PE 100).
- Clasificación de presión, en bar (PN 16).
- Información del fabricante sobre la trazabilidad (periodo y, en su caso, lugar de producción)
- Identificación del certificado de producto emitido por tercera parte, si procede.

II.2.6 Tubos de policloruro de vinilo orientado molecularmente (PVC-O)

II.2.6.1 Consideraciones generales

Los tubos de PVC-O deberán cumplir, en general, con lo especificado para los mismos en la norma UNE-ISO 16422. Su uso se limitará al indicado en el apartado II.2.1.

Únicamente se podrán emplear con presiones nominales (PN) de 1,6 MPa, y siempre previa autorización de Canal de Isabel II Gestión.

II.2.6.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones del epígrafe I.5, en los tubos de PVC-O serán de aplicación las específicas para los tubos de PE incluidas en el epígrafe II.2.5.2. (DN, SDR, serie S, σ_{LPL} , MRS, C y σ_s) excepto la presión nominal que se define para los tubos de PVC-O como:

- Presión nominal, PN

Valor que coincide con la presión de funcionamiento admisible (PFA) en utilización continuada durante 50 años (largo plazo) a la temperatura de servicio de 25 °C. Para otras temperaturas del agua la PN deberá corregirse por un factor de corrección, F_c (ver apartado II.2.6.4).

II.2.6.3 Clasificación

Los tubos de PVC-O se clasificarán por su diámetro nominal (DN), por su presión nominal (PN) y por la Resistencia Mínima Requerida (MRS) del material.

Se podrán emplear los siguientes diámetros normalizados para los tubos de PVC-O:

90*, 110, 125*, 140, 160, 180*, 200, 225*, 250, 280, 315, 355* y 400

* Fabricación poco frecuente

Únicamente se podrán emplear los tubos de PVC-O de presión nominal 1,6 MPa (PN 16) y MRS 50,0 N/mm² (PVC-O 500) y, por lo tanto, SDR=45,8 y S=22,4.

II.2.6.4 Características técnicas

El coeficiente de seguridad C adoptado será de 1,4, admitido por la norma UNE-ISO 16422 (ver apartado II.2.5.2).

La tensión de diseño ($\sigma_s = MRS/C$) tendrá un valor de 35,71 N/mm².

Para una temperatura de 25 °C, el valor de la PFA de los tubos será 1,6 N/mm². Para otras temperaturas, la PFA se obtendrá multiplicando el valor de PN (1,6 N/mm²) por el factor de corrección F_c ($PFA = PN \cdot F_c$) indicado en la Figura 9.

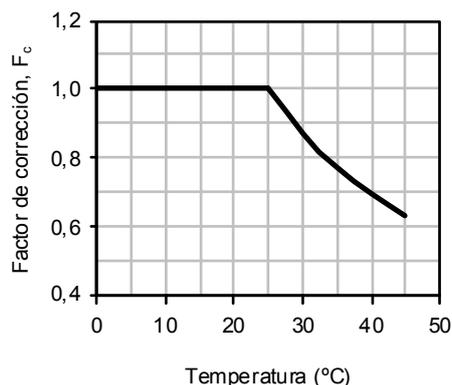


Figura 12. Factor de corrección F_c para $T > 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (UNE-ISO 16422)

El valor de la PMA, en caso de no ser especificado por el fabricante, se tomará, del lado de la seguridad, igual a la PFA para cada temperatura.

En cuanto a las características mecánicas de los tubos, la resistencia al impacto (VGI) será inferior al 10% y la rigidez teórica mínima $5,2\text{ N/mm}^2$.

Entre las características físicas, la temperatura de reblandecimiento Vicat no debe ser inferior a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Si se requiere que el tubo sea opaco para su uso en instalaciones no enterradas, la pared del tubo no debe transmitir más del 0,2% de la luz visible.

II.2.6.5 Dimensiones

Las dimensiones normalizadas de los tubos de PVC-O se indican en la Tabla 25.

Tabla 25. Dimensiones de los tubos de PVC-O (UNE-ISO 16422)

DN	Espesor nominal (mm)
90	2,0
110	2,4
125	2,8
140	3,1
160	3,5
180	4,0
200	4,4
225	5,0
250	5,5
280	6,2
315	6,9
355	7,8
400	8,8

* El diámetro nominal (DN) se refiere, aproximadamente, al diámetro exterior (OD).

La longitud normalizada será de 6 metros sin tener en cuenta la copa del tubo.

II.2.6.6 Uniones

El sistema de unión de los tubos de PVC-O será mediante juntas flexibles de enchufe y extremo liso con anillo elastomérico (también denominadas de “enchufe y campana”) similar a la mostrada en la Figura 13.

Las juntas tóricas elastoméricas utilizadas para la unión de componentes deberán cumplir con lo especificado en la UNE-ISO 16422.

En el apartado II.3 se definen y clasifican las tipologías de uniones.

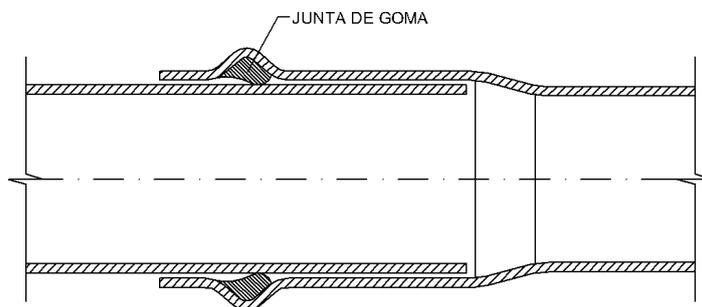


Figura 13. Detalle de unión elástica con anillo elastomérico en tubos de PVC-O

No se admitirán uniones simplemente encoladas en este tipo de tubos.

II.2.6.7 Marcado de los tubos

Los tubos deben marcarse permanentemente a intervalos no superiores a un metro. Este marcado sobre los tubos debe incluir, como mínimo, la siguiente información:

- Nombre del fabricante o marca comercial.
- Material del tubo y su clasificación (PVC-O 500).
- Diámetro exterior nominal, DN, y espesor nominal de pared, e.
- Referencia a la norma ISO 16422.
- Presión nominal, PN (PN 16).
- Coeficiente C ($C = 1,4$).
- Centro de producción.
- Fecha de producción o código.
- Identificación del certificado de producto emitido por tercera parte, si procede.

II.2.7 Tubos de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)

II.2.7.1 Consideraciones generales

Los tubos de PRFV deberán cumplir, en general, con lo especificado en la norma UNE-EN 1796. Su uso se limitará al indicado en el epígrafe II.2.1.

Su utilización se limitará a presiones nominales (PN) máximas de 2,5 MPa, previa autorización de Canal de Isabel II Gestión.

Debido a las características de los tubos de PRFV se extremarán en todo momento las medidas de precaución para evitar cualquier daño en los mismos.

II.2.7.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones de I.5, en estos tubos son de aplicación las siguientes:

- Diámetro nominal, DN

En los tubos de PRFV la designación genérica DN se refiere, aproximadamente, al diámetro interior (ID), si bien estos tubos presentan la singularidad de poder ser fabricados bajo dos series: la serie A y la B.

En la primera serie (la A) los aumentos de espesor se obtienen por variación del diámetro externo (OD) (el ID es fijo), mientras que en la segunda serie (la B) ocurre al contrario: el OD es fijo y varía el ID al aumentar o disminuir el espesor, pero en ambas la designación genérica DN se refiere al interior.

Para la serie B, además, existen cuatro subseries: B1, B2, B3 y B4. La primera es una serie genérica para tubos de PRFV, mientras que las series B2, B3 y B4 tienen unas dimensiones tales que los tubos fabricados bajo dichas series sean compatibles, respectivamente, con accesorios de fundición (según ISO 2531), de PVC (según ISO 161-1) o de acero (según ISO 4200).

- Presión nominal (PN)

Es el valor que coincide con la PFA en utilización continuada durante 50 años (largo plazo) a la temperatura de servicio de 35 °C.

- Rigidez circunferencial específica (S_c)

Característica mecánica del tubo que representa su rigidez a flexión transversal por unidad de longitud del mismo a corto o a largo plazo. Se define mediante la expresión:

$$S_c = \frac{EI}{D_m^3}$$

Siendo:

S_c	rigidez circunferencial específica (N/mm ²).
E	módulo de elasticidad a flexión circunferencial (N/mm ²).
I	momento de inercia de la pared del tubo por unidad de longitud ($I = e^3/12$), (mm ³).
e	espesor nominal de la pared del tubo (mm).
EI	factor de rigidez transversal (N x mm).
D_m	diámetro medio teórico del tubo ($D_m = DN + e$ ó $OD - e$, según la Serie, A ó B), (mm).

- Rigidez nominal (SN).

Es el valor mínimo requerido de la rigidez circunferencial específica a corto plazo (S_0), (N/m²).

II.2.7.3 Clasificación

Los tubos de PRFV se clasifican por su diámetro nominal (DN), su presión nominal (PN) y su rigidez nominal (SN).

La serie de DN normalizados son los indicados en el apartado II.2.7.5.

Los valores normalizados para PN en la norma UNE-EN 1796 y su relación con la PFA son los que se indican en la Tabla 26. También se indican los valores de la PMA calculados según el manual AWWA M45.

Tabla 26. PFA y PMA en función de PN en los tubos de PRFV
(UNE-EN 1796 para la PFA y AWWA M45 para la PMA)

PN	PFA (N/mm ²)	PMA (N/mm ²)
16	1,60	2,24
20	2,00	2,80
25	2,50	3,50

Los valores normalizados de SN para tuberías a utilizar en redes encomendadas a Canal de Isabel II Gestión extraídos de la UNE-EN 1796 son los siguientes:

5.000 – 8.000 – 10.000

II.2.7.4 Características técnicas

La rigidez a corto plazo (S_0) deberá ser al menos el valor de la SN. La rigidez a los 50 años del tubo (S_{50}) será declarada por el fabricante. En cuanto a la resistencia a la tracción de la parte estructural del tubo, tanto a corto como a largo plazo ($\sigma_{r,0}$ y $\sigma_{r,50}$, respectivamente) también deberá ser declarado por el fabricante.

A título orientativo, la rigidez a largo plazo (50 años) suele ser del orden del 40% de la inicial y la resistencia a tracción de la parte estructural del tubo habitualmente oscila entre 50 y 150 N/mm².

II.2.7.5 Dimensiones

En la Tabla 27 se representan las dimensiones normalizadas de los tubos de PRFV que se podrán utilizar en las redes encomendadas a Canal de Isabel II Gestión (UNE-EN 1796).

Los espesores de los tubos de PRFV no están normalizados debiendo ser el fabricante quien los declare en cada caso particular.

En los tubos de las series A y B1 los diámetros deben estar comprendidos entre los valores indicados en la Tabla 27 cumpliendo las tolerancias correspondientes.

Tabla 27. Dimensiones (en mm) de los tubos de PRFV (UNE-EN 1796)

DN	Serie A			Serie B1	
	ID _{min}	ID _{max}	Toler.	OD	Toler.
800	795	816	±4,2	820	+1,0/-2,4
900	895	918	±4,2	924	+1,0/-2,6
1.000	995	1.020	±5,0	1026	+1,0/-2,6
1.200	1.195	1.220	±5,0	1229	+1,0/-2,6
1.400	1.395	1.420	±5,0	1434	+1,0/-2,8
1.600	1.595	1.620	±5,0	1638	+1,0/-2,8
1.800	1.795	1.820	±5,0	1842	+1,0/-3,0
2.000	1.995	2.020	±5,0	2046	+1,0/-3,0

* El diámetro nominal (DN) se refiere, aproximadamente, al diámetro interior (ID).

Las longitudes normalizadas en la norma UNE-EN 1796 son de 3, 5, 6, 10, 12 y 18 metros, siendo las más habituales las de 6 y 12 metros.



Figura 14. Dimensiones en los tubos de PRFV (tubos con embocadura o lisos)

II.2.7.6 Uniones

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

- Uniones rígidas.
 - Con bridas (fijas o móviles).
 - Encoladas (o pegadas).
 - Vendadas a tope (o laminadas).
- Uniones flexibles.
 - De enchufe y extremo liso con anillo elastomérico (con uno o dos anillos).
 - Con manguitos y elemento de estanquidad (con uno o dos anillos).
 - Autotrabada, cuando se prevean esfuerzos de tracción.

En el apartado II.3 se definen y clasifican las tipologías de uniones.

Cuando las uniones sean flexibles la desviación angular admisible no debe ser inferior a los valores indicados en la Tabla 28. El movimiento axial no debe superar nunca el 0,3% de la longitud de los tubos a unir.

Tabla 28. Valores mínimos de la desviación angular admisible de las uniones flexibles (UNE-EN 1796)

DN	Desviación angular mínima
$800 < DN \leq 900$	2°
$900 < DN \leq 1.800$	1°
$DN > 1.800$	0,5°

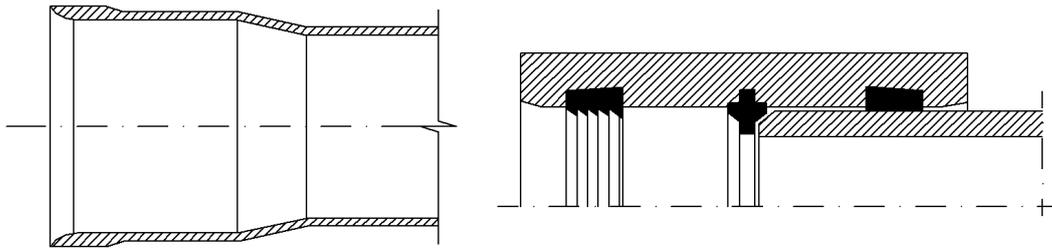


Figura 15. Unión mediante enchufe y extremo liso (izquierda) o manguito (derecha) en tubos de PRFV

II.2.7.7 Marcado de los tubos

Los detalles del marcado deben imprimirse o realizarse directamente sobre el tubo de tal forma que el marcado no inicie fisuras u otro tipo de fallo.

Si el marcado se imprime, el color de la información impresa debe diferir del color básico del producto, de tal forma que el marcado debe ser legible a simple vista.

El marcado siguiente debe figurar en el interior o el exterior de cada tubo:

- Referencia a la norma EN 1796.
- Tamaño nominal, DN, y la serie de diámetro (A o B1).
- Valor de la rigidez nominal, SN.
- Valor de la presión nominal, PN.
- Letra "P" para indicar que el tubo se puede utilizar en la canalización de agua para consumo humano.
- Nombre o marca del fabricante.
- Fecha y código de fabricación.
- Si procede:
 - Una marca "R" para indicar si el tubo es adecuado para utilizarse con cargas axiales, o
 - Una marca "RA" para indicar si el tubo es adecuado para utilizarse con cargas axiales y se ha sometido a ensayo conforme al anexo A de la norma UNE-EN 1796.
- Letra "H" para indicar la aptitud para el uso aéreo, si procede.
- Marca de calidad normalizada, si procede.

II.3 Uniones

Las uniones entre los distintos componentes que integran las conducciones de una red de abastecimiento admiten ser clasificadas de la siguiente manera:

- Uniones flexibles (UNE-EN 805)

Si permiten una desviación angular significativa, tanto durante como después de la instalación, y un ligero desplazamiento diferencial entre ejes.

Éstas juntas pueden clasificarse a su vez en:

- Automática (UNE-EN 545)

También denominada de enchufe y extremo liso. Se monta empujando la caña de un componente a través de la junta de estanquidad situada en el enchufe del componente contiguo.

- Mecánica (UNE-EN 545)

Se obtiene la estanquidad mediante la aplicación de una presión sobre la junta por medios mecánicos, por ejemplo, mediante un prensaestopa.

- Uniones rígidas (UNE-EN 805)

Si no permiten desviación angular significativa ni durante, ni después de la puesta en obra.

- Uniones ajustables (UNE-EN 805)

Si solamente permiten una desviación angular significativa en el momento de la instalación, pero no posteriormente.

Alternativamente a la anterior, otra clasificación habitual de los sistemas de unión es la siguiente:

- Uniones autotrabadas, acerrojada o resistentes a la tracción

Son capaces de resistir el empuje longitudinal producido por la presión interna, las fluctuaciones de temperatura y la contracción de Poisson.

- Uniones no autotrabadas, no acerrojadas 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 conducción bajo presión interna, además de la desviación angular especificada.

En los diferentes apartados del anterior epígrafe II.2 se han especificado, para cada tipología de conducción en particular, los posibles sistemas de unión normalizados.

En cualquier caso, las uniones deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Resistir, permanentemente y sin fugas, la MDP del tramo de tubería correspondiente a la unión.
- Ser estancas a una presión hidráulica interior de $0,08 \text{ N/mm}^2$ por debajo de la atmosférica.
- Resistir, sin entrada de agua, una presión hidrostática exterior de $0,2 \text{ N/mm}^2$, cuando esté previsto su uso a profundidades mayores de 5 metros bajo el agua.

En el caso particular de que se empleen uniones con anillo elastomérico o uniones con bridas, deberán ser conformes con lo especificado por las normas UNE-EN 681, para el primer caso (juntas elastoméricas), y UNE-EN 1092, UNE-EN 1514, UNE-EN 1515, UNE-EN 1591 y UNE-EN 12560, para el segundo (uniones con bridas), independientemente de los componentes a unir. Los anillos elastoméricos pueden ser de distintos tipos de caucho conforme a lo especificado en la norma ISO 1629.

II.4 Piezas especiales

II.4.1 Consideraciones generales

Las piezas especiales normalizadas podrán ser de alguno de los siguientes materiales, debiendo cumplir cada tipología con lo especificado para las mismas en los apartados II.4.3.1, II.4.3.2 y II.4.3.3, respectivamente:

- Fundición dúctil
- Polietileno
- Poliéster reforzado con fibra de vidrio

Siempre que sea posible, las piezas especiales serán del mismo material que el de los propios tubos.

Las piezas especiales para tuberías de hormigón y/o acero serán, habitualmente, de acero. En general, sus dimensiones no están normalizadas debiéndose determinar para cada aplicación en particular. Para su diseño puede seguirse lo especificado en la norma AWWA C208.

Las piezas especiales a intercalar entre los tubos de PVC-O, al no existir en dicho material, serán de fundición dúctil conformes a la norma UNE-EN 12842.

En ningún caso se instalarán piezas especiales con presiones nominales (PN), o en su defecto presiones de funcionamiento admisibles (PFA), inferiores a 1,6 MPa.

Atendiendo a su tipología, las piezas especiales podrán clasificarse de la siguiente manera (ver Figura 16 y las definiciones de las mismas en el epígrafe II.4.2):

- Codos
- Entronques, derivaciones, tes o tubos con acometida
- Conos o reductores
- Empalmes, adaptadores, conectores o tubos cortos o de conexión
- Bridas ciegas o tapones
- Bridas reductoras

En la Figura 16 se representan las posibles combinaciones de tipologías de piezas especiales normalizadas según materiales.

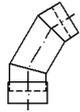
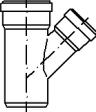
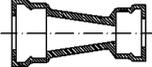
Piezas especiales		Materiales		
		Fundición	PE	PRFV
CODO	MOLDEADO 			
	SEGMENTADO 			
	DERIVACIÓN 			
	CONO 			
	TUBO CORTO o CONECTOR 			
	TAPÓN 			
	BRIDA REDUCTORA 			

Figura 16. Tipología de las piezas especiales según materiales

II.4.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones del apartado I.5, en las piezas especiales serán de aplicación las siguientes de manera específica:

- Codo
Componente que permite un cambio de dirección en el trazado del tubo. Podrán ser moldeados a partir de una sola pieza o estar constituidos por trozos de tubos cortados a inglete unidos entre sí formando curvas poligonales.
- Entronque, derivación, te o tubo con acometida
Componente que permite bien la conexión de dos tubos incidentes en uno único o bien el reparto del caudal circulante por un tubo en varios de sección más reducida.
- Cono o reductor
Componente que permite variar la sección del tubo a lo largo de una cierta longitud.
- Empalme, adaptador, conector, tubo corto o tubo de conexión
Componente que consiste en un tubo de pequeña longitud con sus extremos terminados bien en enchufe, en campana, en brida o directamente lisos.
- Brida ciega o tapón
Componente que, habitualmente colocado en los extremos de las conducciones o en sus derivaciones, impide que circule el agua por el tubo, a la vez que evita posibles intrusiones.
- Brida reductora
Tapón al que se le ha practicado un orificio en su zona central.

II.4.3 Tipología

II.4.3.1 Piezas especiales de fundición dúctil (FD)

Las piezas especiales de fundición dúctil deberán cumplir con lo especificado para las mismas en las norma UNE-EN 545, salvo que se trate de piezas específicas de este material para tubos plásticos, en cuyo caso deberán cumplir lo especificado en la UNE-EN 12842, pudiendo ser de la siguiente tipología:

- Codos
- Tes
- Conos
- Conectores (brida-enchufe, brida-liso o manguito)
- Bridas ciegas
- Bridas reductoras

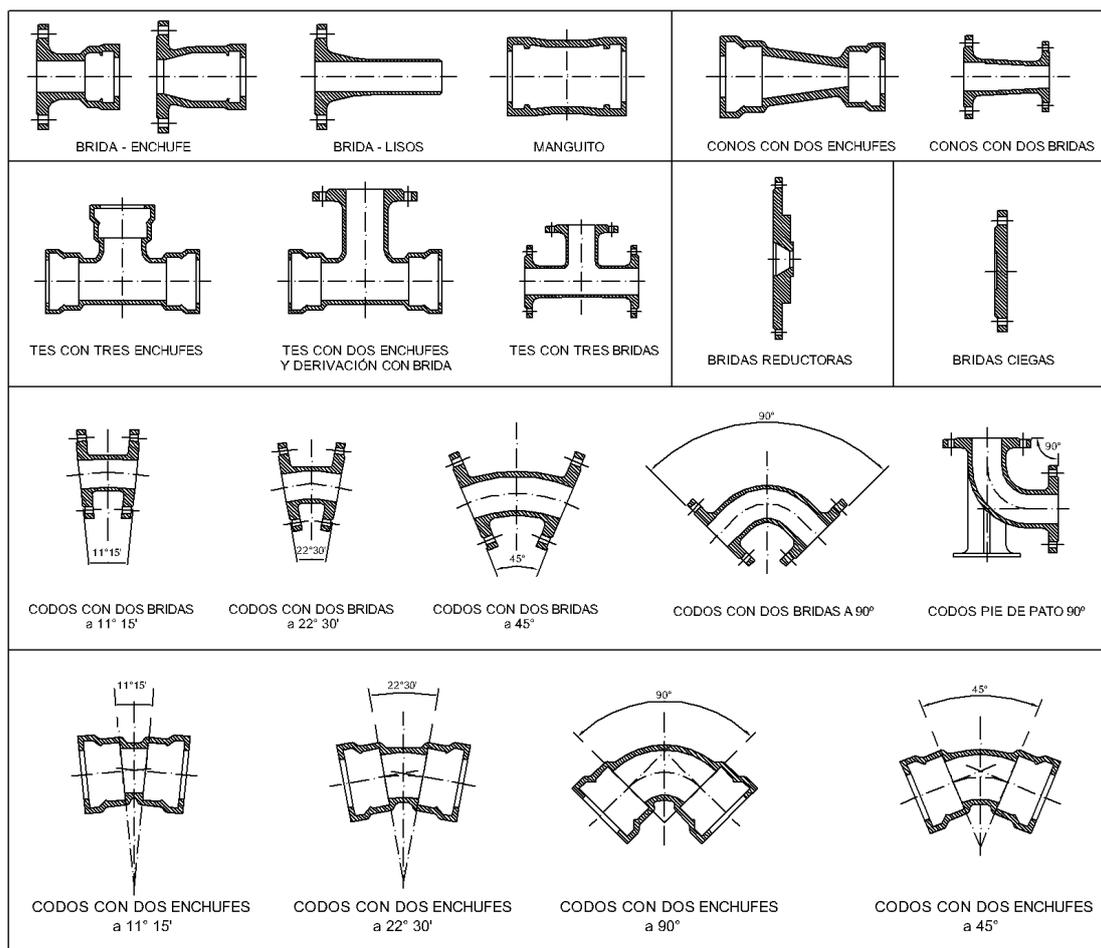


Figura 17. Ejemplos de piezas especiales de fundición dúctil

Los fabricantes o suministradores de tubos de PVC-O deberán asegurar que las piezas especiales de fundición dúctil que utilicen sean adecuadas para este tipo de tubos.

En general, las piezas especiales de fundición dúctil irán provistas con un recubrimiento exterior e interior a base de resinas epoxi, si bien, excepcionalmente, y si así lo aceptan los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión, podrá disponerse algún otro recubrimiento de los especificados en la norma UNE-EN 545.

Las dimensiones de las piezas especiales de fundición dúctil están normalizadas en las normas UNE-EN 545 y UNE-EN 12842, en función del tipo de tubos de que se trate (ver Figura 17).

- Codos

Los codos de fundición dúctil se fabricarán por moldeo en una sola pieza. Los ángulos nominales de los mismos serán, en general, los siguientes: 90° (1/4), 45° (1/8), 22° 30' (1/16) ó 11° 15' (1/32).

Otra tipología de codos en fundición son los conocidos como *codos de pie de pato*, los cuales están normalizados para ángulos de 90° (1/4).

Los sistemas de unión habituales de los codos serán enchufe-enchufe o brida-brida, si bien, podrán admitirse también codos enchufe-brida.

- Tes
Están normalizadas las siguientes tipología de tes a 90° (ver Figura 17): con tres enchufes, con tres bridas, con dos enchufes y derivación con brida.
- Conos
Los sistemas de unión normalizados de estos elementos serán enchufe-enchufe o brida-brida (ver Figura 17).
- Conectores
Los sistemas de unión normalizados de estos elementos serán brida-enchufe, brida-lisos o manguito (ver Figura 17).

Con respecto a la presión, no se admitirán piezas especiales de fundición dúctil inferiores a PN 16.

Para el caso de piezas especiales normalizadas en la UNE-EN 545, los valores de PFA, PMA y PEA son los especificados en la Tabla 29 y en la Tabla 30. Cuando existan otras limitaciones debidas al tipo de unión o a cualquier diseño específico, como piezas especiales con unión flexible mecánica, éstas deberán ser según lo indicado en la documentación del fabricante.

Tabla 29. Clases de presión de piezas especiales de unión flexible (UNE-EN 545)

DN	Clase de presión C	PFA	PMA	PEA
80 ≤ DN ≤ 100	100	100	120	125
125 ≤ DN ≤ 200	64	64	77	82
250 ≤ DN ≤ 350	50	50	60	65
400 ≤ DN ≤ 600	40	40	48	53
700 ≤ DN ≤ 1000	30	30	36	41

Tabla 30. Clases de presión de piezas especiales embreadas (UNE-EN 545)

DN	PN 16			PN 25			PN 40		
	PFA	PMA	PEA	PFA	PMA	PEA	PFA	PMA	PEA
DN = 80	16	20	25	Ver PN 40			40	48	53
100 ≤ DN ≤ 150	16	20	25	25	30	35	40	48	53
200 ≤ DN ≤ 600	16	20	25	25	30	35	40	48	53
700 ≤ DN ≤ 1000	16	20	25	25	30	35			

II.4.3.2 Piezas especiales de polietileno (PE)

Las piezas especiales de PE podrán ser de la siguiente tipología:

- Codos
- Derivaciones
- Conos
- Tubo corto o conector
- Tapones

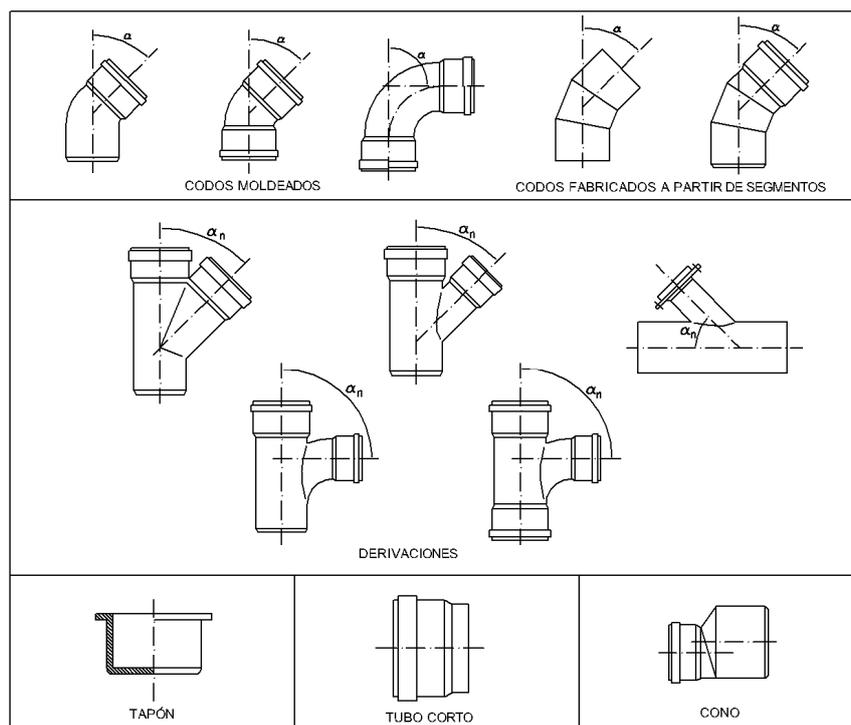


Figura 18. Ejemplos de piezas especiales de PE

En todo caso, deberán cumplir con lo especificado para las mismas en la norma UNE-EN 12201.

Las dimensiones de las piezas especiales deberán ser especificadas por el respectivo fabricante. El espesor mínimo será el del propio tubo, si bien, en el caso de los conos, el espesor podrá variar gradualmente de un extremo al otro.

Los codos podrán ser bien moldeados en una sola pieza o bien segmentados, contruidos a partir de trozos de tubos cortados al bias.

II.4.3.3 Piezas especiales de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)

Las piezas especiales de PRFV a emplear en las redes de abastecimiento deberán cumplir con lo especificado para las mismas en la norma UNE 1796 pudiendo ser de la siguiente tipología:

- Codos
- Derivaciones
- Conos (reductores)
- Tubos cortos (bridas)

Los codos de PRFV podrán ser moldeados (de una sola pieza) o mecanizados (fabricados a partir de la unión de trozos segmentados de tubos).

Los valores preferentes para los ángulos de los codos, α , son 11,25°; 15°; 22,5°; 30°; 45°; 60°; y 90°, si bien, previa aceptación de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión, podrán admitirse otros valores.

Los codos mecanizados a partir de un tubo recto no deben dar más de 30° de variación entre cada segmento del codo.

El radio de curvatura de los codos no debe ser inferior que el tamaño nominal (DN) del tubo al que se va a conectar el sistema de canalización.

El ángulo de la pieza especial, α , para las derivaciones de PRFV es el cambio angular de dirección del eje de la derivación. Para tubos de presión debe ser de 90° .

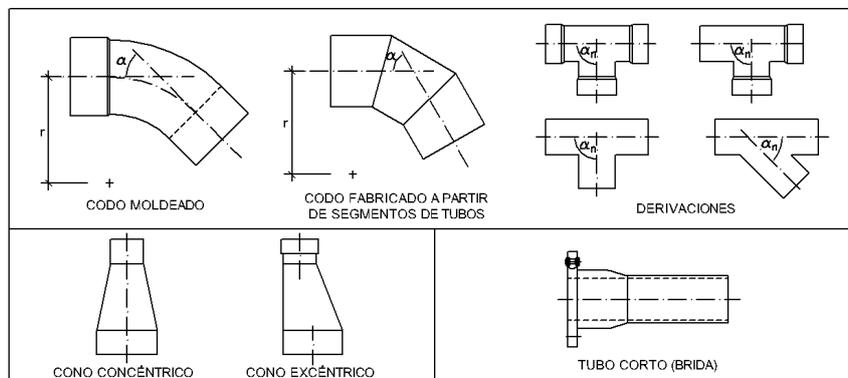


Figura 19. Ejemplos de piezas especiales de PRFV

II.5 Elementos de maniobra y control

II.5.1 Consideraciones generales

Los elementos de maniobra y control o válvulas, deberán cumplir con los requisitos de diseño y funcionamiento así como los métodos de evaluación de la conformidad, especificados para las mismas por las normas UNE-EN 736 y UNE-EN 1074.

Los elementos metálicos constitutivos de las válvulas, que así lo requieran, deberán contar con una protección anticorrosión interior y exterior a base una o varias capas de resina epoxi-poliamida.

La estanquidad entre los distintos elementos que componen las válvulas se llevará a cabo mediante la interposición de una o varias juntas elastoméricas.

II.5.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones del apartado I.5, en los elementos de maniobra y control son de aplicación las siguientes:

- Coeficiente de caudal (K_v)

Caudal de agua (en $m^3/hora$) a una temperatura entre 5 y $40^\circ C$ que pasa a través de la válvula con el obturador totalmente abierto creando una pérdida de carga de $0,1 N/mm^2$.

- Diámetro nominal (DN)

En las válvulas, el DN se refiere al diámetro interior de la sección de paso a la misma en la zona de su conexión con la conducción, independientemente de que, en su interior, pueda tener partes o conductos de un diámetro diferente.

- Presión nominal (PN)

En las válvulas, la PN será igual o superior a la DP de la conducción que pueda alcanzarse en el emplazamiento de la válvula. Las PN normalizadas y su relación con PFA, PMA y PEA son las indicadas en la Tabla 31 (UNE-EN 1074-1).

Tabla 31. Relación entre PFA, PMA y PEA con PN en las válvulas (UNE-EN 1074-1)

PN	PFA (N/mm ²) (1)	PMA (N/mm ²) (1)	PEA (N/mm ²) (2)
16	1,6	2,0	2,5
25	2,5	3,0	3,5

(1) PFA y PMA se aplican a válvulas en todas las posiciones, desde totalmente cerrada a totalmente abierta.

(2) PEA sólo se aplica a válvulas que no estén en posición cerrada.

- Válvula de seccionamiento

Dispositivo hidromecánico destinado a cerrar el paso del agua en una tubería por medio de un obturador. Su funcionamiento será de apertura o cierre total, correspondiendo las posiciones intermedias a situaciones provisionales.

- Válvula de compuerta

Elemento hidromecánico destinado a cerrar el paso del agua en una conducción mediante un obturador deslizante alojado dentro de un cuerpo o carcasa. Su funcionamiento será de apertura o cierre total, correspondiendo las posiciones intermedias a situaciones provisionales.

- Válvula de mariposa

Elemento hidromecánico destinado al seccionamiento de conducciones mediante un obturador en forma de disco o lenteja que gira diametralmente mediante un eje o muñones solidarios con el obturador.

Habitualmente, su funcionamiento será de apertura o cierre total, correspondiendo las funciones intermedias a situaciones provisionales o excepcionales.

Excepcionalmente, y en particular en operaciones de desagüe, podrían utilizarse para regulación. En esta función es necesario tener en cuenta las condiciones hidráulicas del fluido para evitar el fenómeno de cavitación que se produciría si la presión absoluta aguas abajo (de valor la presión aguas arriba menos las pérdidas de carga que se produzcan en el obturador) fuera inferior a la presión atmosférica.

- Válvula de aeración

Elemento hidromecánico que, conectado a la conducción en los puntos altos relativos de su trazado, realiza de forma automática alguna de las siguientes funciones:

- Evacuación del aire almacenado en la conducción durante el proceso de llenado o puesta en servicio.
- Expulsión continua del aire procedente de la desgasificación del agua (purgado).
- Admisión de aire, para evitar la depresión o vacío, en las operaciones de vaciado o rotura de la conducción.

En los casos en los que un mismo equipo cumpla varias de estas funciones, la válvula suele denominarse de doble o triple función.

- Válvula de control

Elemento hidromecánico cuyo fin es mantener la instalación en unas condiciones de presión, capacidad o caudal predeterminadas.

Se utilizan para controlar las variables anteriores de manera que el mecanismo de regulación ocupa posiciones intermedias entre totalmente abierta o totalmente cerrada, adaptándose a las circunstancias que en cada momento se originen en la red.

- Válvula de seguridad

Elemento hidromecánico capaz de evitar o reducir, con su cierre o apertura, las consecuencias que pueden ocasionarse debido a sobrevelocidades, inversiones de flujo, sobrepresiones o roturas.

Actúan ante una situación producida de forma brusca, funcionando en las posiciones de completamente abierta o completamente cerrada y pasando a la posición contraria cuando se requiere de su actuación.

II.5.3 Características técnicas y dimensiones

Los materiales a emplear en la fabricación de las válvulas, deberán figurar en el correspondiente proyecto o, en su defecto, habrán de ser aprobados expresamente por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.

En cualquier caso deberán ser nuevos y libres de defectos, adecuados para alcanzar las características exigidas, no recomendándose admitir la reparación de aquellos que resulten defectuosos, salvo expresa autorización de las normas de aplicación, que, con carácter general, para los distintos materiales, serán las siguientes:

- Acero: UNE-EN 1503-1, UNE-EN 1503-2, UNE-EN 10028-1 y UNE-EN 10028-2
- Acero inoxidable: UNE-EN 10088
- Fundición dúctil: UNE-EN 1563 y UNE-EN 1503-3
- Aleaciones de cobre: UNE-EN 1412, UNE-EN 1982, UNE-EN 12165, UNE-EN 1503-4
- Juntas elastoméricas: UNE EN 681-1

Para otros materiales el correspondiente proyecto deberá especificar la normativa de aplicación.

Se dispondrán macizos de anclaje de hormigón armado en aquellos componentes sometidos a empujes por efecto de la presión, asegurando la inmovilidad de los mismos. Deberán instalarse, en general, en cámaras o registros, los cuales deberán cumplir lo especificado para los mismos en el apartado II.8 Alojamiento y en los Planos incluidos en el Anexo 2 de estas Normas.

Las presiones normalizadas, PN, serán 16, 25 y excepcionalmente 40.

La serie de diámetros nominales normalizados, correspondientes al diámetro interior (DN/ID) para las válvulas será la siguiente:

80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000,
1100, 1200, 1250, 1300, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000

Por otra parte, las válvulas se dimensionarán de forma que en condiciones de régimen permanente las velocidades del flujo no sobrepasen los valores de la Tabla 32.

Tabla 32. Velocidad máxima del agua (UNE-EN 1074-1)

<i>PN</i>	<i>Velocidad del flujo (m/s)</i>
16	4,0
25	5,0

Los elementos de maniobra y control de una red de abastecimiento se pueden dividir, según su función, en los siguientes tipos:

- Válvulas de seccionamiento
- Válvulas de aeración
- Válvulas de control y seguridad

En los epígrafes siguientes se definen las características técnicas de estos tipos de válvulas así como su ámbito de aplicación y determinados criterios de colocación, que serán complementarios a los indicados a lo largo de estas Normas.

II.5.4 Válvulas de seccionamiento

Dentro de este grupo las más utilizadas son las válvulas de compuerta y las de mariposa.

En cualquier caso, el fabricante de la válvula deberá facilitar su curva característica, que deberá ser compatible con lo requerido en el proyecto para el estudio del golpe de ariete.

II.5.4.1 Válvulas de compuerta

Las válvulas de compuerta están constituidas básicamente por cuerpo, tapa, obturador, husillo o vástago y mecanismo de maniobra. Se instalarán en conducciones de diámetro nominal menor o igual a 300 mm.

El diseño de las válvulas de compuerta debe ser tal que se pueda desmontar y retirar el obturador sin necesidad de separar el cuerpo de la válvula de la conducción. La parte inferior del interior del cuerpo, en general, no debe tener acanaladuras, de forma que una vez abierta la válvula no haya obstáculo alguno en la sección de paso del agua, ni huecos donde puedan depositarse sólidos arrastrados por el agua.

La unión de las válvulas se realizará, habitualmente, mediante bridas o con unión mediante enlace de polietileno. En el caso de la unión con bridas, ésta se efectuará, por lo general, intercalando un carrete de anclaje por un lado y un carrete de desmontaje por el otro.

Para la utilización y montaje de estas válvulas será necesario que dispongan de la homologación del producto por parte de Canal de Isabel II Gestión, de acuerdo con la Norma o Especificación Técnica vigente para Válvulas de Compuerta.

II.5.4.2 Válvulas de mariposa

Las válvulas de mariposa están constituidas, básicamente, por cuerpo, obturador circular (lenteja o mariposa) que gira alrededor de un eje ortogonal a la dirección del fluido, y mecanismo de maniobra. Se emplean en conducciones de diámetro nominal igual o superior a 300 mm y en aquellos casos en los que el gálibo disponible no permita la instalación de una válvula de compuerta, así como en desagües de conducciones, by-pass e instalaciones especiales.

El obturador debe ser tal que las perturbaciones que produzca en el flujo del agua sean mínimas. Se recomienda que siempre dispongan de un indicador de posición del obturador que permita, en todo momento, conocer la situación del mismo.

El eje de giro puede ser único o constar de dos partes o semiejes y, además, puede ser excéntrico o estar situado en el plano de simetría del obturador. Las maniobras de apertura y cierre se llevarán a cabo por medio de un mecanismo de desmultiplicación.

La unión de las válvulas se realizará mediante bridas. Se efectuará por lo general intercalando un carrete de anclaje por un lado y un carrete de desmontaje por el otro.

Para la utilización y montaje de estas válvulas será necesario que dispongan de la homologación del producto por parte de Canal de Isabel II Gestión, de acuerdo con la Norma o Especificación Técnica vigente para Válvulas de Mariposa.

II.5.4.3 Criterios de colocación

En las redes de aducción y distribución se instalarán las válvulas de seccionamiento (compuerta y mariposa) necesarias, que permitan realizar la sectorización de las mismas.

Se deben instalar válvulas de seccionamiento delante de las ventosas, de los hidrantes, de las bocas de riego, de los caudalímetros, de las válvulas reductoras de presión, así como en las acometidas, en los ramales de derivación y en los desagües.

La longitud de los tramos de conducción a aislar mediante este tipo de válvulas será de unos 500 metros en zonas urbanas y 1.500 en zonas no urbanas y conducciones de aducción, disponiéndose de tal modo que, ante situaciones anómalas, como en caso de rotura o avería, puedan aislarse sectores de la red maniobrando el menor número de válvulas posible.

En conducciones de aducción de diámetro igual o superior a 600 mm, el dispositivo de seccionamiento deberá ser siempre una válvula de mariposa con un by-pass. El by-pass tendrá una válvula de mariposa más dos válvulas de guarda, una a cada lado de la primera. Estas válvulas de guarda serán válvulas de compuerta.

II.5.5 Válvulas de aeración

II.5.5.1 Clasificación y consideraciones generales

Las válvulas de aeración a instalar en las redes de abastecimiento podrán clasificarse según su función de la siguiente manera:

- Purgadores: Su función es la expulsión, con la conducción en funcionamiento normal, de pequeñas bolsas de aire que se acumulan en los puntos altos durante el proceso de explotación normal.
- Ventosas bifuncionales: Su función es la expulsión o admisión de grandes cantidades de aire durante el llenado o vaciado de la conducción, respectivamente. También deben estar preparadas para admitir el aire necesario ante eventuales roturas de la conducción o durante la explotación por los transitorios derivados de paradas de bombas, cierre de válvulas, etc.
- Ventosas trifuncionales o de doble efecto: Componentes que combinan la función de los purgadores y de las ventosas bifuncionales.

- Válvulas de aducción de aire: Su función es la admisión de aire cuando, por las características de la instalación, se requiera un volumen de aducción superior al que permite la ventosa.

Las válvulas de aeración están constituidas, básicamente, por un cuerpo y flotadores esféricos o cilíndricos que en su movimiento permiten la salida y entrada de aire, produciéndose el cierre contra la junta de estanquidad al finalizar el movimiento ascendente. Los flotadores, según su disposición en el cuerpo, pueden ser libres, guiados o articulados.

Las válvulas de aeración pueden tener diferentes diseños según las funciones encomendadas, pudiendo existir uno o varios compartimentos en el cuerpo, flotadores y superficies de aeración.

La selección de la válvula de aeración se realizará de forma que la capacidad de la misma responda a las necesidades de evacuación y admisión de aire en la conducción tal y como se indica en el apartado III.10.1.

La conexión de las válvulas de aeración a la conducción se realiza, en general, mediante bridas, si bien en los purgadores la unión puede ser roscada.

Las válvulas de aeración se instalarán en la generatriz superior de la tubería con una válvula de seccionamiento, que permita su reparación o sustitución.

Para la utilización y montaje de estas válvulas será necesario que dispongan de la homologación del producto por parte de Canal de Isabel II Gestión, de acuerdo con la Norma o Especificación Técnica vigente para Válvulas de Aeración.

II.5.5.2 Criterios de colocación

En general, se dispondrán válvulas de aeración en los siguientes puntos de la red:

- Puntos altos relativos de cada tramo de la conducción, para expulsar aire mientras la instalación se está llenando y durante el funcionamiento normal de la instalación, así como admitir aire durante el vaciado.
- Cambios marcados de pendiente aunque no correspondan a puntos altos relativos.
- Al principio y al final de tramos horizontales o con poca pendiente y en intervalos de 400 a 800 m.
- En tramos con pendiente continua prolongados en intervalos de 400 a 800 m.
- Aguas arriba de caudalímetros para evitar imprecisiones de medición causadas por aire atrapado.
- En la descarga de una bomba, para la admisión y expulsión de aire en la tubería de impulsión.
- Aguas arriba de una válvula de retención en instalaciones con bombas sumergidas, pozos profundos y bombas verticales.
- En el punto más elevado de un sifón para la expulsión de aire, aunque debe ir equipada con un dispositivo de comprobación de vacío que impida la admisión de aire en la tubería.
- Junto a las válvulas principales de la instalación para facilitar el vaciado de la tubería.
- A la salida de los depósitos por gravedad, después de la válvula de seccionamiento.
- Cerca de las bombas centrífugas se ubicarán, de manera general, purgadores ya que durante su funcionamiento pueden introducir pequeñas cantidades de aire.
- Como norma general, en los extremos finales de los ramales ubicados en viales en fondo de saco.

II.5.6 Válvulas de control y seguridad

II.5.6.1 Válvulas de control

El mecanismo de regulación de la válvula está constituido por un conjunto móvil que permite el desplazamiento del obturador hasta la posición deseada.

Las válvulas de control se pueden clasificar atendiendo a su funcionamiento ó a la función de regulación que desempeñen.

Según su funcionamiento, hay que distinguir dos tipos: de control autónomo y no autónomo.

a) Válvulas de control autónomo

Estas válvulas tienen la capacidad intrínseca de regular la función utilizando la energía del agua conducida, mediante el ajuste de la posición del obturador. Pueden ser:

- De acción directa

En este tipo de válvulas el mecanismo de regulación se encuentra en el interior de la propia válvula.

Las válvulas de acción directa se componen esencialmente de cuerpo, tapa, mecanismo de regulación y enlaces a la conducción. El mecanismo de regulación está constituido por un tornillo para el ajuste de su posición y un conjunto móvil que se desplaza oponiéndose a la dirección del flujo. El conjunto móvil está formado por un resorte, un pistón o diafragma, y un disco de cierre que en la posición de válvula cerrada se apoya sobre el asiento e impide el paso del agua. En función de este mecanismo se diferencian, válvulas de pistón o de diafragma.

- De acción pilotada

Las válvulas de acción pilotada están integradas por una válvula principal conectada a una válvula piloto que controla las funciones de regulación.

La válvula principal se compone esencialmente de cuerpo, enlaces a la conducción, tapa, mecanismo de regulación y cámara. El mecanismo de regulación está formado por un conjunto móvil para la apertura y cierre constituido generalmente por eje, resorte, pistón o membrana y disco de cierre, que actuará en su posición de cierre, sobre la superficie de asiento en el interior del cuerpo.

Externo a la válvula principal se encuentra el circuito piloto, formado por tubos de pequeño diámetro y por una válvula piloto (también llamada simplemente piloto). A través de los tubos se comunica la cámara, la válvula piloto y las dos partes (aguas arriba y aguas abajo) en que está separado el cuerpo de la válvula principal. El funcionamiento y tipo de la válvula piloto que se instale depende de la función encomendada a la válvula principal, pudiendo existir pilotos reductores de presión, sostenedores de presión, limitadores de caudal, etc.

b) Válvulas de control no autónomo

Éste tipo de válvulas requiere un sistema de control con una fuente de energía exterior para regular la función especificada. Se trata de válvulas de control de émbolo o paso anular. Está constituida por un cuerpo abombado en su sección central, en cuyo interior se desplaza, en el sentido del flujo, un pistón que puede contar en su extremo final con una corona de aletas o con un cilindro ranurado.

Según la función de regulación que realice la válvula, se clasificarán en válvulas de control de presión, de caudal y de nivel.

a) Válvulas de control de presión

Son aquellas válvulas que tienen por función principal reducir y mantener la presión aguas arriba o abajo de la misma en un valor establecido. Atendiendo a este criterio se pueden diferenciar:

- Válvulas reductoras de presión: Tienen como función reducir y mantener la presión en la red aguas abajo del punto de instalación de la válvula, en un valor absoluto preestablecido, constante e independiente de las variaciones de presión aguas arriba y del caudal solicitado.
- Válvulas mantenedoras o sostenedoras de presión: Mantienen la presión aguas arriba de la válvula por encima de un valor mínimo preestablecido e independientemente de la presión y el caudal aguas abajo. La válvula se cierra completamente cuando la presión aguas arriba cae por debajo del valor preestablecido, pudiendo modularse su funcionamiento en múltiples posiciones de apertura.

b) Válvulas de control de caudal

Se incluyen en este apartado las válvulas cuya función principal es limitar y estabilizar el caudal aguas abajo de la válvula, independientemente de las variaciones de la presión aguas arriba y aguas abajo, asegurando que el caudal circulante sea igual o inferior al ajustado. El funcionamiento se basa en la proporción directa que existe entre el flujo que pasa a través de un orificio y la pérdida de carga que se produce.

c) Válvulas de control de nivel

Las válvulas de control de nivel son aquellas que actúan cerrando o abriendo el paso del agua hacia los depósitos, para lo que previamente se han tenido que fijar los niveles de apertura y cierre.

La regulación puede realizarse en función de la altura de la lámina de agua en el depósito a controlar (mediante flotador) o en función de la presión del agua (válvulas de altitud pilotadas).

II.5.6.2 Válvulas de seguridad

La función esencial de la válvula de seguridad es la de garantizar con su cierre o apertura la detención del flujo del agua en un tramo de un sistema de abastecimiento, proteger otras instalaciones, evitar o reducir las consecuencias de una rotura de tubería, o impedir la inversión de la dirección del flujo del agua.

Se consideran los siguientes tipos de válvulas de seguridad:

- Válvulas de apertura-cierre automático
- Válvulas de retención
- Válvulas optimizadoras de bombeo

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.

II.5.6.2.1 Válvulas de apertura-cierre automático

Se incluyen en este apartado las válvulas cuya apertura o cierre total se produce de forma automática cuando se varían los valores consigna establecidos relativos a:

- Aumento de velocidad del agua: Válvulas de cierre automático por sobrevelocidad.

Las válvulas actúan mediante un cierre total cuando el agua alcanza una velocidad superior al valor consigna preestablecido, provocado por un fuerte aumento de caudal a consecuencia de una rotura en la tubería. Habitualmente corresponden a una válvula de mariposa o de paso anular unidas a la conducción mediante bridas y con un mecanismo de actuación complementario que permite detectar la velocidad y controlar el cierre mediante la acción de un contrapeso.

- Aumento de presión aguas arriba: Válvulas de alivio.

Las válvulas de alivio tienen como misión principal descargar automáticamente un caudal de agua, para evitar que se sobrepase una presión determinada. Pueden ser de acción directa o con válvula piloto.

- Disminución de presión: Válvulas de cierre automático por depresión.

Actúan mediante un cierre total cuando la presión del agua desciende por debajo de un determinado valor al producirse una pérdida de carga importante, debida a la excesiva velocidad causada por un fuerte aumento del caudal a consecuencia de la rotura de la tubería aguas abajo de la válvula. Habitualmente, su funcionamiento se basa en la proporción directa que existe entre el paso de un fluido a través de una placa o disco orificio y la pérdida de carga que se produce. El diseño es similar al de las válvulas de control de caudal.

- Aumento de nivel de agua: Válvulas de flotador de cierre en nivel máximo.

Son válvulas de seguridad que se utilizan para evitar que el nivel del agua dentro de un depósito suba por encima del nivel máximo impidiendo que el agua rebose. Pueden ser válvulas de flotador de acción directa (con un flotador que actúa sobre el obturador) y de circuito con piloto flotador (el piloto controla el nivel de agua y actúa sobre el obturador).

II.5.6.2.2 Válvulas de retención

Elemento hidromecánico que se abre automáticamente por el paso de un fluido en una dirección definida y que se cierra automáticamente para evitar el paso del mismo en sentido inverso.

En el diseño de una válvula de retención podemos distinguir los siguientes elementos: cuerpo, obturador, mecanismo de accionamiento, asiento de estanquidad y enlaces a la conducción.

Existe gran variedad de diseños de válvulas antirretorno, según sea el obturador o sistema de retención de la válvula: de bola, clapeta simple, doble clapeta o de disco partido, disco o émbolo con eje longitudinal centrado, disco con muelles y asiento inclinado, disco basculante con amortiguador de contrapeso exterior y membrana.

El enlace con la conducción se realizará, generalmente, mediante uniones rígidas con bridas.

En la elección del tipo de válvula se tendrá en consideración el tiempo de cierre de la misma así como el rango de presiones que se produzcan relacionadas con el fenómeno de golpe de ariete.

II.5.6.2.3 Válvulas optimizadoras de bombeos

Como caso particular de las válvulas de seguridad de cierre automático, se incluyen las válvulas optimizadoras de bombeo, cuya denominación proviene del tipo más genérico de la instalación en la que se disponen al objeto de prevenir las oscilaciones de presión debido al arranque y parada de las bombas.

Se trata de válvulas de control no autónomo y están constituidas por una válvula principal, una válvula piloto y un solenoide, que permite convertir una señal eléctrica en una señal hidráulica capaz de abrir o cerrar la válvula.

La apertura de la válvula es conforme a una velocidad programada al ponerse en funcionamiento la bomba y cuando la presión ha alcanzado un determinado valor.

El cierre se produce de forma gradual, cuando con la bomba todavía está en funcionamiento y la presión en la red comienza a disminuir. Cuando la válvula está cercana al cierre total (90 % o 95 %), el interruptor final de carrera de la válvula, manda una señal para que se produzca la parada de la bomba con la válvula ya cerrada.

II.5.7 Desagües

Están constituidos, básicamente, por un orificio o por una pieza en T, ambos situados en la parte inferior de la tubería, a continuación de los cuales, y mediante las correspondientes piezas especiales, se coloca una válvula de compuerta y/o de mariposa, y posteriormente un tramo de tubería hasta llegar al alcantarillado o a un punto de desagüe adecuado.

Para diámetros de la tubería iguales o superiores a 600 mm se dispondrán en los desagües, por motivos de seguridad y posibilidad de regulación, dos válvulas de seccionamiento, la primera de compuerta y la segunda de mariposa, en el sentido de salida del agua. De esta forma, en caso de avería de la válvula de mariposa, podrá repararse sin necesidad de vaciar la tubería. La regulación del caudal de desagüe se realizará con la válvula de mariposa, a pesar de que ésta no sea su función habitual.

No obstante, en redes urbanas que discurran bajo la calzada y en las que los desagües se prolonguen hasta las aceras, puede también ser interesante disponer de dos válvulas en los desagües: una junto a la tubería (bajo la calzada) y otra bajo la acera, de manera que habitualmente la primera esté abierta y la segunda cerrada, manejándose el desagüe desde ésta última.

Deben disponerse desagües en los puntos bajos relativos de la conducción, así como en todos los sectores que puedan aislarse del resto mediante válvulas.

II.5.8 Caudalímetros

Son sistemas electrónicos capaces de medir caudal de agua en tuberías con presión.

La alimentación eléctrica será a 24 Vcc.

Las condiciones de instalación de los caudalímetros exigen la necesidad de disponer de tramos rectos de longitud suficiente aguas arriba y aguas abajo de los mismos, con el fin de obtener un perfil óptimo del líquido para efectuar su medición dentro de los márgenes de error establecidos por el fabricante, dependiendo del principio de funcionamiento de los equipos (electromagnéticos o ultrasónicos).

En función del principio de medida los caudalímetros pueden ser de dos tipos:

II.5.8.1 Caudalímetros electromagnéticos

Se conectarán a la tubería mediante bridas, según UNE-EN 1092, y se instalarán, siempre, con carrete de desmontaje para su posible desinstalación. Estarán formados por un elemento primario (carrete con bobinas y electrodos), con grado de protección IP68, y su correspondiente electrónica del convertidor, ambos independientes con el fin de que ésta pueda ser instalada de forma que no se pueda ver afectada ante posibles inundaciones.

Las longitudes mínimas de tramos rectos recomendadas, para el caso de caudalímetros electromagnéticos, serán:

- Tramo recto de entrada: $L > 5 \cdot DN$
- Tramo recto de salida: $L > 3 \cdot DN$

En cualquier caso, éstas longitudes serán compatibles con las proporcionadas por el fabricante.

II.5.8.2 Caudalímetros por ultrasonidos

Se instalarán, preferiblemente, para diámetros nominales de tubería mayores de 800 mm y conexión entre bridas, según la UNE-EN 1092-1:2008.

Están compuestos por un carrete, una sonda o transductor y la electrónica del convertidor.

Las longitudes mínimas de tramos rectos recomendadas serán variables dependiendo del elemento perturbador, siendo considerablemente superiores que para los electromagnéticos.

Dispondrán de grado de protección IP68.

II.6 Depósitos

II.6.1 Características generales

Con carácter general los depósitos deberán cumplir lo dispuesto en las normas UNE-EN 1508 y UNE-EN 805.

Asimismo, desde el punto de vista estructural, se deberá atender a lo especificado en la normativa vigente correspondiente al tipo de estructura. Concretamente, para estructuras de hormigón o de acero, deberá aplicarse, respectivamente, la *Instrucción Española de Hormigón Estructural (EHE)* y la *Instrucción de Acero Estructural (EAE)*, ambas de obligado cumplimiento y que abarcan tanto el proyecto como la construcción. También deberá seguirse la *Norma de Construcción Sismorresistente: parte general y edificación (NCSE)* así como, complementariamente, lo indicado en el resto de legislación y normativa vigente, especialmente los Eurocódigos 0, 1, 2, 3, 7 y 8 (EN 1990, EN 1991, EN 1992, EN 1993, EN 1997 y EN 1998).

Para el caso concreto de los depósitos prefabricados, adicionalmente a todo lo anterior, se tendrá en consideración lo señalado específicamente en las instrucciones y normas correspondientes. Además, en su proyecto y construcción será necesario aportar toda la

documentación descriptiva y de detalle que permita conocer sus características y justificar su adecuado dimensionamiento, incluyéndose todos los cálculos, planos, etc. que sean precisos.

Complementariamente a lo expuesto en el presente apartado, será de aplicación la *Guía técnica sobre depósitos para abastecimiento de agua potable (CEDEX)* así como las indicaciones de diseño expuestas en el apartado III.8 y las de gestión de la calidad del apartado V de las presentes Normas.

En las figuras siguientes se muestran unos esquemas de un depósito con la disposición más frecuente de los elementos necesarios.

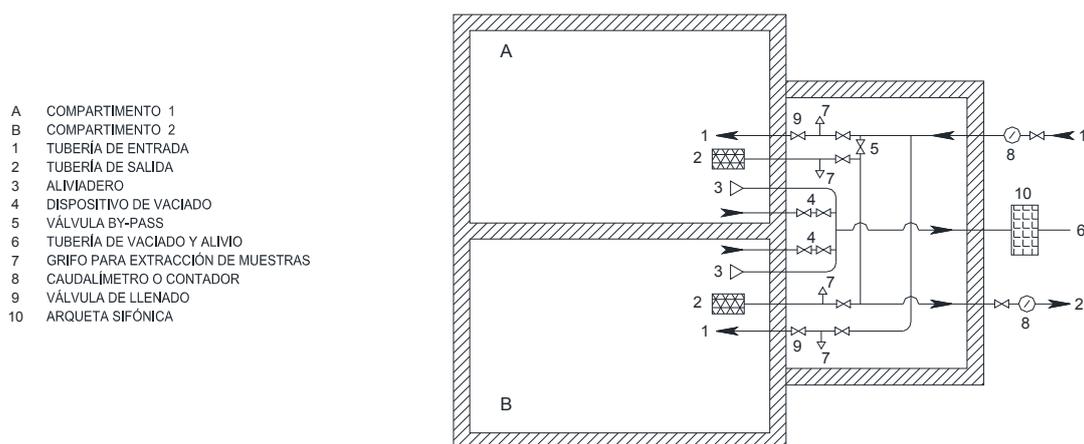


Figura 20. Esquema simplificado de la sección en planta de un depósito

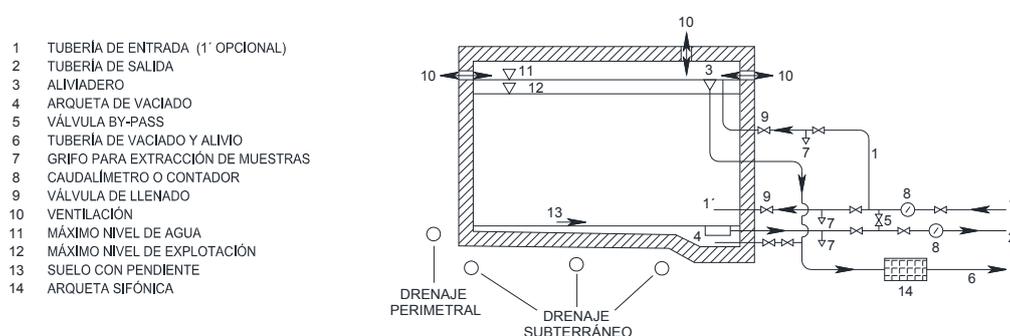


Figura 21. Esquema simplificado de la sección en alzado de un depósito

En cualquier caso, los depósitos deberán cumplir los requisitos funcionales de calidad del agua y explotación que se detallan a continuación.

II.6.1.1 Calidad del agua

El depósito debe diseñarse para prevenir la contaminación del agua que almacena y para evitar los cambios químicos, físicos o biológicos perjudiciales para la calidad del agua.

En cumplimiento de esto, se tendrán en cuenta los siguientes criterios :

- 1) El depósito será cubierto y dispondrá de lámina de impermeabilización sobre cubierta.

- 2) Los materiales de construcción e impermeabilización de todas las superficies en contacto con el agua cumplirán los requerimientos de productos en contacto con el agua para consumo humano.
- 3) Las superficies interiores deberán ser lo más lisas y libres de poros posible con el fin de facilitar la limpieza.
- 4) Se protegerán todas las partes metálicas para su defensa frente a la corrosión.
- 5) Se reducirán al mínimo las zonas estancadas, mediante el adecuado diseño de los compartimentos de agua y de las tuberías de entrada y salida. A este respecto, las embocaduras de las tuberías de entrada y salida deben estar alejadas para forzar la circulación del agua dentro del depósito. Asimismo, se dispondrán pantallas o tabiques guía, de forma que se obligue al agua a seguir un camino sinuoso entre la toma y la salida.
- 6) Deberán disponerse huecos para la ventilación del depósito en su parte superior, los cuales serán de dimensiones reducidas para impedir el acceso a personas y animales y se protegerán mediante rejillas, lamas o caperuzas fijas que dificulten la introducción de sustancias. Además, se evitará la entrada de radiación solar al vaso del depósito.
- 7) El depósito y todas las instalaciones asociadas deberán ser cuidadosamente revisadas, limpiadas y desinfectadas antes de la puesta en servicio, siguiendo las indicaciones de Canal de Isabel II Gestión.
- 8) Las tuberías de entrada y de salida de cada compartimento dispondrán de un grifo que permita la extracción de muestras para el análisis de la calidad del agua.

II.6.1.2 Explotación

Con el fin de que la posterior explotación del depósito se lleve a cabo de la forma más adecuada posible, se tendrán en cuenta los siguientes criterios en la fase de diseño:

- 1) Con el fin de facilitar las labores de explotación y mantenimiento, el depósito se diseñará, como mínimo, con dos compartimentos. Excepcionalmente, cuando la capacidad de los depósitos sea inferior a 100 m³, se podrá disponer un único compartimento, siempre que el mantenimiento pueda programarse sin interferencia con la explotación de la red.
- 2) Cada compartimento dispondrá de una tubería de entrada y una tubería de salida, así como una tubería de desagüe para el vaciado total del depósito en operaciones de limpieza y desinfección. Todas ellas serán independientes y estarán provistas de los dispositivos de seccionamiento necesarios para realizar derivaciones y conexiones entre los compartimentos.
- 3) Los dispositivos de seccionamiento, derivación y control se centralizarán en arquetas o casetas, también denominadas cámaras de llaves, adosadas al depósito y fácilmente accesibles.
- 4) Para realizar las tareas de explotación y mantenimiento en el interior del depósito, se dispondrá de entrada de hombre y escalera (fija o de pates). En depósitos de capacidad superior a 5.000 m³ se añadirá alumbrado interior, un pasillo central de inspección y ventilación forzada al final del mismo.
- 5) El acceso a las distintas zonas del depósito (compartimentos, cámara de llaves, etc.) será de tal forma que garantice la seguridad del personal y facilite la explotación. Las aperturas se dimensionarán para permitir la introducción de los materiales y el equipo necesarios de limpieza, mantenimiento y reparación.
- 6) El depósito se proyectará cerrado. Los accesos al interior del depósito y a la cámara o cámaras de llaves dispondrán de puertas o tapas con cerradura.

- 7) Las ventanas de iluminación de cada cámara de llaves no serán practicables y dispondrán de enrejado o mallado de seguridad.
- 8) El llenado se puede realizar mediante una impulsión o por gravedad y dispondrá en todo caso de mecanismos de regulación del llenado, generalmente válvulas de flotador o válvulas de altitud.
- 9) La tubería de salida del agua dispondrá de un filtro y el punto de toma se situará de 20 a 30 cm por encima de la solera para evitar la entrada de sedimentos. Si se quiere utilizar esta lámina de agua se podrá disponer la toma alojada en un rebaje practicado en la solera.
- 10) En la solera de cada uno de los compartimentos del depósito deberá disponerse una pequeña canaleta que sirva para el vaciado de cada uno de los vasos. Ésta contará con un dispositivo de desagüe de fondo consistente en un cuenco desde el que partirá la oportuna conducción de vaciado. A su vez, la solera presentará una pendiente hacia dicha canaleta del 5‰ como mínimo, que se podrá materializar bien directamente al ejecutar la losa o bien mediante la colocación de un mortero.
- 11) Tendrá que garantizarse el desagüe, bien situando la solera del depósito a cota superior a la del punto de vertido, bien mediante otras soluciones alternativas cuando, por condicionantes geotécnicos o de otra naturaleza, el desagüe no pueda realizarse por gravedad. En todo caso, en la tubería de desagüe se colocará una arqueta sifónica para evitar la entrada de elementos o sustancias del exterior.
- 12) En el caso de los depósitos que funcionen en cola de una red, la tubería de entrada puede ser de flujo reversible y coincidir con la de salida.
- 13) Existirá un vertedero de emergencia que evite el rebose en caso de fallo en los mecanismos de regulación del llenado. Estará conectado con la tubería de vaciado y deberá tener capacidad para evacuar el máximo caudal entrante.
- 14) Se instalará una derivación o by-pass, con dispositivo de seccionamiento, de forma que se permita la conexión eventual de las tuberías de entrada y de salida. En esta última se colocará, en caso de ser necesaria, una válvula reguladora de presión.
- 15) Se instalarán dispositivos medidores de volumen (contadores) o de caudal (caudalímetros) para el registro de los caudales de entrada y de salida, así como dispositivos eléctricos de control del nivel del agua.
- 16) Se dispondrá drenaje tanto subterráneo como perimetral que verterá a la arqueta sifónica. Para facilitar la localización de las fugas se realizará mediante un sistema de tubos independientes.
- 17) En cada cámara de válvulas (o de control) se establecerá un detector de inundaciones y un sistema de drenaje con vertido a la arqueta sifónica. Debe ser dimensionada para albergar válvulas, paneles de control, equipos para toma de muestras y vigilancia, y todos aquellos elementos necesarios para la explotación. También debe contener equipo de ventilación, instalación para desinfección, grupo de presión e instalaciones para el personal de mantenimiento.
- 18) Se dotará al depósito de un sistema de telecontrol/telemando que incluya la medición de magnitudes como nivel en los compartimentos, caudal, presión y parámetros de calidad.
- 19) Se deberá elaborar un manual de explotación del depósito.

II.6.2 Juntas

Las limitaciones en el volumen de hormigonado o la imposibilidad de continuidad del mismo, así como los fenómenos de dilatación y retracción del hormigón, pueden hacer necesaria la ejecución de juntas ó uniones entre dos o más elementos de hormigón.

Las juntas habituales en un depósito son las de hormigonado o construcción, las de dilatación y las de retracción. Con el objetivo de minimizar el número de juntas, éstas se dispondrán de forma que realicen simultáneamente el mayor número de funciones posible.

Como norma general, para asegurar la estanquidad del depósito, todas las juntas deberán disponer de bandas de estanquidad. Éstas serán de materiales plásticos (PVC u otros) con buen comportamiento elástico y admitirán grandes deformaciones. Su diseño deberá dificultar el recorrido del agua produciendo una pérdida de presión hidráulica y un cambio de dirección, mediante salientes en las alas para mejorar la adherencia del hormigón, y absorber movimientos en caso de ser necesario, a través de un bulbo central.

La estanquidad de las juntas depende fundamentalmente de su colocación, de la firmeza con que se hayan atado a las armaduras circundantes y del vibrado del hormigón que las rodea. Para conseguir su continuidad se deberán soldar entre sí tanto las de la solera como las de la unión entre solera y muros. Igualmente se asegurará la correcta elección de los materiales de sellado y la ausencia de desplazamiento durante el hormigonado.

Si la disposición de la junta implica la no continuidad de las armaduras de un elemento, habrá que tenerlo en cuenta en el cálculo y ejecución de la estructura, ya que de lo contrario se verá comprometida la seguridad de la obra.

II.6.2.1 Juntas de hormigonado

Para la ejecución de las juntas de hormigonado se tendrá en cuenta lo especificado en la EHE y en concreto en el artículo 71.5.4.

En las juntas de hormigonado que estén en posición horizontal y que sirvan de unión entre solera y muro, se puede complementar o sustituir la banda de estanquidad por una junta hidroexpansiva situada en el eje central. Sin embargo, lo más efectivo es tratar la junta a posteriori por el lado interior del depósito, o por ambos lados si puede acumularse agua en el exterior. Si el espesor del muro no es grande, no es recomendable la colocación de bandas de estanquidad de PVC en la zona central de la sección de dicha unión, ya que debilitan peligrosamente el nudo estructural.

Las juntas ubicadas en el arranque de los muros desde la cimentación se comprobarán siempre a esfuerzo rasante.

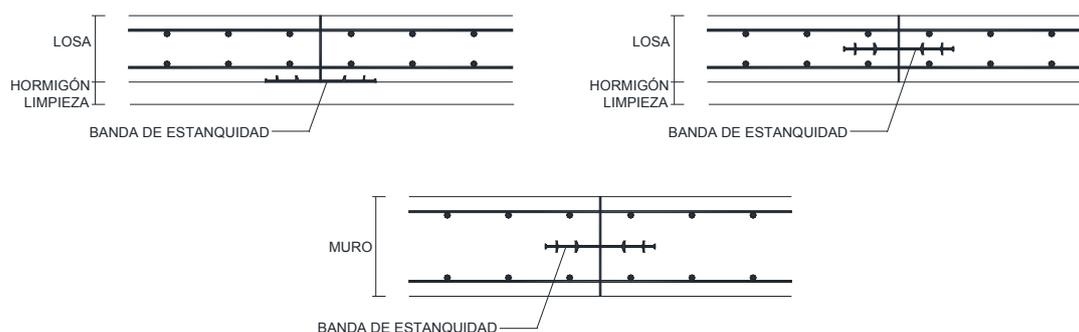


Figura 22. Detalle de junta de hormigonado en solera (arriba) y en muro (abajo)

II.6.2.2 Juntas de dilatación y de retracción

El hormigón, independientemente de las deformaciones causadas por las cargas directas de trabajo, experimenta cambios volumétricos debidos a acciones de tipo indirecto como retracción, cambios térmicos, deformaciones plásticas, etc. Coartar estos movimientos puede producir esfuerzos no deseados, y en caso de tracciones, provocar fisuras.

Para facilitar y localizar los movimientos del hormigón, se distribuirán juntas de dilatación en el depósito, analizándose su influencia en el comportamiento estructural del mismo.

La norma UNE-EN 1992-3 indica unas recomendaciones sobre la disposición de juntas de dilatación.

Se dispondrán juntas de dilatación cuando existan cambios de altura de la pared del depósito, de tipo de suelo o de nivel de plano de cimentación. No se hará coincidir las juntas con los cambios de dirección en planta del muro perimetral, ni con los nudos de entronque de éste con las paredes divisorias interiores.

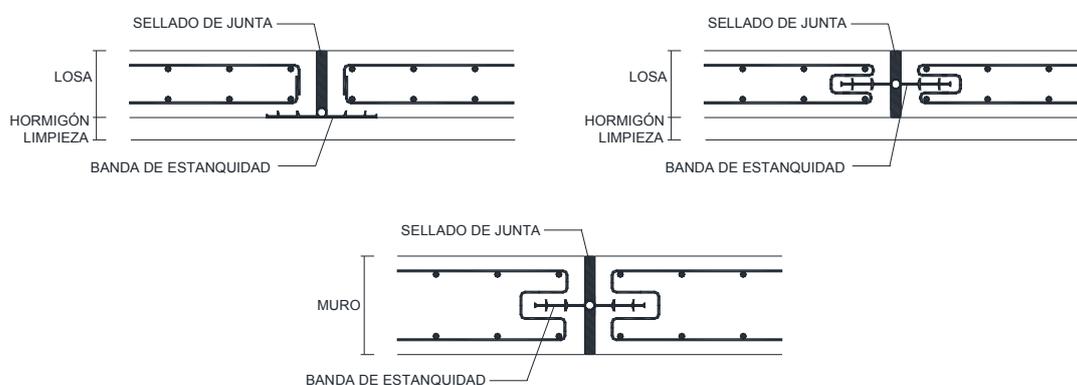


Figura 23. Detalle de junta de dilatación en solera (arriba) y en muro (abajo)

Por otro lado, en el proceso de retracción del hormigón se producen fisuras debido a la disminución de volumen ocasionada por la pérdida de agua durante el fraguado. Este fenómeno aumenta con la acción del viento y la temperatura atmosférica y se puede reducir mediante una correcta dosificación del hormigón y cuidado del curado.

Para controlar y tener localizadas las fisuras, se distribuirán juntas de retracción en el depósito, cuya disposición dependerá, entre otros factores, de la época del año en que se hormigones, del tipo de clima, de la dosificación del hormigón, de su armado, etc.

La Figura 24 muestra un detalle de junta de retracción en solera y en muro.

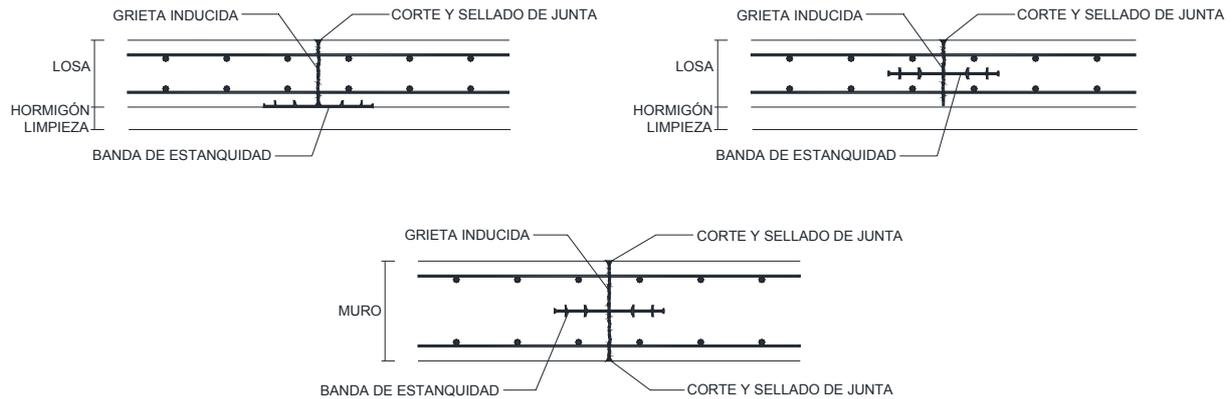


Figura 24. Detalle de junta de retracción en solera (arriba) y en muro (abajo)

II.6.3 Instalaciones auxiliares

Los dispositivos de seccionamiento, derivación y control necesarios se centralizarán en arquetas o casetas (denominadas cámaras de válvulas), adosadas al depósito y fácilmente accesibles.

Se anclarán adecuadamente todos los elementos (válvulas, codos, piezas de derivación, reducciones, etc.) sometidos a esfuerzos que no deban ser soportados por la tubería.

En las tuberías que atraviesen los muros del depósito se instalará un manguito embridado (pasamuros) empotrado en el muro y sellado mediante una impermeabilización que asegure la estanquidad del agua con el exterior.

Al determinar la ubicación de los diferentes elementos dentro de la cámara de válvulas se prestará especial atención a la cómoda accesibilidad a los mismos disponiendo el espacio suficiente para el montaje y desmontaje, el acceso durante la explotación, los anclajes, etc.

En los depósitos se instalarán los componentes que se indican a continuación.

II.6.3.1 Tuberías de entrada y de salida

La tubería general de entrada al depósito se bifurcará, mediante las oportunas derivaciones, en cuantos compartimentos esté dividido el depósito. Se dispondrán los siguientes equipos:

- Válvulas de seccionamiento (en el tramo común de la tubería y en las bifurcaciones que vayan a cada uno de los compartimentos).
- Un contador o caudalímetro.
- Una válvula de llenado.
- Un filtro.
- Un tomamuestras.

Para el llenado de la conducción se dispondrán mecanismos de regulación, en general, válvulas de flotador o válvulas de altura.

Se dispondrá una tubería para la salida del agua en cada uno de los compartimentos del depósito, las cuales se unirán en la cámara de válvulas en una única. Se instalarán los siguientes equipos:

- Un filtro en cada uno de los ramales.
- Un tomamuestras en cada uno de los ramales.
- Válvulas de seccionamiento (en los ramales procedentes de cada uno de los compartimentos y en el tramo común de la tubería).
- Una válvula reguladora de presión para el by-pass.
- Un contador o caudalímetro.

Las tuberías de entrada y de salida se conectarán mediante un by-pass o derivación, con dispositivo de seccionamiento, de forma que se permita la conexión eventual de ambas conducciones. Todas ellas serán de acero inoxidable, acero con la adecuada protección frente a la corrosión o fundición dúctil.

II.6.3.2 Tuberías de alivio, vaciado y desagüe

El vertedero o aliviadero estará conectado mediante la tubería de alivio a la tubería general de desagüe, a la que acometerán las tuberías de vaciado de cada compartimento del depósito en la cámara de válvulas. Dichas tuberías de vaciado dispondrán de sus elementos de corte previos a la conexión con la tubería de desagüe. Las tuberías de alivio y desagüe carecerán de elemento de corte alguno.

Se dispondrá una tubería de vaciado con dos válvulas de corte en cada compartimento del depósito. Las tuberías de alivio, vaciado y desagüe serán de acero inoxidable, acero con la adecuada protección frente a la corrosión o fundición dúctil.

II.6.3.3 Elementos auxiliares

Los depósitos deberán ir provistos con los siguientes elementos auxiliares:

- Pases de acceso o escaleras.
- Barandillas.
- Cadenas de seguridad.
- Rejillas trámex.
- Elemento de izado (polipasto o puente grúa) con salida al exterior de la cámara.

Deberán cumplir con lo especificado en el epígrafe II.10. Si bien todos los elementos que se instalen en el interior de los depósitos deberán ser de materiales plásticos o de acero inoxidable AISI 316 L, se permitirán aceros con la adecuada protección frente a la corrosión en aquellos elementos que así determine el Servicio Técnico de Canal de Isabel II Gestión.

II.7 Estaciones de bombeo

En el presente apartado se especifican unas prescripciones básicas relativas a los componentes que intervienen en las estaciones de bombeo de las redes de abastecimiento.

II.7.1 Características generales

En general, las estaciones de bombeo tendrán forma en planta rectangular. Las dimensiones y geometría exacta de cada compartimento variarán en cada caso particular en función de la tipología de la estación, del número de bombas a instalar, de la profundidad del depósito, en su caso, o de la disposición de las conducciones de entrada y salida, si bien en el presente apartado se establecen unos criterios generales que deberán ser observados en su diseño.

Independientemente de cual sea su geometría, todos los compartimentos que integren la estación de bombeo deberán ser accesibles, debiendo tener capacidad para poder extraer o introducir los equipos instalados en caso de avería o sustitución. Por ello es recomendable que en los techos de los distintos compartimentos se dispongan suficientes accesos a los mismos mediante cobijas de hormigón o rejillas trámex.

A tal efecto, es deseable que se disponga una caseta encima de la estación para facilitar el acceso a la misma. En instalaciones pequeñas, alternativamente a la instalación de una caseta, la entrada a la estación podrá realizarse por tapas de registro directamente desde la superficie.

Los accesos a las casetas deberán ser amplios para facilitar las operaciones de entrada y salida de los equipos que integran la estación de bombeo.

Cuando la estructura de las estaciones de bombeo sea de hormigón armado o de acero, deberá cumplir lo especificado al respecto por la *Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)* o la *Instrucción de Acero Estructural (EAE)*, respectivamente. Además, también deberán satisfacer la *Norma de Construcción Sismorresistente: parte general y edificación (NCSE)* así como, complementariamente, lo indicado en el resto de legislación y normativa vigente, especialmente los Eurocódigos 0, 1, 2, 3, 7 y 8 (EN 1990, EN 1991, EN 1992, EN 1993, EN 1997 y EN 1998).

A título orientativo, en la Figura 25, se muestra un esquema de una estación de bombeo sin cámara de aspiración en el que se puede ver la disposición de los diferentes elementos.

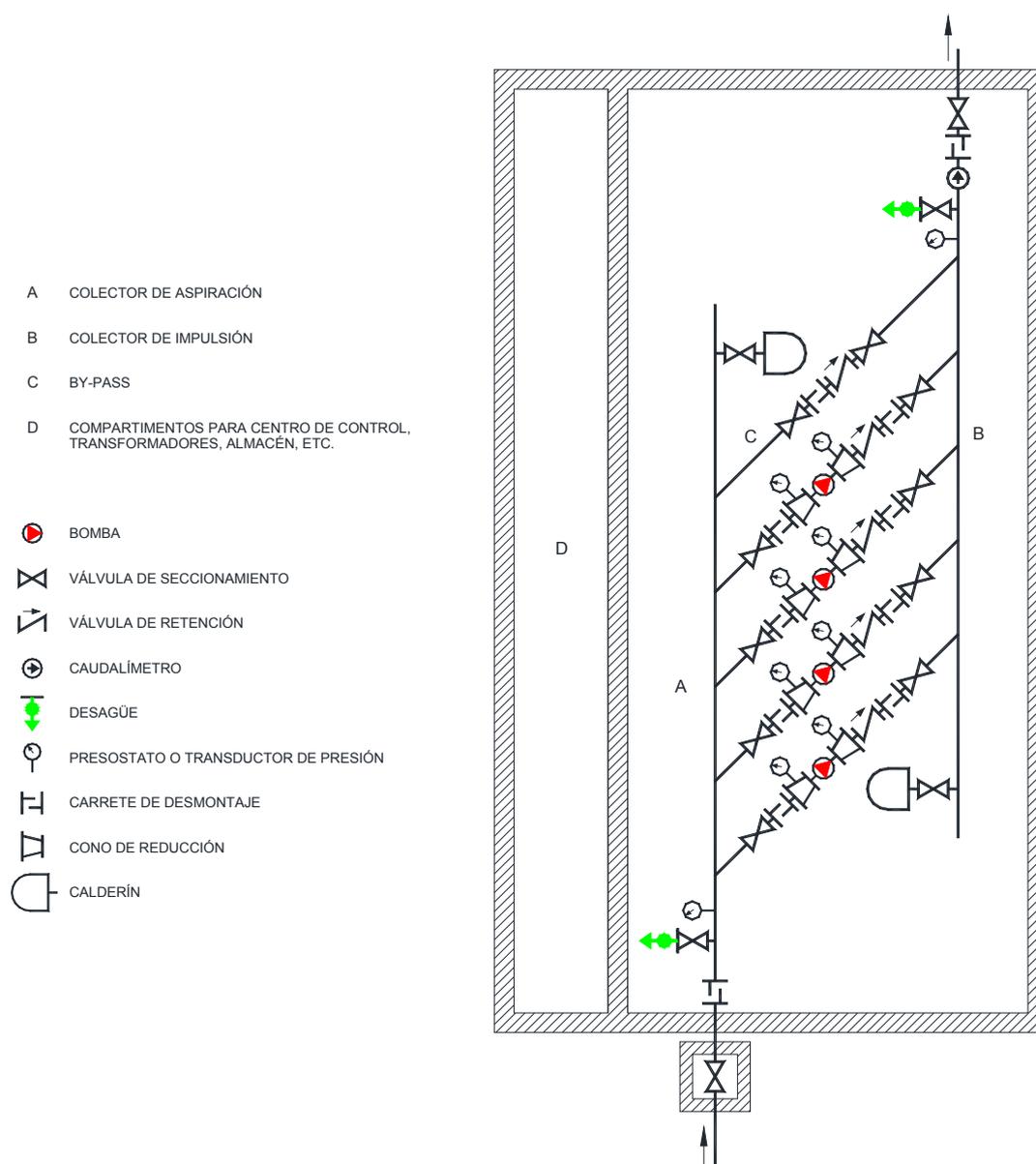


Figura 25. Esquema de una estación de bombeo sin cámara de aspiración

II.7.2 Bombeo

En función de la forma de instalación de las bombas, las estaciones de bombeo se clasifican en los tres grandes grupos siguientes, de manera que sus características resultan diferentes:

- Estaciones de bombeo sin cámara de aspiración.
- Estaciones de bombeo con cámara de aspiración y con bombas instaladas en seco.
- Estaciones de bombeo con cámara de aspiración y con bombas sumergidas.

En la conducción incidente en la estación, en su caso, se instalará una arqueta con una válvula de seccionamiento que permita el cierre completo de la instalación.

En el caso de estaciones de bombeo con bombas sumergidas, se construirá una poceta en la solera de la cámara de aspiración que permita introducir una bomba pequeña con la

misión de vaciar completamente el depósito. La solera de la cámara deberá tener pendiente hacia dicha poceta.

En ese mismo caso, en la entrada de la cámara de aspiración deberán disponerse cámaras tranquilizadoras para disipar la energía cinética del flujo entrante. Estas cámaras serán de hormigón armado y se comunicarán con la de aspiración mediante unos agujeros practicados en los muros de separación y enfrentados a las bombas de manera que se distribuya el caudal de entrada entre ellas de manera uniforme.

En instalaciones pequeñas, y previa autorización expresa de Canal de Isabel II Gestión, podrán sustituirse las anteriores cámaras tranquilizadoras de hormigón armado por pantallas deflectoras de acero inoxidable o galvanizado en caliente.

Las bombas a emplear podrán ser centrífugas o de hélice e instalarse en posición vertical u horizontal. A su vez, podrán ser sumergibles o no.

El número mínimo de bombas a instalar será de $n+1$, siendo n el número necesario y añadiendo una de reserva. Esta irá rotando, con objeto de que no sea siempre la misma. Todas ellas (incluida la de reserva) estarán instaladas y conectadas de manera adecuada para que puedan utilizarse cuando se requieran.

Las bombas podrán ser todas ellas iguales o no, en función del caudal a elevar, y deberá disponerse una distancia libre mínima de un metro en todo el perímetro de cada equipo.

En los grupos de presión y estaciones que bombeen directamente a la red, se limita el número de arranques de cada bomba a un máximo de cuatro por hora. Se prestará especial atención a las conducciones de suministro a poblaciones donde sean previsibles variaciones de caudal considerables. En estos casos se instalarán bombas de diferentes caudales, dimensionándolas de tal forma que puedan suministrar todo el rango previsto con las presiones adecuadas. Cuando esto no sea suficiente, se podrán disponer variadores de frecuencia y acumuladores de agua o calderines con la capacidad de regulación necesaria. Se estudiará la programación de las bombas en función del caudal para que el consumo energético sea el menor posible.

Las bombas sumergibles se instalarán acopladas a un pedestal y deberán ir siempre dispuestas con un tubo guía y una cadena para facilitar las operaciones de montaje y desmontaje de las mismas. Las bombas instaladas en seco se montarán sobre una base soporte, pudiendo o no disponerse carril guía. En cualquier caso, los equipos de bombeo nunca se instalarán anclados directamente mediante pernos a la solera.

El tubo guía será, en general, de alguno de los siguientes diámetros nominales: $\frac{3}{4}$ ", $1\frac{1}{4}$ ", 2 " ó 3 ", de acuerdo con lo recomendado por los fabricantes.

El fabricante de la bomba deberá facilitar el catálogo técnico en el que se incluirá como mínimo las curvas características (caudal-altura), NPSH requerido, tensión, intensidad, potencia y velocidad de funcionamiento de la bomba.

Para el arranque de las bombas se seguirán, en general, los siguientes criterios, en función de la potencia P de las bombas instaladas:

$P < 10 \text{ kW}$	Arranque directo de las bombas
$10 \text{ kW} \leq P < 18,5 \text{ kW}$	Arranque mediante arrancadores electrónicos
$18,5 \text{ kW} \leq P$	Arranque mediante arrancadores estáticos

En cualquier caso, podrán emplearse variadores de frecuencia para el arranque de las bombas en cualquier rango de potencias, si así lo estiman conveniente los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.

Los motores de las bombas deberán ser de la clase de eficiencia energética IE3, tal como está definida en la UNE-EN 60034-30.

La protección del motor de la bomba será, al menos, del grado IP55 y el aislamiento de la Clase F.

En cualquier caso el cableado de las bombas deberá contar con las protecciones necesarias, así como disponerse alojado en el interior de un tubo cuando atraviese los muros de la estructura.

Las bombas estarán unidas directamente mediante bridas al tubo de impulsión y, en su caso, al de aspiración.

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

- 2006/42/CE (máquinas)
- 2004/108/CE (compatibilidad electromagnética)
- 2006/95/CE (baja tensión)

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

- UNE-EN 809 (seguridad)
- UNE-EN ISO 12100 (seguridad)
- UNE-EN 60034 (características técnicas)
- UNE-EN 61000-6 (compatibilidad electromagnética)

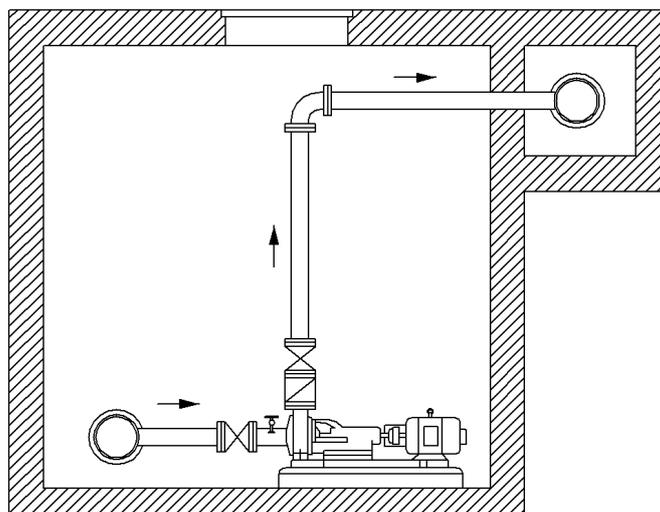


Figura 26. Esquema de instalación en seco con bomba horizontal

II.7.3 Colectores de aspiración e impulsión

El colector de aspiración es el tramo de las estaciones sin cámara de aspiración que une la conducción de aspiración general con las bombas. En el caso de estaciones con cámara de aspiración e instalación en cámara seca, el tubo de aspiración es el tramo que une la toma a la bomba correspondiente.

Análogamente, el colector de impulsión es aquel tramo de conducción que une las bombas con la conducción de impulsión general.

Ambos serán preferentemente de acero galvanizado en caliente o inoxidable y deberán disponerse con las bridas, carretes de desmontaje y elementos de unión necesarios para que puedan desmontarse en su totalidad. Para ello las longitudes máximas de cada tramo de tubo serán de 4 metros.

Los colectores tendrán dos zonas diferenciadas, una compuesta por varios tramos dispuestos en paralelo, uno por bomba, y otra formada por una tubería que conecta todos los tramos anteriores con la conducción general. La conexión de cada tramo individual a la tubería común se hará preferentemente con injertos a 45° para favorecer la dirección del flujo.

En el tramo anterior a cada bomba se instalará una válvula de seccionamiento y en el tramo posterior una válvula de seccionamiento y otra de retención. Adicionalmente se instalarán los presostatos o transductores de presión necesarios para el control de la misma.

En el colector de impulsión se insertará entre bridas un caudalímetro electromagnético y su correspondiente carrete telescópico de desmontaje, ambos de igual diámetro que el del colector. Se situarán en el último tramo del colector, en el interior de la caseta.

En la tubería del colector de impulsión común a todas las bombas y previa a la conducción general se dispondrán, en caso necesario, los calderines precisos para minimizar los efectos en las mismas de un posible golpe de ariete. Éstos podrán situarse antes o después de la unión con los tramos individuales de las bombas.

Cuando las estaciones de bombeo dispongan de bombas sumergidas, el colector de impulsión se alojará en una cámara de las dimensiones necesarias para instalar dicho tubo y la valvulería asociada. La solera de esta cámara deberá disponerse a una cota superior que el nivel máximo que pueda alcanzar el agua en la cámara de aspiración.

En cualquier caso, para la instalación de las bombas y los diferentes elementos de los colectores, se seguirán las recomendaciones facilitadas por los fabricantes, especialmente las relativas a las distancias que deben cumplir elementos como codos, derivaciones, etc., que puedan provocar perturbaciones en el bombeo.

II.7.3.1 Condicionantes geométricos del tubo de aspiración

Cuando la estación de bombeo vaya equipada con tubo de aspiración, sus condicionantes geométricos dependerán principalmente de la forma de acceso de dicho tubo a la cámara así como de la disposición de la campana. Para su correcta instalación deberán seguirse las indicaciones del fabricante.

En el caso de que el tubo de aspiración sea vertical (Figura 27), se recomienda que la cota mínima de agua sobre el extremo de tal tubo (sumergencia), sea al menos 1,5 veces el diámetro exterior de la campana de entrada. Asimismo, la distancia de la campana a la solera del depósito debe tener un valor próximo a 0,5 veces el diámetro exterior de la misma. El tubo de aspiración debe encontrarse como mínimo a una distancia de la pared del depósito de 1,5 veces el diámetro exterior de la campana de entrada.

Cuando el tubo de aspiración sea horizontal se seguirán las recomendaciones indicadas en la Figura 27.

Si existen varios tubos de aspiración se recomienda que como mínimo se distancien en 3 veces el diámetro de la campana de entrada.

La relación entre el diámetro de entrada a la campana y el del tubo de aspiración (D/d) debe estar comprendida entre 1,5 y 1,8.

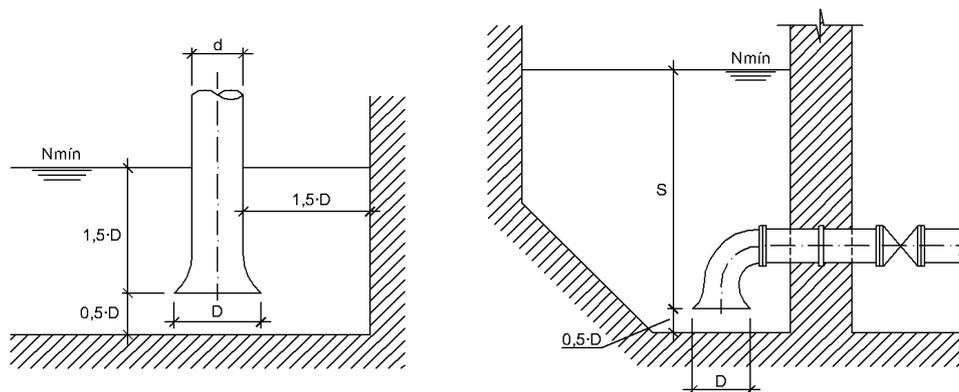


Figura 27. Esquema de condicionantes geométricos orientativos en el tubo de aspiración

El diámetro del tubo de aspiración ha de ser al menos igual al de la brida de aspiración de la bomba. Los codos, en caso de ser necesarios, deberán tener un radio igual o superior a 1,5 veces el diámetro de la tubería de aspiración.

Los cambios de sección en el tubo de aspiración, en su caso, deben ser graduales y realizados mediante conos excéntricos para evitar acumulaciones de aire. Igualmente, entre dos secciones de diferentes características o entre las que varíe la dirección del flujo se recomienda disponer un tramo recto de longitud igual o superior a 1,5 veces el diámetro del tubo.

II.7.3.2 Condicionantes geométricos del tubo de impulsión

El tubo de impulsión de cada bomba se recomienda sea, al menos, del mismo diámetro que la brida de descarga.

La velocidad del agua no debe ser superior a la indicada en el epígrafe III.4.4. No obstante, en tramos muy cortos, como los previos al colector general, pueden permitirse velocidades mayores.

II.7.4 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.

En cualquier caso, los sistemas de control y eléctricos se dispondrán, preferentemente, en un armario instalado en una sala independiente a la cámara de elevación de agua.

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, válvulas de alivio, calderines u otros mecanismos. Igualmente, deberá constar de las piezas especiales necesarias (codos, tes, pantalones, reducciones, etc.) para dar continuidad a la conducción.

II.7.4.1 Instrumentación

II.7.4.1.1 Instalaciones básicas

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:

- Parada de las bombas por sobrepresiones.
- Protecciones térmicas de los motores.
- Alarmas.
- Nivel en depósitos.

Todos los equipos de instrumentación cumplirán el estándar de salidas analógicas con señal normalizada de 4 a 20 mA.

II.7.4.1.2 Controlador lógico programable (PLC)

La estación de bombeo dispondrá de un Controlador Lógico Programable (PLC), también denominado Autómata Programable, que permita controlar el funcionamiento de las bombas.

El programa de funcionamiento deberá estar diseñado para que todas las bombas, incluidas las de reserva, trabajen aproximadamente el mismo número de horas mensuales, minimizando el número de arranques y paradas.

El PLC estará equipado con un microprocesador en el 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 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.

Todos los elementos del PLC tendrán un grado de protección al menos IP21. Se dispondrán como mínimo las siguientes entradas y salidas, que serán analógicas o digitales según el parámetro a controlar:

- Una entrada para la señal del nivel de agua en la cámara de aspiración. A esta entrada se conectará la salida del transductor de niveles.
- Una entrada para cada una de las señales de los caudales. A estas entradas se conectarán las salidas de los caudalímetros dispuestos.
- Una entrada para la señal de la presión.
- Dos entradas por bomba para detectar la posición de las válvulas con sensores de fin de carrera, de manera que una bomba no sea accionada si la válvula de entrada o de salida están cerradas.
- Una salida para conexión independiente a cada uno de los variadores de frecuencia que se dispongan.
- Un relé de salida (contacto libre de tensión), para efectuar la maniobra de paro o marcha para cada uno de los variadores de frecuencia que se dispongan.
- Una salida para la alimentación del transductor de niveles y otra para cada uno de los caudalímetros que se dispongan.

- Comunicación serie RS232 ó RS485.

Además, el PLC dispondrá una pantalla donde se visualiza rápidamente el conjunto de la instalación del grupo de bombeo, mostrando, como mínimo:

- Los estados de los motores de las bombas.
- Los estados de las válvulas motorizadas.
- Los niveles de los compartimentos y niveles para aviso de rebosadero.
- La presión de la impulsión.
- Los estados del compresor y nivel del calderín.
- Acceso al sinóptico de valvulería, caudalímetro y transductores de impulsión.
- Señales de alarma en el caso de que el funcionamiento no se ajuste a lo programado.

El PLC dispondrá de un selector con dos modos de funcionamiento, LOCAL o AUTOMÁTICO, de tal manera que en situación LOCAL se pueda hacer un chequeo del funcionamiento de las bombas. No obstante, en cualquiera de los modos de funcionamiento se impedirá la activación de las bombas cuando el nivel de agua esté por debajo del mínimo fijado, las válvulas estén cerradas o algún elemento esté averiado.

Se preverá la instalación de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI) con la suficiente autonomía, mínimo 2 horas, que permita al PLC el envío de señales de alarma ante fallo general del suministro de energía eléctrica o ante variaciones importantes de la calidad en el agua.

Igualmente, el PLC dispondrá de un sistema para ajustar los siguientes parámetros de funcionamiento:

- El nivel máximo y mínimo en la cámara de aspiración, en su caso.
- La velocidad máxima y mínima de funcionamiento de las bombas.
- Mandos para controlar el paro o marcha de las bombas y su velocidad de funcionamiento (cuando el selector esté en situación LOCAL).

El conjunto del PLC y de los variadores de frecuencia irán montados en un armario metálico con protección IP54, conteniendo todos los elementos necesarios para su protección y ventilación.

Las secuencias de control implementadas en el sistema contemplarán al menos los siguientes protocolos de funcionamiento:

- Todos los equipos podrán ser controlados de forma manual o automática mediante el conmutador M-0-A (manual-cero-automático) del correspondiente cubículo del CCM o cuadro eléctrico. En todos los casos se tendrán contempladas las protecciones y seguridades mínimas de la máquina.
- Ante una parada por fallo general del suministro de energía eléctrica se realizará una puesta en servicio de la instalación de forma secuencial, respetando unos tiempos mínimos de seguridad entre arranques.
- Se generarán secuencias que agrupen a motores de distintas líneas que realicen las mismas funciones (por ejemplo la elevación), incluidos los equipos de reserva, que contemplen puntos de consignas, tiempos de marcha/paro, tiempos mínimos de funcionamiento o número de maniobras, PID's, generación de alarmas en distintos grados de criticidad, etc.

El Panel de Operador permitirá gobernar, mediante conmutadores lógicos M-0-A, todas las máquinas de la instalación para incluirlas o no en secuencia de funcionamiento automático. También mediante conmutadores lógicos se activará o no el funcionamiento de cada secuencia. Asimismo permitirá que todas las variables de puntos de consignas, tiempos,

rotaciones, grado de criticidad de alarmas, etc., sean modificables. Se presentarán los valores recogidos por los distintos equipos de instrumentación.

II.7.4.2 Instalación eléctrica

II.7.4.2.1 Reglamentos y Normas aplicables

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, según RD 3275/1982, de 12 de noviembre, del Ministerio de Industria y Energía, publicado en el B.O.E. nº 288 de 01/12/1982, e Instrucciones Técnicas Complementarias (MIE-RAT), así como sus posteriores modificaciones.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), según RD 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología, publicado en el B.O.E. nº 224 de 18/09/2002, e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT), así como sus posteriores modificaciones.
- Normas UNE de obligado cumplimiento indicadas en las ITC-BT y MIE-RAT.
- Normas y directrices particulares de la Cía. Suministradora.

II.7.4.2.2 Centro de Transformación (CT)

En caso de que la zona no disponga suministro eléctrico en Baja Tensión, se procederá a la construcción de un Centro de Transformación de abonado, cuyas características se determinarán en cada caso.

II.7.4.2.3 Clasificación de emplazamientos

Se efectuará la clasificación del local, según determina la ITC-BT-30 del REBT, a efectos de determinar el material eléctrico a emplear.

Toda la aparamenta utilizada presentará un grado de protección IPX4 y grado de resistencia a la corrosión 3, como mínimo.

Dependiendo del grado de ventilación de la sala, y debidamente justificado, podrá eximirse el cumplimiento de lo especificado en la instrucción ITC-BT-30.

II.7.4.2.4 Descripción General de la instalación eléctrica

En caso de que la parcela disponga de suministro eléctrico en Baja Tensión, la instalación comenzará en el Armario de Protección y Medida, el cual estará ubicado en fachada junto al acceso principal.

En caso de realizarse la medida en Alta Tensión, la instalación comenzará en el cuadro de Baja Tensión del Centro de Transformación.

Desde el equipo de medida (o cuadro de BT del CT) partirá la Derivación Individual hasta el Cuadro General de Mando y Protección de la instalación (CGMP).

La Instalación Eléctrica constará de las siguientes unidades:

- a) Línea de Derivación Individual
- b) Cuadro General de Mando y Protección
- c) Circuitos Distribuidores
 - c.1) Red interior de Distribución de Fuerza
 - c.2) Red interior de Distribución de Alumbrado
 - c.2.1) Iluminación
 - c.2.2) Alumbrado de Emergencia y Señalización
- d) Red de Tierra
- e) Aparellaje eléctrico adicional

a) Derivación Individual

Es la parte de la instalación que, partiendo del Armario de Protección y Medida (o del cuadro BT del CT), suministra energía eléctrica a la instalación de la estación de bombeo. Comprende los fusibles de seguridad, el conjunto de medida y los dispositivos generales de mando y protección. Se ajustará a la ITC-BT-15 del REBT.

Esta línea conecta el Armario de Protección y Medida (o cuadro BT del CT) con el Cuadro General de Mando y Protección, situado en el interior de la estación de bombeo junto al acceso. Será trifásica, con neutro, de valor nominal 400/230 V.

La forma de instalación de la Derivación Individual será mediante cable entubado, con entrada directa hasta el CGMP.

Los conductores serán unipolares, de cobre, clase 5 según UNE-EN 60228 (Conductores de cables aislados), aislamiento de Polietileno Reticulado (XLPE) según UNE-HD 603, tipo RZ1-K (AS) y Tensión nominal 0,6/1 KV, ajustándose a la norma UNE 21123.

b) Cuadro General de Mando y Protección (CGMP)

Desde el CGMP partirán los circuitos interiores y, en su interior, se instalará un interruptor automático general, de corte omipolar, que permita su accionamiento manual y, asimismo, se instalarán los diferentes dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores, así como protección diferencial contra contactos indirectos de los diferentes circuitos de fuerza y alumbrado.

Se justificarán las Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos según la ITC-BT-22, las Protecciones contra sobretensiones según la ITC-BT-23 y, las Protecciones contra contactos directos e indirectos, según la ITC-BT 24 del REBT.

Todos los cuadros, general y secundarios, unitariamente, dispondrán en su interior del plano relativo al esquema unifilar que le corresponde, debidamente guardado en funda protectora.

Se rotulará, de forma indeleble, el uso de cada uno de los circuitos.

Deberán disponer de una superficie mínima libre del 25 %, a efectos de poder ser utilizada para futuras ampliaciones y/o modificaciones.

c) Circuitos Distribuidores.

c.1) Red interior de Distribución de fuerza

Desde el CGMP partirán los circuitos de fuerza, dotados de los correspondientes dispositivos de mando y protección en cabecera y con conductores de aislamiento no inferior

a 750 V, en canalización bajo tubo fijado mediante abrazaderas a los paramentos y/o sobre bandeja con tapa registrable IP 4X.

Los tubos y canales se ajustarán a lo establecido en la ITC-BT-21 del REBT, y sus dimensiones y características mínimas se ajustarán a la norma UNE-EN 50085 y UNE-EN 50086.

Los cables utilizados para alimentar los correspondientes circuitos serán aislados con aislamiento termoplástico, unipolares, de cobre, del tipo RV 0,6/1 KV.

Estos circuitos se ajustarán a lo establecido en las ITC-BT-19, 20, 21, 22, 23 y 24, así como la ITC-BT-43 del REBT.

Todas las tomas de corriente irán dotadas de conductor de puesta a tierra.

En cada zona de la estación de bombeo existirá, como mínimo, una base CETAC, estanca, de 3P+T (32 A), para servicios auxiliares, así como un enchufe SCHUKO de 230 V.

c.2) Red interior de Distribución de alumbrado

Desde el CGMP partirán los circuitos de alumbrado, dotados de los correspondientes dispositivos de mando y protección en cabecera y con conductores de aislamiento no inferior a 750 V, en canalizaciones bajo tubo fijado mediante abrazaderas a los paramentos y/o sobre bandeja con tapa registrable IP 4X.

Los tubos y canales se ajustarán a lo establecido en la ITC-BT-21 del REBT, y sus dimensiones y características mínimas se ajustarán a la norma UNE-EN 50085 y UNE-EN 50086.

Los cables utilizados para alimentar los correspondientes circuitos serán aislados con aislamiento termoplástico, unipolares, de cobre, del tipo RV 0,6/1 KV.

Las conexiones de las derivaciones de estos circuitos, se realizarán siempre empleando bornas, en el interior de cajas de registro y derivación metálicas estancas.

Los circuitos de Alumbrado se ajustaran a lo establecido en la ITC-BT-44 del REBT.

c.2.1) Iluminación

Se utilizarán, en espacios interiores, lámparas fluorescentes estancas. Todas las luminarias y proyectores, así como los equipos auxiliares, estarán dotados de grado de protección adecuado para garantizar la estanquidad contra la entrada de polvo y agua.

Se calculará y proyectará para los siguientes niveles de iluminación mínimos:

- Cuando sea necesaria una distinción pequeña de detalle (vestuarios, aseos, trasteros, etc.): 100 lux.
- Cuando sea necesaria una distinción media de detalle (zona de trabajo): 300 lux.
- Zonas de paso: 20 lux.

c.2.2) Alumbrado de Emergencia y Señalización

Se preverá Alumbrado de Emergencia y Señalización, mediante equipos autónomos, estancos, que señalarán la situación de puertas y salidas del local, proporcionando una

iluminancia mínima de 3 lux en recintos ocupados por personas y 5 lux en los inicios de los caminos de evacuación y donde se precise maniobrar instalaciones.

Estos circuitos irán en canalización independiente, separados como mínimo 5 cm de otras canalizaciones eléctricas de alumbrado o de fuerza.

d) Red de Tierra

Se realizará una red equipotencial de puesta a tierra con el número necesario de electrodos, constituidos por picas de acero cobrizado de 2 m de longitud y 20 mm de diámetro, enterrados verticalmente en tierra.

Sobre ellos, a nivel de suelo, se construirá una arqueta para su inspección periódica o riego (siempre una arqueta en las inmediaciones de cada armario).

Las masas metálicas de los distintos equipos de que consta la instalación deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada.

El valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a 24 V.

La red de tierra se ajustará a lo establecido en la ITC-BT-18 del REBT.

La instalación de toma de tierra deberá ser obligatoriamente comprobada por el Director de la Obra o Instalador Autorizado en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha.

e) Aparellaje eléctrico adicional

Todo el aparellaje eléctrico cumplirá con la legislación vigente sobre material eléctrico.

El arranque de los motores se podrá efectuar de forma manual desde la botonera situada a pie del motor y, en automático, desde el PLC.

La botonera se alojará en caja estanca, con grado de protección IP65. Tendrá selector O (parada), M (manual), A (automático), así como seta para parada de emergencia.

Todos los cuadros eléctricos llevarán relé detector de falta de fases.

En el CGMP, el PLC y el CCM se dispondrá de un descargador de sobretensiones, categoría IV, situado delante de la protección diferencial.

Todos los cuadros eléctricos dispondrán de las protecciones oportunas contra el polvo y el agua, según su ubicación. Necesitarán aprobación previa por parte de Canal de Isabel II Gestión.

Las acometidas a los cuadros entrarán a ellos por medio de prensaestopas, a excepción de los CCM a los cuales entrarán directamente desde la canaleta ubicada debajo de los mismos. Una vez que pasen por los interruptores y demás elementos de protección, irán a un embarrado de pletina de cobre, desde donde se realizará la distribución hacia los distintos elementos, manteniendo a ser posible una distribución en franjas verticales dentro del cuadro.

Las distintas fases quedarán señalizadas en el embarrado mediante los colores normalizados e iguales para cada cuadro y fase.

Todo el cableado de maniobra se realizará terminando las puntas de los conectores en terminales de presión, los cuales, hasta 6 mm², serán de tipo preaislado.

Todas las puntas de los conductores serán numeradas de acuerdo al esquema eléctrico a que pertenezcan. La distribución del cableado en los cuadros se realizará a través de canaletas de material plástico, de apertura y cierre rápido y nunca se mezclará dentro del mismo cuadro distinto tipo de energía.

Todas las canaletas, como máximo, se utilizarán al 75 % de su capacidad.

Con el fin de evitar caídas innecesarias de tensión, las bobinas de los contactores serán alimentadas a 230 V mediante relés auxiliares situados en el circuito de mando a 24 V c.a.

Como uniones de cable se utilizarán bornas en hilera con rótulos de referencia. No se permitirán en ningún caso bornas de porcelana o similar.

Igualmente no se permitirán bases portafusibles tipo porcelana o similares.

Todo el cableado atenderá a los colores determinados por la norma UNE 21089-1.

Todos los aparatos de conexión, por ejemplo: contactores, interruptores, arrancadores de motor, etc., deberán cumplir la norma UNE-EN 60947.

La carga de los contactores no sobrepasará el 75% de su potencia nominal. Todos los aparatos se montarán en su estado original y sin ninguna modificación.

II.7.4.2.5 Centro de Control de Motores (CCM)

Se dotará a la instalación de los CCM que se precisen, albergando un cubículo para cada equipo unitario, instalándose preferentemente en una sala auxiliar independiente.

Los CCM serán autoportantes, para montaje sobre suelo (de superficie lisa y nivelada), y de diseño normalizado. El grado de protección será como mínimo IP54. Todas las partes metálicas de la envolvente se protegerán contra la corrosión mediante un proceso de desengrasado, fosfatado, imprimación y capa de pintura epoxi secada al horno, siendo el color de la imprimación final aprobado por Canal de Isabel II Gestión.

Los CCM serán extraíbles montando como máximo seis columnas, estando cada una de ellas dividida en varias celdas o cubículos.

En la primera columna se situará el interruptor general automático magnetotérmico regulable, así como un amperímetro, un voltímetro con conmutador de fases y un transformador de mando de 400/24 V.

En las diferentes columnas se colocarán los distintos cubículos extraíbles para cada equipo unitario, compuesto por disyuntor-interruptor magnetotérmico, interruptor diferencial de 300 mA, contactor tripolar si procede, inversor y relés auxiliares (tanto de maniobra, señalización, como de potencia), así como relé térmico diferencial.

En la puerta frontal se situarán los pilotos de señalización y el pulsador de rearme del relé térmico.

Estos cuadros incluirán un regletero normalizado intermedio, en donde se conectarán todas las señales de entrada al autómatas y de salida del mismo.

II.7.4.2.6 Regulación del caudal

En el caso de estaciones con cámara de aspiración, cuando las bombas sean de potencia superior a 18,5 kW y se equipen con un variador de frecuencia para regular la velocidad y el caudal, deberá instalarse un sistema de medición de nivel en continuo por ultrasonidos. Se instalarán, además, dos boyas, una para el nivel mínimo y otra para el máximo, las cuales permitirán regular el caudal en caso de avería del medidor de nivel.

Cuando la potencia de las bombas sea inferior a 18,5 kW, la regulación del caudal podrá realizarse mediante varias boyas, complementarias a la de emergencia o alarma.

La potencia individual de los variadores instalados deberá ser, aproximadamente, un 25% superior a la nominal de cada bomba y deberán cumplir con las especificaciones de la norma UNE-EN 61800.

La regulación de la velocidad se realizará mediante una entrada de tensión de 0 ± 10 V, en correspondencia con las revoluciones de la bomba. La impedancia de entrada al variador para dicho control no será inferior a 20 k Ω . El tiempo de aceleración y de deceleración recomendado para los variadores es de 0,02 – 500 Hz/s, disponiendo curvas en S (suaves) programables para aceleración y deceleración.

La salida del variador alimentará al motor de la bomba a 400 V, 50 Hz. El variador, por su parte, se alimentará a la entrada con una red trifásica de 400 V $\pm 15\%$, 50 Hz.

La protección de los componentes del variador será, al menos, del grado IP54.

Los variadores se instalarán, siempre que sea posible, en un armario diferente al del controlador programable e irán equipados con los siguientes equipos para las señales de operación y control:

- Regulador PID interno que permita el control de diferentes funciones (control de nivel, bombeo a presión constante, etc.) y que sea autoajutable sin necesidad de un control externo.
- Tarjeta de comunicación RS 232 o RS 485 que posibilite el control del variador desde algún equipo remoto.
- Dos entradas analógicas (como mínimo), una de ellas configurable a $0 - 10$ Vcc $\pm 10\%$ y la otra estará diseñada para señal de control de 4 a 20 mA.
- Seis entradas digitales (como mínimo), tres de ellas configurables.
- Salida BUS ETHERNET compatible, al menos, con PROFINET.
- Dos relés de salida (como mínimo) a 250 Vac / 30 Vdc / 2 A, uno de ellos conmutado y el otro normalmente abierto.
- Panel de control LCD alfanumérico de 32 caracteres de iluminación, donde se tendrá información de la temperatura del motor y la frecuencia del mismo. Deberá disponer de la posibilidad de control local o remoto.

Los variadores deberán cumplir con la normativa de seguridad vigente en España para aparatos instalados en locales húmedos, así como con la Directiva Europea de compatibilidad electromagnética 2004/108/CE y sus modificaciones posteriores.

Además, los variadores deberán ser conforme a lo especificado en las siguientes normas:

- UNE-EN 55011 (perturbaciones radioeléctricas).
- UNE-EN 61000-6 (compatibilidad electromagnética).
- UNE-EN 61010 (seguridad).

II.7.4.3 Grupo electrógeno

Los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión determinarán los casos en que se deberá instalar un grupo electrógeno con capacidad suficiente para alimentar a los equipos electromecánicos de la estación de bombeo.

II.7.4.4 Equipos de Medida

Se dotará a la instalación de los siguientes equipos de medida:

- Medidor de nivel por ultrasonidos

Se colocará en las estaciones con cámara de aspiración y estará formado por una unidad sensora, de grado de protección IP68, y una unidad transmisora. Ambas serán independientes.

- Caudalímetro electromagnético

Debido a la necesidad de disponer tramos rectos tranquilizadores, tanto en el tramo previo como en el posterior, por la presencia de elementos perturbadores (bombas, válvulas, codos, reducciones...), en las estaciones de bombeo se instalarán, generalmente, caudalímetros electromagnéticos, que exigen menos longitudes que los ultrasónicos. Estos caudalímetros cumplirán las condiciones indicadas en el apartado II.5.8.

- Manómetro

Será conforme a la norma UNE-EN 837.

II.7.4.5 Depósito antiarriete hidroneumático (calderín)

El calderín será de cuerpo de acero y con acabado interior con imprimación epoxi de calidad alimentaria y llevará incorporados los pilares de sujeción y placas de anclaje suficientes para que su instalación se realice de forma que garantice su inmovilidad durante el funcionamiento.

Se ubicará lo más cerca posible del elemento generador del golpe de ariete.

Su presión de trabajo se corresponderá, como mínimo, con la presión para la que sea proyectada la instalación.

El diseño de los calderines dependerá de su funcionalidad. Los caudales de entrada y salida del agua en el calderín podrán ser controlados mediante toberas o estrangulamientos. Normalmente el caudal de salida debe ser sin restricción y la conexión con la tubería principal debe realizarse evitando al máximo las pérdidas. Para el flujo de retorno la utilización de una tobera o estrangulamiento permite limitar las presiones máximas y el tamaño del calderín.

Para el buen funcionamiento del dispositivo es necesario mantener el volumen de aire del depósito antiarriete o calderín dentro de unos límites. Las pérdidas de aire debidas a la disolución de éste en el agua se regularán mediante un compresor o colocando una vejiga o membrana interna en la que se confine el aire evitando el contacto con el agua.

Deberá realizarse la oportuna inscripción en el Registro de Instalaciones de Aparatos a Presión en la Dirección General de Industria, Energía y Minas, según determina el *Real Decreto 2060/2008, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias*, así como sus posteriores modificaciones.

II.7.4.6 Equipos de elevación

Deberán disponerse los equipos necesarios para el izado de las bombas, los cuales, según sea el tamaño de las mismas, serán, en general, de uno de los siguientes tipos:

- Polipastos fijos en pequeñas instalaciones
- Polipastos móviles a lo largo de una viga
- Puentes grúa

Los polipastos serán de accionamiento eléctrico. No obstante, previa autorización de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión, 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.

II.7.4.7 Eliminación de ruidos

Las estaciones de bombeo deberán cumplir con la reglamentación vigente en materia de ruidos. Cuando se instalen en las cercanías de núcleos urbanos, deberán realizarse estudios detallados de los niveles de ruidos emitidos para proponer las medidas correctoras necesarias.

II.7.4.8 Elementos complementarios

Los elementos auxiliares que sea necesario instalar en las distintas cámaras de las estaciones de bombeo (marcos y tapas exteriores de cierre, pates de acceso o escaleras, barandillas, cadenas de seguridad, rejillas trámex, etc.) deberán cumplir con lo especificado para los mismos en el epígrafe II.10.

II.8 Alojamientos

II.8.1 Consideraciones generales

Todos los elementos de maniobra y control definidos en el apartado II.5 se ubicarán en alojamientos que permitan su acceso, maniobra o sustitución, en su caso.

Las estructuras necesarias pueden ser, en general, tanto de hormigón como de materiales plásticos o cerámicos. Su diseño debe ser tal que no sea precisa su demolición para la sustitución de tubos, piezas especiales y demás elementos.

Su construcción se realizará en base a la normativa vigente. En el caso de emplear hormigón se seguirán de forma general las recomendaciones correspondientes de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

A los efectos de las presentes Normas, se distinguen los siguientes tipos de alojamientos:

- Arquetas

Son aquellos alojamientos no visitables que se emplean principalmente en acometidas.

- Registros

Son aquellos alojamientos visitables cuyo acceso, tanto de personas como de materiales, se realiza única y exclusivamente a través de la abertura que ocupa la tapa normalizada. Con carácter general se empleará este tipo de alojamientos en conducciones de $DN \leq 300$ mm.

- Cámaras

Son aquellos alojamientos visitables que, aun cuando su acceso puede realizarse a través de una tapa normalizada, junto a ésta se dispone de una cubierta a base de losas desmontables de hormigón armado (cobijas), que, en caso necesario, pueden ser retiradas para realizar operaciones de mantenimiento. Todas las cámaras serán de hormigón armado. Con carácter general se empleará este tipo de alojamientos en conducciones de $DN \geq 300$ mm.

Como norma general, en redes de distribución se utilizará un alojamiento por cada elemento de maniobra, mientras que en conducciones de aducción y de redes de transporte podrán utilizarse alojamientos para varios elementos. Cuando se instalen dos o más elementos en un mismo alojamiento, éstos siempre serán cámaras, independientemente de su diámetro y del tipo de red en que se ubiquen.

Los alojamientos, en cualquier caso, deberán ir provistos, además de con un dispositivo de cierre, con distintos elementos auxiliares, entre ellos los siguientes, que deberán cumplir con lo especificado para los mismos en el epígrafe II.10:

- Pates
- Escaleras
- Pasarelas y plataformas
- Barandillas y cadenas de seguridad
- Trámex

En las Figura 28 a Figura 39 se incluyen esquemas de las instalaciones más frecuentes con una simbología específica para este tipo de representaciones. En el Anexo 2 de estas Normas se recogen los planos de obra civil de los registros y cámaras habitualmente instalados.

	CARRETE DE DESMONTAJE		FILTRO
	CARRETE DE PROLONGACIÓN		PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
	CODO 90°		VÁLVULA DE AERACIÓN (VENTOSA)
	CONO DE REDUCCIÓN		VÁLVULA ANTIRRETORNO
	DERIVACIÓN EN T		VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN
	DESAGÜE		VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO

Figura 28. Simbología utilizada en los esquemas de las instalaciones

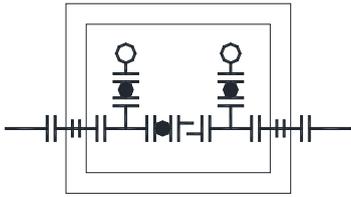


Figura 29. Seccionamiento con dos válvulas de aeración

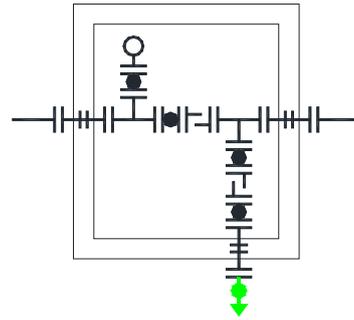


Figura 30. Seccionamiento con válvula de aeración y desagüe

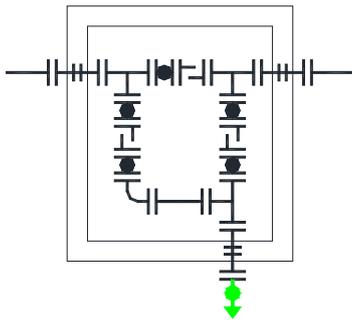


Figura 31. Seccionamiento con dos desagües

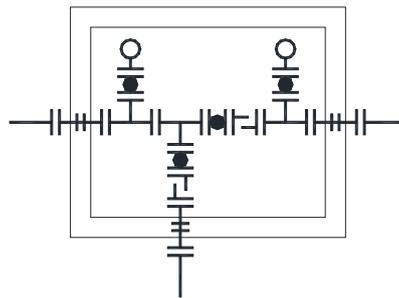


Figura 32. Seccionamiento con derivación y dos válvulas de aeración

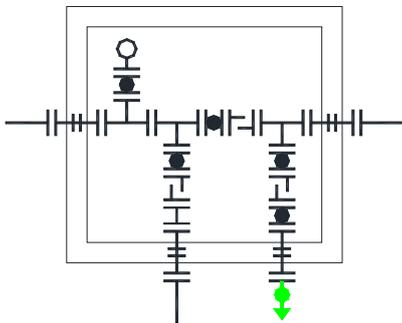


Figura 33. Seccionamiento con derivación, válvula de aeración y desagüe

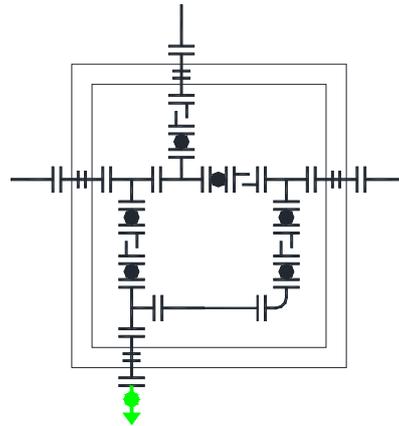


Figura 34. Seccionamiento con derivación y dos desagües

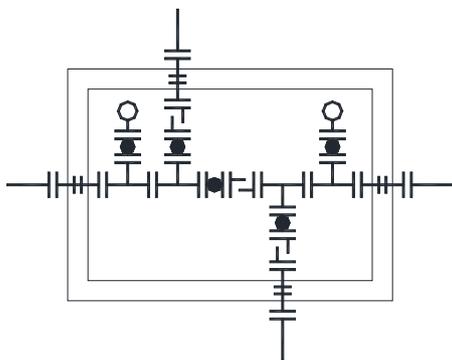


Figura 35. Seccionamiento con dos derivaciones y dos válvulas de aeración

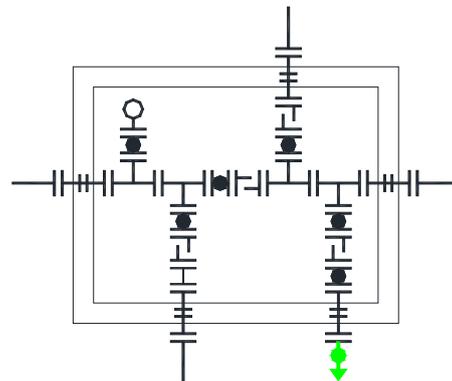


Figura 36. Seccionamiento con dos derivaciones, válvula de aeración y desagüe

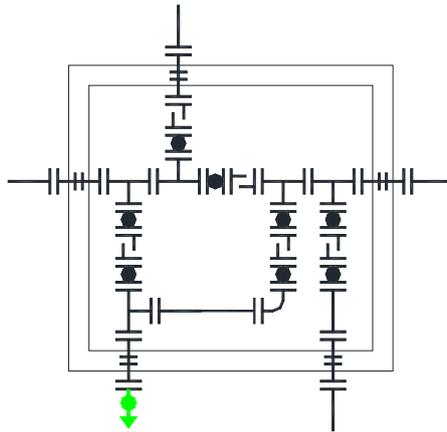


Figura 37. Seccionamiento con dos derivaciones y dos desagües



Figura 38. Instalación de válvulas reductoras de presión. Disposición en paralelo

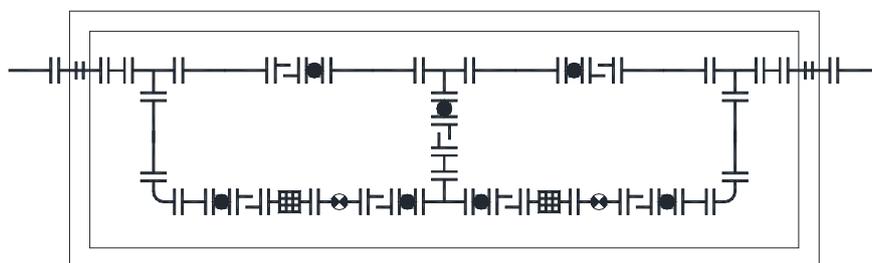


Figura 39. Instalación de válvulas reductoras de presión. Disposición mixta serie/paralelo.

II.8.2 Dispositivos de cierre de alojamientos

II.8.2.1 Consideraciones generales

Los dispositivos de cierre están formados 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.

Las cámaras incluirán un dispositivo de cierre específico para operaciones de mantenimiento cuya tapa estará formada por losas desmontables (cobijas) de hormigón armado canteadas con perfiles normalizados de acero.

Los marcos y tapas deberán cumplir con lo especificado en la norma UNE-EN 124.

Excepto las cobijas empleadas en las cámaras, los dispositivos de cierre cumplirán los siguientes requisitos:

- Serán de fundición dúctil, hormigón armado o mixtas de hormigón y acero.
- Los marcos podrán ser redondos o cuadrados.
- Las tapas serán redondas.
- En alojamientos visitables la cota de paso mínima será de 600 mm.

En los Planos 17, 18.1 y 18.2 del Anexo 2 de estas Normas se especifican las dimensiones y tipología de tapas y elementos de cierre normalizados.

II.8.2.2 Definiciones

En los dispositivos de cierre se aplican las siguientes definiciones:

- Cota de paso (CP) (UNE-EN 124)
Diámetro, en mm, del círculo mayor que puede ser inscrito en la abertura libre del marco.
- Masa superficial (UNE-EN 124)
Relación, en kg/m^2 , entre la masa total de la tapa o de la rejilla expresada en kg y la abertura libre expresada en m^2 .
- Fuerza de control (UNE-EN 124)
Fuerza, en kN, aplicada a los dispositivos de cierre durante los ensayos.

II.8.2.3 Clasificación

Los dispositivos de cierre podrán ser, según la norma UNE-EN 124, de las clases A 15, B 125, C 250, D 400, E 600 y F 900. La fuerza de control aplicable a los dispositivos cuya cota de paso sea igual o mayor a 250 mm será la indicada en la Tabla 33. Cuando la cota de paso (CP) sea inferior a 250 mm la fuerza de control será la de dicha tabla multiplicada por CP/250.

Tabla 33. Fuerza de control (UNE-EN 124)

Clase	Fuerza de control (kN)
A 15	15
B 125	125
C 250	250
D 400	400
E 600	600
F 900	900

La clase del dispositivo de cierre depende del lugar de instalación. Para ello se distinguen los siguientes grupos, indicándose entre paréntesis la clase mínima a emplear:

- Grupo 1 (clase mín. A 15): Zonas susceptibles de ser utilizadas exclusivamente por peatones y ciclistas.
- Grupo 2 (clase mín. B 125): Aceras, zonas peatonales y superficies similares, áreas de estacionamiento y aparcamientos de varios pisos para coches.

- Grupo 3 (clase mín. C 250): Arcenes y zona de las cunetas de las calles que medida a partir del bordillo de la acera se extiende en un máximo de 0,5 m sobre la calzada y de 0,2 m sobre la acera.
- Grupo 4 (clase mín. D 400): Calzadas de carreteras (incluyendo calles peatonales), arcenes estabilizados y zonas de aparcamiento para todo tipo de vehículos.
- Grupo 5 (clase mín. E 600): Áreas por las que circulan vehículos de gran tonelaje, por ejemplo pavimentos de aeropuertos o muelles.
- Grupo 6 (clase mín. F 900): Zonas sometidas a cargas particularmente elevadas, por ejemplo pavimentos de aeropuertos.

En la Figura 40 se muestran las clases mínimas a emplear en función de la zona donde se instale el dispositivo.

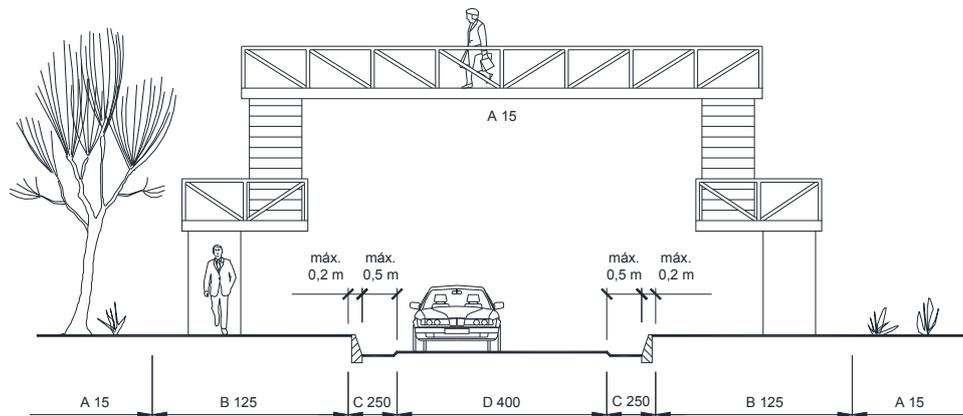


Figura 40. Clases mínimas a emplear de los dispositivos de cierre

II.8.2.4 Aseguramiento del cierre

La tapa o rejilla deberá estar asegurada dentro del marco para cumplir con las condiciones requeridas pertinentes al lugar de instalación y al ruido que puedan emitir. Según la UNE-EN 124, esto puede conseguirse por uno de los siguientes procedimientos:

- Con suficiente masa superficial
- Con un dispositivo acerrojado
- Con una característica específica de diseño

El diseño y los condicionantes técnicos de los dispositivos de cierre de alojamientos deberán garantizar su estabilidad y minimizar el ruido que puedan provocar. Esto se conseguirá aplicando alguno o varios de los procedimientos indicados anteriormente, como puede ser el correcto diseño y material de la junta de apoyo de la tapa, de la cavidad donde va alojada, de un mecanismo elástico de cierre, etc.

La norma UNE-EN 124 admite que la holgura entre los diferentes elementos de los dispositivos de cierre dé lugar a desplazamientos horizontales de la tapa, con las siguientes limitaciones:

- Para tapas o rejillas de uno o dos elementos, en función de la cota de paso, como se indica en la Tabla 34.

Tabla 34. Holgura total (UNE-EN 124)

Cota de Paso (mm)	Holgura total (mm)
≤ 400	≤ 7
> 400	≤ 9

- Para tapas o rejillas con tres o más elementos, la holgura total no excederá de 15 mm, y cada holgura individual tendrá un límite máximo de 5 mm.

Las tapas o rejillas deben poderse abrir por medio de herramientas de uso normal.

En el caso de las tapas articuladas, resulta aconsejable incorporar bloqueos de seguridad en posición abierta, de forma que se impida su cierre involuntario provocado por un golpe de aire, un vehículo en superficie o un acto vandálico.

En todo caso, el aseguramiento de la tapa al marco mediante los sistemas de masa superficial, diseño de la bisagra y mecanismo elástico dependerá de cada fabricante y deberá ser aprobado por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.

Cuando las tapas dispongan de un sistema de acerojado, éste también deberá ser aprobado por Canal de Isabel II Gestión. Por otra parte se recomienda que las tapas localizadas en alojamientos donde se instalen válvulas de aeración o desagües dispongan de llave.

Asimismo, siempre que se considere necesario, se instalarán sistemas antirrobo en los alojamientos.

II.8.2.5 Marcado

Todas las tapas, rejillas y marcos deben llevar:

- EN 124 (como marca de la norma Europea).
- La clase apropiada o las clases apropiadas para el caso de marcos que puedan ser utilizados para varias clases.
- El nombre y/o sigla del fabricante y el lugar de fabricación, que puede estar en forma de código.
- La marca de un organismo de certificación.
- La marca CANAL DE ISABEL II GESTIÓN.
- Identificación del servicio: ABASTECIMIENTO.

Además, opcionalmente podrán incluir:

- Identificación del producto (nombre y/o referencia de catálogo).

Las marcas mencionadas serán claras y duraderas. En la medida de lo posible, deben ser visibles tras la instalación de los dispositivos.

II.8.3 Impermeabilización, desagüe y ventilación

Al objeto de evitar la acumulación de agua en el interior de los alojamientos procedente del exterior que dificulte las labores de explotación y conservación, en todos los casos se impermeabilizará su perímetro externo mediante lámina bituminosa con una masa mínima por unidad de superficie de 4 kg/m², arrancando desde la cimentación y concluyendo en la coronación. Dicha lámina deberá cumplir con la norma UNE-EN 13969.

Asimismo, la impermeabilización se protegerá de punzonamientos mediante una lámina de nódulos compatible con el material bituminoso.

Durante el hormigonado de los alojamientos se dispondrán juntas de estanquidad entre solera y alzado. Éstas podrán ser hidroexpansivas a base de bentonita.

Durante la construcción se prestará especial cuidado al sellado de las vainas para los espadines del encofrado, así como al sellado entre cerco y cobijas.

En las soleras del interior de los alojamientos se dispondrán pocetas para la evacuación de agua procedente de eventuales fugas y de posibles filtraciones. La retirada del agua de estas pocetas se realizará mediante una tubería de desagüe, siempre que sea posible, o empleando bombas de achique portátiles, en caso contrario.

Cuando sea viable la conexión a cauces naturales y/o alcantarillados en cámaras de conducciones con $DN \geq 500$ mm, se instalará el correspondiente drenaje y desagüe.

En ese caso, en el trasdós de las cámaras se colocarán drenajes mediante tubos de PVC o PE ranurados (según UNE-EN 1401-1 y UNE 53994) de 160 mm de diámetro mínimo, embebidos en grava de 40 mm de tamaño mínimo de árido. Para evitar la contaminación del árido con finos, la grava se envolverá en un geotextil que cumplirá con lo especificado en la norma UNE-EN 13252. La cota inferior de este drenaje coincidirá con la de la cimentación del alojamiento para impedir la inundación del mismo.

El agua procedente del trasdós y de los desagües de las pocetas interiores se evacuará mediante un tramo de tubería conectada al drenaje natural o a la red de saneamiento más próxima.

La coronación de alojamientos dispuestos en zonas no urbanas (con perímetro no pavimentado), se realizará a una cota entre 0,50 m y 0,70 m. sobre el terreno natural, al objeto de prevenir posibles soterramientos de cobijas, y la circulación del agua de escorrentía sobre las mismas.

Se prestará especial atención a la ventilación de los alojamientos con las siguientes finalidades:

- Permitir la entrada y salida de aire para las válvulas de aeración.
- Permitir la circulación y renovación del aire para evitar condensaciones.

Para conseguir la ventilación necesaria en los alzados por encima del terreno natural de alojamientos sobreelevados se dispondrán rejillas de dimensiones mínimas de 400 x 200 mm, a ser posible, en alzados opuestos. Serán lo suficientemente robustas para impedir la invasión de cuerpos extraños, pudiendo utilizarse trámex de acero inoxidable convenientemente anclados al hormigón mediante espirros.

II.9 Acometidas

Todas las instalaciones independientes abastecidas por la red de distribución se suministrarán mediante una sola acometida, y se cumplirá con lo especificado al respecto en el Reglamento para el servicio y distribución de las aguas del Canal de Isabel II (Decreto 2922/1975).

La tipología, dimensiones, características de los materiales y condiciones que deben cumplir todos los elementos de una acometida, incluyendo los de maniobra y control, así como los

procedimientos y medios auxiliares para su ejecución, se recogen en la vigente *Especificación Técnica de Acometidas de Agua para Consumo Humano*.

II.10 Elementos complementarios

Los principales elementos auxiliares a instalar en los diferentes componentes de las redes de abastecimiento, así como las características básicas de los mismos serán los siguientes:

II.10.1 Pates

Los pates a instalar en obras de fábrica serán de polipropileno con alma de acero y, sólo en casos justificados, de materiales metálicos, debiendo cumplir con lo especificado para los mismos en la norma UNE-EN 13101.

En el caso particular de obras de fábrica de hormigón, los pates deberán cumplir con lo especificado para ellos en las normas UNE-EN 1917 y UNE 127917.

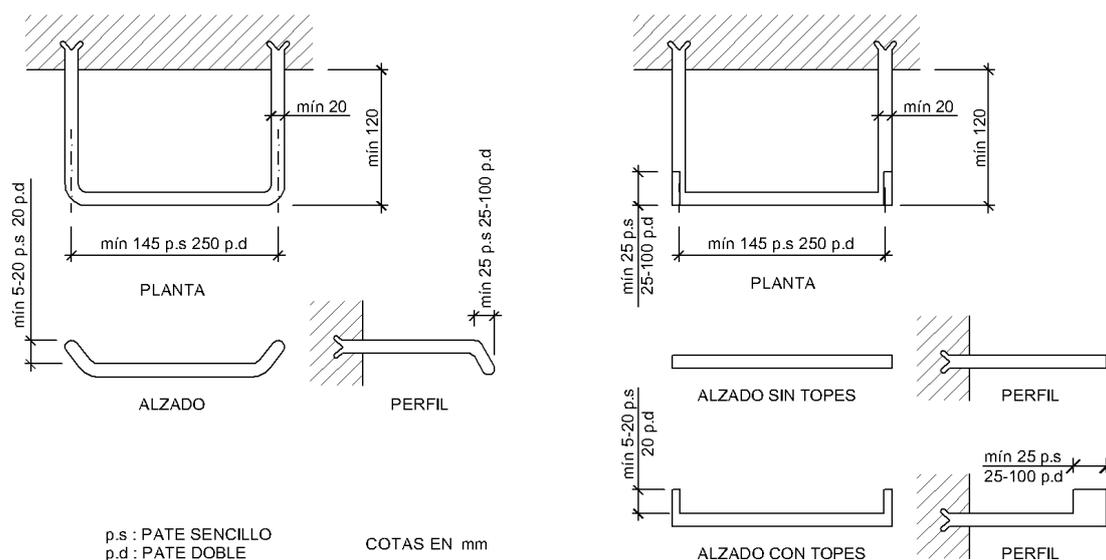


Figura 41. Dimensiones de los pates de travesaño circular y de travesaño liso (UNE-EN 13101)

Los pates se podrán disponer bien en una única o en dos alineaciones verticales, conforme se indica en la Figura 42.

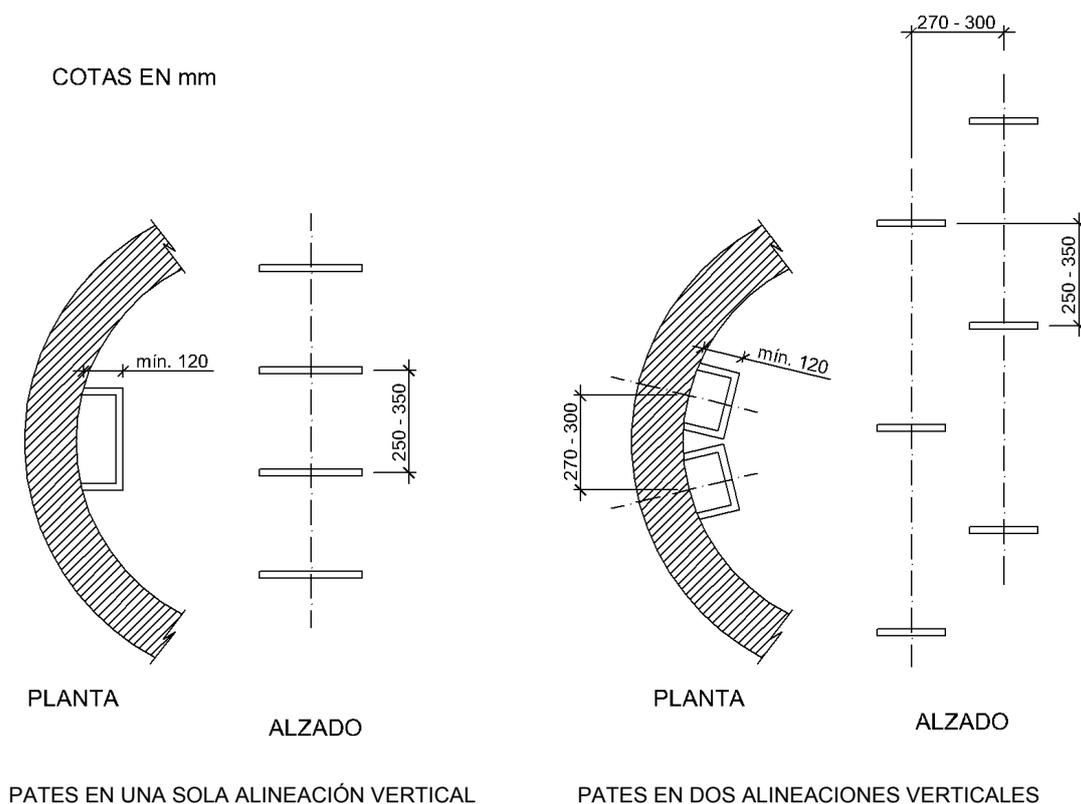


Figura 42. Posibles disposiciones de los pates

El pate tendrá el diseño adecuado para que el travesaño de apoyo tenga topes laterales que impidan el deslizamiento lateral del pie. Además, este travesaño de apoyo contará con estrías, resaltes, etc. que eviten el deslizamiento.

El límite al cual el pate debe ser insertado en un alojamiento o en una obra de fábrica, debe ser claramente indicado en el propio pate, excepto cuando sea fijado en una pieza de hormigón prefabricado en fábrica.

II.10.2 Escaleras

Las escaleras serán fijas, ancladas a la pared de la estructura, o transportables, pudiendo ser, en este último caso, de una sola pieza o telescópicas.

Las escaleras fijas de acceso a los alojamientos o a las obras de fábrica en general (depósitos, estaciones de bombeo, etc.) deberán cumplir con lo especificado para las mismas en la norma UNE-EN 14396 y el RD 486/1997.

Deberán disponer de huella, contrahuella y pasamanos, pudiendo recurrirse para su diseño a la Norma Técnica de Prevención NTP 404 (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo).

Los pavimentos de las huellas estarán formados por trámex, según lo especificado en el apartado II.10.5.

II.10.3 Pasarelas y plataformas

Las pasarelas y plataformas cumplirán con lo establecido para las mismas en el RD 486/1997 y con las indicaciones siguientes:

- Las estructuras soportes serán de acero inoxidable, acero galvanizado o acero al carbono con protección anticorrosión.
- Los pavimentos estarán formados por trámex, según lo especificado en el apartado II.10.5.
- Cuando sea necesario se instalarán protecciones perimetrales que impidan la caída de objetos.

II.10.4 Barandillas y cadenas de seguridad

Serán preferentemente de acero inoxidable, acero galvanizado o acero al carbono con protección anticorrosión.

Las barandillas deberán ser conformes al RD 486/1997. Para su diseño pueden seguirse los criterios técnicos de la Norma Técnica de Prevención NTP 404 (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo).

En todo caso las barandillas serán de materiales rígidos, tendrán una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de una protección que impida el paso o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos sobre personas.

Por motivos de seguridad, las barandillas se ajustarán, además, a las siguientes especificaciones:

- Su forma precisa se conseguirá mediante procedimiento de plegado y soldadura de tubos y chapas, debiendo ser siempre la soldadura continua. No se admitirá el punteado de elementos.
- Sus extremos serán curvados.
- Las placas de anclaje se dispondrán de manera que garanticen la resistencia máxima en el sentido de la protección.
- Generalmente la sujeción se realizará mediante anclaje con tirafondos en acero inoxidable, exceptuando los casos con base metálica, en los que se empleará tornillería.
- Cuando exista un tramo continuo de longitud superior a 50 metros se instalarán uniones que permitan la dilatación.

II.10.5 Trámex

Los trámex serán de acero inoxidable, acero galvanizado o PRFV.

Los trámex de acero estarán constituidos por pletinas de 30 x 2 ó 30 x 3 mm unidas formando mallas de 30 x 30 mm, que, a su vez, conformarán piezas unitarias de dimensiones máximas 3,0 m x 1,0 m (ver Figura 43).

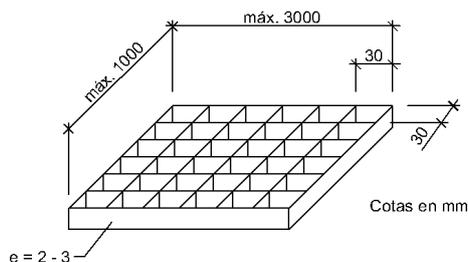


Figura 43. Detalle de trámex

Los cercos y piezas angulares de apoyo para encajar los trámex tendrán al menos la misma protección frente a la corrosión que éstos.

En todos los casos, el acabado debe ser antideslizante. Para ello, los metálicos serán de doble pletina con doble diente de sierra.

Para los trámex sobre los que se prevea circulación de personas, independientemente de su tipología, se deberá asegurar que la deformación bajo sobrecargas de uso no supera las siguientes flechas en función de su cota:

$$\begin{array}{ll} \text{Cota} < 3,00 \text{ m} & D_{\text{máx}} = L/150 \\ \text{Cota} \geq 3,00 \text{ m} & D_{\text{máx}} = L/200 \end{array}$$

Siendo:

$D_{\text{máx}}$ Deformación máxima
L Longitud entre apoyos

Los trámex siempre irán sujetos a la estructura soporte mediante tornillos, tuercas y piezas inferiores adaptables, todo ello en acero inoxidable.

Si se prevé tránsito de peatones por debajo de la superficie cubierta con los trámex, éstos se sustituirán por unas chapas con unas perforaciones circulares de 8 mm de paso.

II.10.6 Hitos de señalización

Los hitos de señalización serán conforme a lo establecido en el plano 19 del Anexo 2 de estas Normas.

II.11 Automatización y control

En las conducciones de la red de aducción y distribución hasta depósito que se ejecuten enterradas, y de las cuales se considere necesario obtener información para su automatización y telecontrol se determinará el dispositivo que permita el alojamiento de los cables necesarios para la transmisión de la información.

Los cables, multipares o de fibra óptica, permitirán la transmisión de la información que se genere en la propia conducción y en las instalaciones que se encuentren a lo largo de su traza así como la realización de telemandos y, en los casos convenientes, formarán parte de la Red Troncal del Sistema General de Comunicaciones.

El alojamiento de los cables se realizará en tritubo de polietileno de alta densidad, formado por tres conductos de diámetro exterior 50 mm y espesor de 3 mm, dispuestos en un plano y unidos entre sí por medio de una membrana (ver Figura 44), de características definidas en la *Norma Técnica para instalaciones de tritubo de polietileno en conducciones enterradas de comunicaciones vigente*.

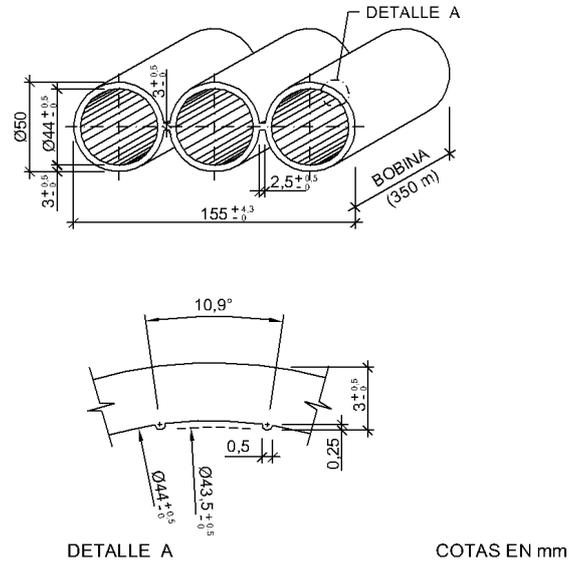


Figura 44. Dimensiones del tritubo

Junto con el tritubo se utilizarán dos tipos de elementos:

- Manguitos de empalme: Se enroscarán en caso de finalización de la bobina de tritubo o para reparaciones del mismo (ver Figura 45).
- Tapones de obturación: Se colocarán en conductos que permanezcan vacíos. Dispondrá de un sistema de fijación hermético por presión en la pared interna del conducto (ver Figura 46).

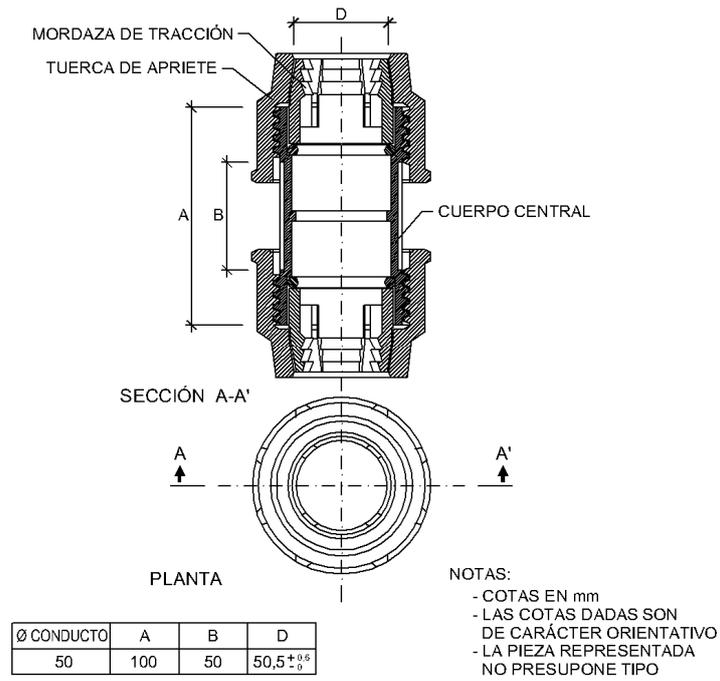
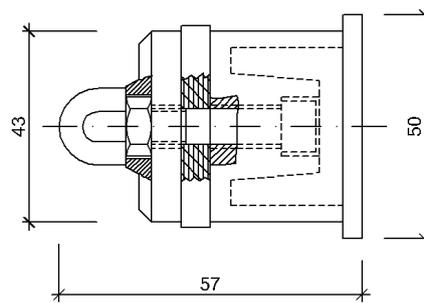


Figura 45. Manguito de empalme



NOTAS:
- COTAS EN mm
- LA PIEZA REPRESENTADA NO PRESUPONE TIPO

Figura 46. Tapón de obturación

II.12 Simbología en planos

La red de abastecimiento se representará en soporte informático y en papel con arreglo a las vigentes *Especificaciones y plantillas para la digitalización de redes de abastecimiento*.

La simbología a utilizar es la que se adjunta a continuación:

	BOMBA DE ABASTECIMIENTO		
	CALDERÍN		
	CAUDALÍMETRO		
	CLORADOR		ACOMETIDA DE DISTRIBUCIÓN
	COMPUERTA CANAL		TUBERÍA
	CONTADOR		TRAMO CANAL
	DESAGÜE		
	DISPOSITIVO DE PURGA		
	ENTRADA DE HOMBRE ABASTECIMIENTO		NUDO ENTRADA DE DEPÓSITO
	FILTRO		NUDO SALIDA DE DEPÓSITO
	FUENTE		NUDO CAMBIO DE ANTIGÜEDAD
	HIDRANTE		NUDO CAMBIO DE MATERIAL
	INJERTO BOCA DE RIEGO		NUDO CAMBIO DE SECCIÓN
	MUESTREO FIJO		NUDO DE RED
	POZO DE CAPTACIÓN SUBTERRÁNEA		NUDO DE TE
	PUNTO DE MEDIDA		NUDO TESTERO
	VÁLVULA DE ALIVIO		
	VÁLVULA DE CHORRO HUECO		
	VÁLVULA DE CORTE		
	VÁLVULA DE LLENADO DEPÓSITO		
	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN		
	VÁLVULA DE RETENCIÓN		
	VÁLVULA DE SOBREVOLUCIDAD		
	VÁLVULA DE AERACIÓN (VENTOSA)		
	ENTRADA HOMBRE GALERÍA		
	ENTRADA MATERIAL GALERÍA		

Figura 47. Simbología a utilizar en la digitalización de las redes de abastecimiento

III Diseño del sistema de abastecimiento

III.1 Información previa

Antes de proceder al estudio de un abastecimiento será necesario disponer de la siguiente documentación mínima:

- Plano altimétrico de la zona.
- Ordenanzas municipales.
- Planos de ordenación y clasificación del suelo.
- Planos de situación de todos los servicios e instalaciones subterráneas y aéreas.
- Características máximas de población y superficie edificable (techo de planeamiento).

III.2 Criterios generales de diseño

En los siguientes apartados se establecen unas directrices básicas para el diseño de los sistemas de abastecimiento objeto de las presentes Normas.

Conforme se especificó en el apartado II.1, las redes de los sistemas de abastecimiento se clasifican en los dos niveles siguientes:

- Redes de aducción (de estructura ramificada).
- Redes de distribución, que a su vez se dividen en red de transporte, red principal y red secundaria.

Las redes de distribución serán de diseño mallado en la medida de lo posible, eliminando puntos y situaciones que faciliten la contaminación o el deterioro del agua distribuida. Únicamente en los lugares donde sea imposible mallar la red de distribución, como en los viales en fondo de saco, se podrá permitir la instalación de una red ramificada. La red principal, por su parte, formará mallas cuya superficie interior no deberá exceder de 4 ha.

Por otro lado, la red de distribución se dividirá en polígonos y el tamaño máximo de los mismos quedará limitado por los siguientes conceptos:

- No constará de más de dos mallas o de 500 m de tubería.
- No abastecerá a más de 1.500 habitantes.
- La extensión superficial que encierre no superará las 4 ha.

Los diámetros mínimos de las conducciones a instalar en las redes de distribución serán los indicados en la tabla adjunta.

Tabla 35. Diámetros mínimos de las tuberías a instalar en la red de distribución

Tipo de red	Diámetro mínimo
	DN (mm)
Red de transporte	150
Red principal	150
Red secundaria	80

En polígonos industriales, el diámetro nominal mínimo a instalar será de 150 mm. Los diámetros de las piezas especiales en T, siempre que existan comercialmente, se corresponderán con los de las tuberías que unen, de forma que no sea necesario intercalar reducciones.

Las presiones mínimas y máximas de funcionamiento de la red oscilarán entre los valores normalizados en el apartado III.4.2 en función de la hipótesis de cálculo considerada.

Las tuberías que se instalen en el sistema de abastecimiento deberán tener una PFA superior o igual a la presión de diseño DP y una PMA mayor o igual a la presión máxima de diseño MDP, cumpliendo lo establecido en el apartado II.2.1.

En el caso de que las respectivas normas de producto de las diferentes tipologías de tuberías incluidas en estas Normas no indique los valores de la PMA de los tubos, se tomará, a efectos del diseño de la red, como valor de la PMA el de la PN, estando así del lado de la seguridad.

Para garantizar una presión adecuada en inmuebles a partir de dos alturas, se recomienda disponer un grupo de sobreelevación en sus instalaciones interiores, exceptuando viviendas unifamiliares.

III.3 Trazado

III.3.1 Consideraciones generales

El trazado de las redes de abastecimiento de agua para consumo humano deberá ser tal que se garantice que no se produce ninguna interconexión con las redes de saneamiento, reutilización o de cualquier otro tipo.

Las tuberías de abastecimiento de agua de consumo humano estarán siempre a una cota superior respecto a las tuberías de alcantarillado, saneamiento y reutilización.

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 instalados serán las siguientes:

Tabla 36. Separaciones mínimas con otros servicios

Servicio	Separación en planta	Separación en alzado
	(cm)	(cm)
Reutilización	150	30
Saneamiento	100	100
Gas	50	50
Electricidad-alta	30	30
Electricidad-baja	20	20
Comunicaciones	30	30

Cuando no sea posible mantener esas distancias mínimas de separación, será necesario disponer de protecciones especiales aprobadas por el ayuntamiento o la empresa suministradora correspondiente, según los casos.

Respecto al trazado específico de las conducciones, deberán observarse las siguientes prescripciones.

III.3.2 Trazado en planta

Siempre que sea posible se seguirán las siguientes recomendaciones en el trazado de las conducciones.

En las redes de distribución el trazado deberá seguir el viario, recomendándose que las conducciones discurran bajo las aceras para así disminuir las cargas actuantes y facilitar las tareas de reparación.

En caso de no poder discurrir la conducción bajo la acera y tener que hacerlo bajo la calzada, deberá evitarse, en cualquier caso, la franja de 1,5 m de ancho a partir del bordillo de cada acera, donde se prevea la posibilidad de aparcamiento de vehículos.

En los viales de más de 15 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. En ambos casos deberán colocarse a una distancia superior a 2,5 m desde el frente de parcela y evitando coincidir con el eje del bordillo.

Tanto en la red de aducción como en la de distribución, la separación en planta de otras redes o servicios será la máxima posible, cumpliendo los valores mínimos indicados en la Tabla 36. En caso de no ser posible, se adoptarán las medidas de protección que los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión consideren oportunas.

Cuando vayan a verse afectados determinados servicios, accesos o instalaciones ubicados en el lugar de la obra será necesario cumplir con la legislación y normativa vigente específica. A continuación se exponen alguno de estos casos.

III.3.2.1 Dominio Público Hidráulico

Las limitaciones en la afección al dominio público hidráulico quedan recogidas en:

- RD Leg 1/2001, *Texto Refundido de la Ley de Aguas*.
- RD 849/1986, *Reglamento del Dominio Público Hidráulico*.

Se establecen tres zonas en relación con los cursos fluviales, en los que la Administración ejerce sus competencias con ciertas restricciones de usos.

- Cauce natural de una corriente continua o discontinua es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias (artículo 4 del RD Leg 1/2001 y artículo 4 del RD 849/1986).
- Se entiende por riberas las fajas laterales de los cauces públicos situadas por encima del nivel de aguas bajas.
- Se denominan márgenes a los terrenos que lindan con los cauces (artículo 6 del RD Leg 1/2001 y artículo 6 del RD 849/1986). Las márgenes están sujetas, en toda su extensión longitudinal:

- A una zona de servidumbre de 5 metros de anchura, que tiene ciertas servidumbres de paso, pero también de usos atendiendo a aspectos hidráulicos, de protección civil y ambientales.
- A una zona de policía de 100 metros de anchura en la que se condicionará el uso del suelo y las actividades que se desarrollen.

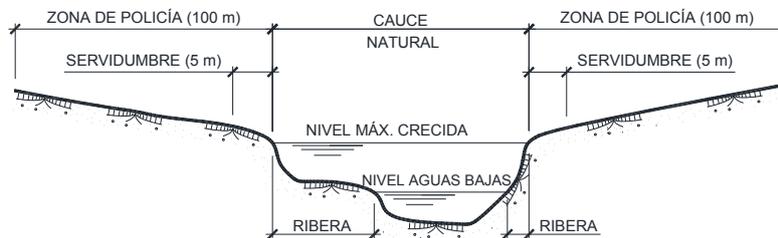


Figura 48. Cauce, zona de servidumbre y zona de policía (RD Leg 1/2001)

Cada una de estas zonas comporta una regulación de usos.

Atendiendo a lo establecido en la legislación citada, el organismo competente para la gestión del dominio público hidráulico en el ámbito geográfico de la Comunidad de Madrid es la Confederación Hidrográfica del Tajo.

Los cruces de la red de abastecimiento se podrán realizar por encima del cauce, bien con una tubería autoportante o empleando una estructura, o por debajo del mismo, en cuyo caso se realizará mediante hinca. En cauces pequeños también se podrá realizar por debajo mediante zanja, en cuyo caso se modificará su sección tipo, con el fin de evitar erosiones y proteger la tubería (zanja macizada de hormigón), y, tras la ejecución de la misma, se restaurará completamente el lecho del cauce.

III.3.2.2 Carreteras

En función del tipo de carretera que se trate, se atenderá a lo dispuesto en la siguiente legislación:

- Legislación estatal: *Ley 25/1988 de Carreteras* y el RD 1812/1994, *Reglamento General de Carreteras*.
- Legislación autonómica: *Ley 3/1991 de Carreteras de la Comunidad de Madrid* y el Decreto 29/1993 del *Reglamento de Carreteras de la Comunidad de Madrid*.

En la Tabla 37 y la Tabla 38 se indican las distancias de uso y defensa de la carretera establecidas en dicha legislación, considerando las siguientes observaciones:

- La arista exterior de la explanación es la intersección del talud del desmonte, del terraplén o, en su caso, de los muros de sostenimiento colindantes con el terreno natural. En los casos especiales de puentes, viaductos, túneles, estructuras u obras similares, se podrá fijar como arista exterior de la explanación la línea de proyección ortogonal del borde de las obras sobre el terreno.
- En caso de existir cuneta de pie de terraplén o de coronación de desmonte, la arista exterior de la explanación es la intersección de talud exterior de ésta con el terreno natural. En los casos de existir cuneta en terreno plano, será la intersección del talud exterior de la misma con el terreno natural la que define dicha arista.

Tabla 37. Uso y defensa de la carretera (Ley 25/1988 de Carreteras, ver Figura 49)

Tipo de carretera	Distancia a la arista exterior de la explanación (m)		
	A	B	C
Autopistas, autovías y vías rápidas	8	25	100
Resto de carreteras	3	8	50



Figura 49. Uso y defensa de la carretera (Ley 25/1988 de Carreteras)

En las carreteras de titularidad estatal, como norma general, la tubería se instalará fuera de las zonas de dominio público y de servidumbre.

Tabla 38. Uso y defensa de la carretera (Ley 3/1991 de Carreteras de la Comunidad de Madrid, ver Figura 50)

Tipo de carretera	Distancia a la arista exterior de la explanación (m)	
	A	B
Autopistas y autovías	8	50
Carreteras red principal	3	25
Resto de carreteras	3	15

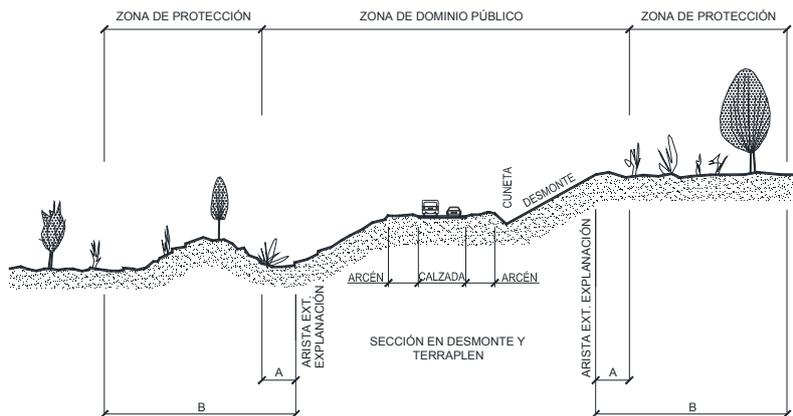


Figura 50. Uso y defensa de la carretera (Ley 3/1991 de Carreteras de la Comunidad de Madrid)

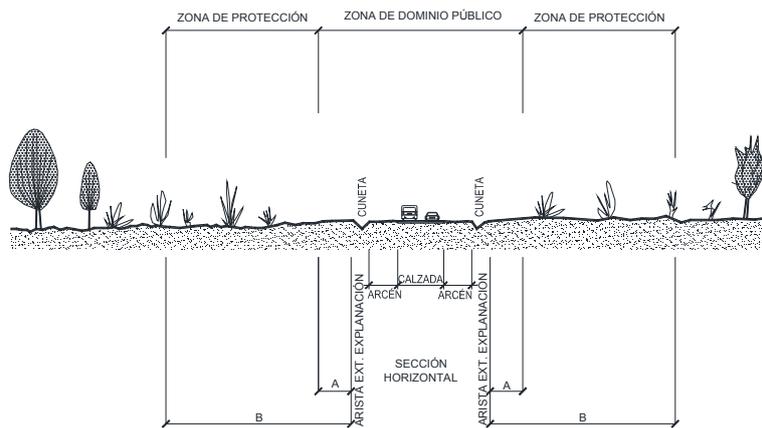


Figura 50. Uso y defensa de la carretera (Ley 3/1991 de Carreteras de la Comunidad de Madrid) (Continuación)

En las carreteras de titularidad de la Comunidad de Madrid, como norma general, la tubería se instalará fuera de las zonas de dominio público y de protección.

Se deberá consultar al organismo responsable (Ministerio de Fomento / Comunidad de Madrid) las previsiones de futuro en relación a duplicaciones de calzada, enlaces, glorietas, etc. y pedir la correspondiente autorización para realizar cualquier tipo de obra que afecte a estas infraestructuras.

En la Figura 51 se señalan los criterios generales de afección en conducciones de diámetro igual o menor de 1.000 mm.

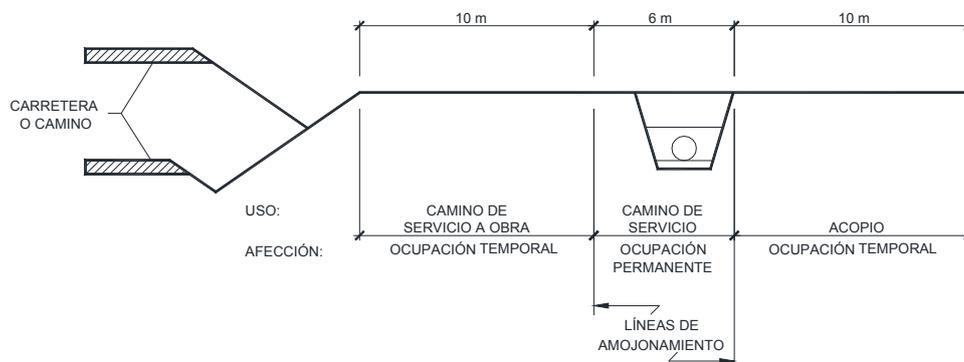


Figura 51. Criterios generales de afección en conducciones de diámetro ≤ 1.000 mm

III.3.2.3 Ferrocarriles

Las limitaciones en la afección a las infraestructuras ferroviarias se recogen en:

- Ley 39/2003 del Sector Ferroviario.
- RD 2387/2004, Reglamento del Sector Ferroviario.

Atendiendo a lo establecido en la legislación citada, en concreto en el artículo 24 y siguientes del mencionado Reglamento, se establecen unas limitaciones en las franjas de terreno adyacentes a la infraestructura en las que para la realización de obras se requiere autorización previa del correspondiente administrador de infraestructuras ferroviarias.

Tabla 39. Uso y defensa del ferrocarril (Ley 39/2003 del Sector Ferroviario, ver Figura 52)

Tipo de suelo	Distancia a la arista exterior de la explanación (m)	
	A	B
General	8	70
Suelo urbano consolidado	5	8



Figura 52. Uso y defensa del ferrocarril (Ley 39/2003 del Sector Ferroviario)

III.3.2.4 Vías pecuarias

La Ley 3/1995 de Vías Pecuarias establece que éstas son bienes de dominio público de las Comunidades Autónomas. La legislación autonómica de aplicación es la Ley de las Vías Pecuarias de la Comunidad de Madrid. Esta Ley regula los usos compatibles y complementarios y asegura la conservación de las vías.

Durante la definición del trazado de las tuberías se evitará ocupar las vías pecuarias longitudinalmente.

III.3.2.5 Patrimonio

De acuerdo con la Ley 16/1985 del Patrimonio Histórico Español, deberá tenerse en cuenta que cualquier obra o remoción de terreno que se proyecte realizar en un sitio histórico o en una zona arqueológica declarados bien de interés cultural deberá ser autorizada por la Administración competente para la protección de dichos bienes, que podrá, antes de otorgar la autorización, ordenar la realización de prospecciones y, en su caso, excavaciones arqueológicas.

III.3.2.6 Energía eléctrica

En el caso de afección a instalaciones de generación, transporte o distribución de energía eléctrica deberá contemplarse lo establecido en la Ley 54/1997 del Sector Eléctrico respecto al ejercicio de la servidumbre de paso (tanto aérea como subterránea) y dado el especial carácter de las obras a realizar en las inmediaciones de una línea eléctrica cumplir lo establecido en el RD 614/2001 sobre Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

III.3.2.7 Otros servicios afectados

En el caso de afección a cualquier otro tipo de servicio o infraestructura, como líneas de telecomunicaciones, gaseoductos, oleoductos, etc., deberá tenerse en cuenta la legislación específica al respecto y establecer en el proyecto las limitaciones por afecciones que, en

cualquier caso, serán determinadas en base al informe preceptivo del organismo gestor o compañía responsable correspondiente.

III.3.3 Trazado en alzado

La profundidad mínima de las conducciones se determinará de forma que se garantice que la conducción quede protegida frente a las acciones externas, especialmente el tráfico rodado (ver apartado III.5) y preservada de las variaciones de temperatura.

En todo caso la profundidad de enterramiento sobre la generatriz superior del tubo será igual o superior al mayor entre el valor del diámetro exterior y un metro. Cuando este recubrimiento mínimo no pueda respetarse, deberán tomarse las medidas de protección necesarias.

El trazado en alzado no podrá sobrepasar en ningún punto la línea piezométrica y deberá ser tal que se garanticen en todas las secciones de la red las condiciones de presión establecidas en el epígrafe III.2.

La pendiente mínima de las conducciones será del 0,4% o del 0,2%, según que el agua vaya en dirección descendente o ascendente, respectivamente.

La separación en alzado de otras redes o servicios será la máxima posible, cumpliendo los valores mínimos indicados en la Tabla 36. En caso de no ser posible, se adoptarán las medidas de protección que los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión consideren oportunas.

III.4 Dimensionamiento hidráulico de las conducciones

III.4.1 Dotaciones, demandas y caudales de cálculo

III.4.1.1 Dotaciones y demandas

Las redes de abastecimiento de agua deberán ser diseñadas para atender las demandas de agua de la siguiente naturaleza:

- Consumo urbano residencial.
- Usos terciarios, dotacionales e industriales.
- Riego de zonas verdes (conforme a las limitaciones indicadas más adelante).
- Hidrantes contra incendios.

Se entiende por dotación al volumen medio diario de agua a suministrar para atender las necesidades conforme a los distintos usos previstos por el planeamiento y según se defina en la legislación vigente, pudiendo emplearse los valores normalizados en la Tabla 41.

Las dotaciones establecidas se han determinado teniendo en consideración:

- La evolución, distribución espacial y estructura de la población y de las actividades industriales.
- El análisis del grado de ocupación de vivienda y de la superficie media de la misma.

- Los valores máximos estacionales de consumo diario registrado en una muestra significativa de distintas zonas de suministro en el ámbito de actuación de Canal de Isabel II Gestión.

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 todos los usos que se prevé que vayan a consumir agua en la zona a abastecer. Para su obtención, se tendrá en cuenta las dotaciones específicas en suelo urbano y urbanizable para uso residencial, terciario, dotacional e industrial y zonas verdes comunes y públicas, indicadas en la Tabla 41.

Cuando se tenga conocimiento de demandas concretas de usos terciarios, dotacionales o industriales que sean superiores a dos veces los valores medios señalados en los apartados siguientes, se empleará en el cálculo su valor real en lugar de los estimados.

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 superficie edificable prevista en el planeamiento urbano. Dicha demanda se calcula según la expresión:

$$D_i = A_i \cdot d_i$$

Siendo:

- D_i Demanda zonal para el uso i (l/d)
- A_i Superficie edificable o superficie según el uso i determinado (m^2)
- d_i Dotación específica para el uso i ($l/m^2 \cdot d$), según la Tabla 41

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:

$$D_t = \sum_i (A_i \cdot d_i)$$

Siendo:

- D_t Demanda total (l/d)

Las zonas verdes susceptibles de ser regadas con agua procedente de la red de abastecimiento se dividirán en jardines (zona de plantaciones con superficie total inferior a una hectárea) y parques (cuando su extensión sea igual o superior a esta superficie).

Desde las redes de abastecimiento encomendadas a Canal de Isabel II Gestión objeto de estas Normas podrán regarse parques y jardines con una superficie bruta igual o inferior a 1,5 ha, y en todo caso los siguientes:

- Parques y jardines declarados bienes de interés cultural o de carácter análogo por legislaciones sectoriales, cuando las prácticas de riego puedan perjudicar a las condiciones de protección de los mismos.
- Parques y jardines vinculados a la docencia e investigación científica y técnica.

Para parques con una superficie bruta superior a 1,5 ha, el agua para riego deberá obtenerse de fuentes alternativas distintas de la red de agua para consumo humano

encomienda a Canal de Isabel II Gestión. Se sugiere la utilización de aguas regeneradas (ver *Normas para Redes de Reutilización NRRCYII-2007*).

En casos excepcionales, y bajo autorización de Canal de Isabel II Gestión, se podrá modificar el límite de la superficie de riego anteriormente indicado.

Las dotaciones de cálculo para el riego de zonas verdes se estimarán, en general, en 2.250 m³/ha/año, correspondiente a aplicar una dotación bruta de 1,5 l/m²/d (tal como se indica en la Tabla 41) durante 150 días de riego al año. La determinación del caudal diario estacional y del volumen anual suministrado se ha basado en la determinación sobre zonas verdes y dotaciones establecidas por la Comunidad de Madrid durante la sequía de 1991-1993 y que se resumen en la Tabla 40.

Tabla 40. Dotaciones brutas medias para el conjunto del municipio

Zonificación	Suelo (%)	Dotación (l/m ² /d)	Acumulado (l/m ² /d)
Arbustos y tapizantes	20	3	0,6
Árboles	50	0,5	0,25
Césped	10	6	0,6
Tratamientos duros	20	0,25	0,05
TOTAL	100		1,5

De preverse alguna fuente ornamental o lámina de agua, debe instalarse un sistema de recirculación y filtrado mediante filtros de arena rápidos.

Las dotaciones de cálculo para los consumos urbano residencial, terciario, dotacional, industrial y para riego de zonas verdes serán las indicadas en la Tabla 41.

Tabla 41. Dotaciones de cálculo

	Residencial		Terciario, dotacional e industrial (l/m ² edificable y día)	Zonas verdes (l/m ² y día)
	Viviendas unifamiliares (l/m ² edificable y día)	Viviendas multifamiliares (l/m ² edificable y día)		
Suelo Urbano No Consolidado (SUNC) sin desarrollar	9,5	8,0	8,0	1,5
Suelo Urbanizable Sectorizado (SUS) sin desarrollar				
Suelo Urbanizable No sectorizado (SUNS) sin desarrollar				

III.4.1.2 Caudales de diseño

Se denomina caudal medio de suministro al caudal medio instantáneo correspondiente al ámbito de actuación considerado, obtenido mediante la siguiente expresión:

$$Q_m = D / 86.400$$

Siendo:

Q_m Caudal medio (l/s)

Se denomina caudal punta al caudal de cálculo resultante de aplicar al caudal medio el coeficiente punta instantáneo (C_p) correspondiente, indicado en la Tabla 42.

$$Q_p = Q_m \cdot C_p$$

Siendo:

Q_p Caudal punta (l/s)

Tabla 42. Coeficientes punta instantáneos (C_p)

Tipo de red	Uso	Coeficiente punta instantáneo
Red de aducción	Por gravedad aguas arriba del depósito regulador	1
	En impulsiones a depósito regulador	$\frac{24}{\text{horas de bombeo diarias}}$
Red de distribución	Demandas de usos urbano residenciales, terciarios, dotacionales e industriales y riego de zonas verdes	$1,4 + \frac{2,8}{\sqrt{Q_m}} \leq 3$

No obstante lo anterior, las conducciones de alimentación a depósito se dimensionarán con el coeficiente de punta correspondiente a la red de distribución aguas abajo del mismo siempre que la capacidad de regulación no supere el 50% de la demanda diaria.

Los caudales de cálculo que deben considerarse para los hidrantes exteriores ($Q_{m, \text{hidrantes}}$) serán los siguientes: 500 litros/minuto para los de 80 mm de diámetro y 1.000 litros/minuto para los de 100 mm de diámetro.

III.4.2 Hipótesis de cálculo

III.4.2.1 Introducción

En el cálculo de nuevas redes de abastecimiento se tendrán en cuenta, como mínimo, las siguientes hipótesis de cálculo para el dimensionamiento hidráulico de las conducciones:

- Hipótesis 1: Consumo cero.
- Hipótesis 2: Consumo punta de los usos urbano residenciales, terciarios, dotacionales e industriales y riego de parques y jardines.
- Hipótesis 3: Consumo medio con hidrantes adicionales.

En nuevas redes de aducción, conforme se indica en el apartado III.4.2.2, será suficiente con analizar la hipótesis 2. En principio no es necesario contar con el consumo de los hidrantes puesto que esa demanda será absorbida por los depósitos, que deben estar sobredimensionados con un volumen de reserva para caso de incendio.

A estas hipótesis se les impondrán las condiciones indicadas en los apartados siguientes.

Para las redes por gravedad, en todas las hipótesis anteriores, la presión de funcionamiento (OP) en cualquier punto de la red no descenderá en ningún caso más de un 75% de la presión estática en ese punto.

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

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 los de:

- Caudal
- Velocidad
- Pérdida de carga entre nudos

III.4.2.2 Redes de aducción

Las redes de aducción se dimensionarán para la hipótesis 2, considerándose, para los caudales de cálculo, que simultáneamente se estén produciendo los consumos punta en los usos urbano residenciales, terciarios, dotacionales e industriales y de riego de parques y jardines. Dichos caudales punta se determinarán de la forma indicada en el apartado III.4.1.2. En esta hipótesis deberán verificarse las siguientes comprobaciones:

- La presión de funcionamiento (OP) en cualquier punto de la red no sea inferior a 0,1 MPa. Para esta verificación, las pérdidas de carga se estimarán conforme a lo especificado en el apartado III.4.3.
- La velocidad de funcionamiento para los caudales resultantes no excede los valores indicados en el apartado III.4.4 en ningún punto de la red.

En cuanto a la situación pésima dentro de esta hipótesis, deberá tenerse en cuenta que en las redes de aducción, al ser siempre ramificadas, está directamente asociada al consumo punta. Éste será el caudal necesario para atender todas las demandas de las acometidas situadas aguas abajo del punto a dimensionar (oportunamente mayorado por el coeficiente de punta).

Por otro lado, para el cálculo mecánico recogido en el apartado III.5, se determinará la presión de diseño (DP) en cada punto de la red, obtenida como la máxima presión de funcionamiento (OP) que se puede dar en dicho punto. Estos valores se calcularán en la hipótesis de consumo cero (hipótesis 1) y teniendo en cuenta que la presión de funcionamiento en este caso será la presión estática en redes de gravedad y la presión de bombeo en redes presurizadas.

III.4.2.3 Redes de distribución

III.4.2.3.1 Hipótesis 1. Consumo cero

En la hipótesis de que no haya ningún consumo en la red de abastecimiento de agua, deberá comprobarse que la presión de funcionamiento (OP), equivalente a la presión estática en redes de gravedad y a la presión de bombeo en redes presurizadas, no

sobrepase en ningún punto de la red el valor de 0,8 MPa, recomendándose que dicho valor sea siempre inferior a 0,6 MPa.

Para el cálculo mecánico recogido en el apartado III.5, también se determinará en esta hipótesis la presión de diseño (DP) en cada punto de la red, obtenida como la máxima presión de funcionamiento (OP) que se puede dar en dicho punto.

III.4.2.3.2 Hipótesis 2. Consumo punta de los usos urbano residenciales, terciarios, dotacionales e industriales y riego de parques y jardines

En la hipótesis de que simultáneamente estén produciéndose los consumos punta en los usos urbano residenciales, terciarios, dotacionales e industriales y de riego de parques y jardines considerados en el diseño de la red de abastecimiento, deberán verificarse las siguientes comprobaciones:

- La presión de funcionamiento (OP) en cualquier punto de la red no sea inferior a 0,25 MPa, salvo casos excepcionales por consideraciones urbanísticas, debidamente justificados por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión. Para esta verificación, las pérdidas de carga se estimarán conforme a lo especificado en el apartado III.4.3.
- La velocidad de funcionamiento para los caudales resultantes no excede los valores indicados en el apartado III.4.4 en ningún punto de la red.

En cuanto a la situación pésima dentro de esta hipótesis, deberán tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- En las redes ramificadas la situación pésima está directamente asociada al consumo punta. Éste será el caudal necesario para atender todas las demandas de las acometidas situadas aguas abajo del punto a dimensionar (oportunamente mayorado por el coeficiente de punta).
- En las redes malladas el reparto de los consumos punta de cada tramo no se conoce a priori, pues puede variar en el tiempo y depende de numerosos factores: las demandas y presiones en cada punto de consumo, los diámetros de cada tramo, etc. Por ello la determinación de la situación pésima debe hacerse analizando todos los casos necesarios.

Los caudales de cálculo a emplear en esta hipótesis se determinarán como caudales punta, de la forma indicada en el apartado III.4.1.2.

A pesar de considerarse en el cálculo simultáneamente al resto de usos, es fundamental la programación del período de riego para evitar que sus puntas de consumo afecten el servicio en los núcleos adyacentes. A fin de evitar esta incidencia se programarán los riegos en horas nocturnas, concretando Canal de Isabel II Gestión el periodo citado en función de la ubicación del parque y la distribución de consumos en la zona.

III.4.2.3.3 Hipótesis 3. Consumo medio con hidrantes adicionales

En la hipótesis de que, adicionalmente a los consumos medios (a diferencia de la hipótesis anterior, donde eran consumos punta) en los usos urbano residenciales, terciarios, dotacionales e industriales y de riego de parques y jardines, se consideren en funcionamiento dos hidrantes en cualquier lugar de la red, deberá comprobarse que la presión de funcionamiento (OP) en cualquier punto de la misma sea superior a 0,15 MPa. Dichos hidrantes podrán ser de diámetro 80 ó 100 mm y la separación máxima entre ambos será la indicada en las ordenanzas municipales correspondientes o, en su defecto, 200 m. Se analizarán todos los casos necesarios para determinar la situación pésima.

Para esta verificación, las pérdidas de carga se estimarán conforme a lo especificado en el apartado III.4.3.

III.4.3 Cálculo de las pérdidas de carga

Para el cálculo hidráulico de las pérdidas de carga continuas (por unidad de longitud), J , se podrá utilizar cualquier fórmula sancionada por la práctica, recomendándose, en general, el empleo de la fórmula universal de Darcy-Weisbach:

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

Siendo:

- J Pérdida de carga continua, por unidad de longitud (m/m).
- ΔH_c Pérdida de carga continua (m).
- L Longitud del tramo (m).
- ID Diámetro interior del tubo (m).
- v Velocidad del agua (m/s).
- g Aceleración de la gravedad (m/s^2).
- f Coeficiente de pérdida de carga por unidad de longitud (o coeficiente de fricción), (adimensional).

En general, el cálculo del coeficiente de pérdida de carga por unidad de longitud, f , puede obtenerse mediante la expresión de Colebrook-White (1939):

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

Siendo:

- k Rugosidad absoluta de la tubería (m).
- Re Número de Reynolds, adimensional:

$$Re = \frac{v \cdot ID}{\nu_c}$$

ν_c Viscosidad cinemática, en m^2/s ($1,01 \times 10^{-6}$, para el agua a $20^\circ C$).

Para cálculos aproximados, se podrán emplear las expresiones de Manning y Hazen-Williams:

- Manning:
$$J = \frac{6,35 \cdot v^2 \cdot n^2}{(ID)^{4/3}}$$

- Hazen-Williams:
$$v = 0,36 \cdot C \cdot ID^{0,36} \cdot J^{0,54}$$

Siendo:

- n Coeficiente de rugosidad de Manning.
- C Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams.

J, v, ID Igual significado que para las expresiones anteriores.

En la Tabla 43 se indican diferentes valores del coeficiente de rugosidad recomendado para tuberías nuevas y en servicio en función del tipo de material y de la fórmula de cálculo considerada para la pérdida de carga.

Tabla 43. Coeficientes de rugosidad empleados en el cálculo de las pérdidas de carga

	Rugosidad absoluta k (mm)		Manning n		Hazen-Williams C	
	nueva	en servicio	nueva	en servicio	nueva	en servicio
Fundición	0,100	0,200	0,012	0,017	130	100
Hormigón	0,300	3,000	0,013	0,017	140	110
Acero	0,030	0,100	0,008	0,011	120	90
PE	0,005	0,030	0,007	0,009	150	140
PVC-O	0,003	0,060	0,007	0,009	150	140
PRFV	0,030	0,060	0,009	0,010	110	100

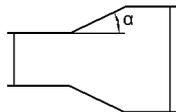
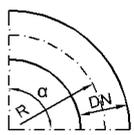
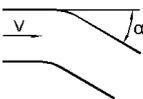
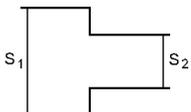
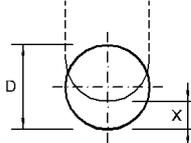
Adicionalmente a las pérdidas de carga continuas, deben calcularse también las pérdidas de carga localizadas ΔH_l en las piezas especiales y en las válvulas, las cuales se evaluarán mediante la siguiente expresión:

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

Siendo:

- ΔH_l Pérdida de carga localizada en las piezas especiales y en las válvulas, en (m).
- k_l Coeficiente que depende del tipo de pieza especial o válvula (ver Tabla 44).
- v Máxima velocidad de paso del agua a través de la pieza especial o de la válvula, en (m/s).
- g Aceleración de la gravedad, en (m/s²).

Tabla 44. Coeficiente para el cálculo de la pérdida de carga localizada en las piezas especiales y en las válvulas

Elemento	Coeficiente k_l								
Ensanchamiento gradual 	α	5°	10°	20°	30°	40°	60°	90°	
	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
		$k_l = k_{90^\circ} \cdot \frac{\alpha}{90^\circ}$							
Codos segmentados 	α	20°	40°	60°	80°	90°			
	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			
Válvulas de compuerta 	x/D	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8	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	
Otras	Entrada a depósito				$k_l = 1,0$				
	Salida de depósito				$k_l = 0,5$				

III.4.4 Velocidad máxima del agua

Para conducciones por gravedad se fijan las siguientes velocidades máximas en función del diámetro interior (ID, en mm) de la conducción:

ID < 300	v=1,5 m/s
300 ≤ ID ≤ 800	v=2 m/s
800 < ID	v=2,5 m/s

En bombeos se recomienda calcular la velocidad máxima de circulación del agua mediante la expresión de Mougny-Manning:

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

Siendo:

- v Velocidad máxima de circulación del agua (m/s).
- ID Diámetro interior de la conducción (m).
- n Coeficiente de rugosidad de Manning (ver Tabla 43)

III.4.5 Sobrepresiones debidas al golpe de ariete

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

Estas variaciones de presión se calcularán mediante el empleo de las ecuaciones dinámicas del modelo elástico, teniendo en cuenta la compresibilidad cruzada del agua y de las paredes de las conducciones. Para su resolución podrán emplearse métodos de resolución numérica como, por ejemplo, el de las características.

Para reducir el efecto de este fenómeno se analizará la instalación de elementos como chimeneas de equilibrio, calderines, etc.

En cualquier caso, la presión máxima de diseño (MDP) no será inferior a 1,20 veces la presión de diseño (DP).

Para una estimación provisional, y como paso previo al cálculo más preciso indicado anteriormente, se pueden utilizar las fórmulas simplificadas de Michaud o de Allievi, en función de cuál sea el tiempo T de cierre de la válvula o de parada de la bomba.

- Cierre lento, $T > \frac{2 \cdot L}{a}$ $\Delta P = \pm \frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot T}$ (Fórmula de Michaud)
- Cierre rápido, $T < \frac{2 \cdot L}{a}$ $\Delta P = \pm \frac{a \cdot v}{g}$ (Fórmula de Allievi)

Siendo:

- ΔP Sobrepresión debida al golpe de ariete (m).
- L Longitud de la tubería (m).
- v Velocidad de circulación del agua (m/s).
- T Tiempo efectivo de cierre o parada (s). El tiempo de cierre depende del tipo de la válvula y de su forma de accionamiento. El tiempo de parada en bombeo se puede obtener mediante la fórmula de Mendiluce:

$$T = C + \frac{K \cdot L \cdot v}{g \cdot H_m}$$

- C Coeficiente empírico que depende de la pendiente hidráulica de la tubería. Toma el valor de 1 segundo para pendientes hidráulicas ascendentes de hasta el 20% y se va reduciendo hasta 0 segundos para pendientes del 40%.
- K Coeficiente empírico que depende de la longitud de la tubería. Su valor puede obtenerse de la Tabla 45, propuesta por Mendiluce.

Tabla 45. Coeficiente K de la fórmula de Mendiluce

Longitud de tubería (m)	K
L < 500	2
L ≈ 500	1,75
500 < L < 1.500	1,5
1.500 ≈ L	1,25
1.500 < L	1

H_m Altura manométrica proporcionada por el grupo de bombeo.

g Aceleración de la gravedad ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$).

a Celeridad (velocidad de propagación de las ondas) (m/s):

$$a = \frac{9.900}{\sqrt{48,3 + K_c \frac{D_m}{e}}}$$

$$K_c = \frac{10^{10}}{E}$$

D_m Diámetro medio de la tubería (mm).

e Espesor de la tubería (mm).

E Módulo de elasticidad del material de la tubería (kp/m^2) (ver Tabla 46).

Tabla 46. Valores del módulo de elasticidad de las tuberías en función del material constitutivo

Material	E (kp/m^2)	K_c
Fundición	$17 \cdot 10^9$	0,59
Hormigón	$3 \cdot 10^9$ *	3,33 *
Acero	$21 \cdot 10^9$	0,48
PE	10^8	100,00
PVC-O	$3 \cdot 10^8$	33,33
PRFV	$2 \cdot 10^9$ *	5,00 *

* Estos valores son orientativos puesto que varían con la composición del material.

III.5 Dimensionamiento mecánico de las conducciones

III.5.1 Consideraciones generales

El presente apartado tiene por objeto establecer unos criterios básicos para el diseño mecánico de las conducciones, tanto enterradas con apertura de zanja como aéreas, que formen parte de una red de abastecimiento. Para cualquier otro tipo de instalación, como tuberías enterradas sin apertura de zanja, se requerirán cálculos y comprobaciones adicionales no contemplados en las presentes Normas, que se incluirán en el proyecto de la tubería.

En cualquier caso, las conducciones singulares, por su gran diámetro, altas presiones o disposiciones especiales, requerirán cálculos adicionales no contemplados en el presente apartado, los cuales deben figurar en el proyecto de la tubería.

El cálculo mecánico de las conducciones deberá realizarse para todas las disposiciones de las mismas que figuren en el proyecto, y en cada una de sus secciones más desfavorables, al objeto de dimensionar y comprobar su correcto funcionamiento.

En este cálculo, se considerará en cada una de las secciones a estudiar la hipótesis pésima de carga, entendiendo por tal aquella combinación de acciones de cálculo que produzca la máxima sollicitación o deformación en esa sección, habida cuenta del tipo de apoyo adoptado.

El método de cálculo que figure en el proyecto podrá ser cualquiera de los de uso frecuente dentro del ámbito de las tuberías, recogidos o no en las diferentes normas específicas para cada tipo de tubo, de forma que se asegure el adecuado dimensionamiento de la tubería, cumpliendo en todo caso los coeficientes de seguridad y demás criterios que se indican en los apartados siguientes para cada material.

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

- a) Acciones gravitatorias
 - a.1) Peso propio
 - a.2) Cargas permanentes o cargas muertas
 - a.3) Sobrecargas de uso
 - a.3.1) Carga debida al peso del agua en el interior de la tubería
 - a.3.2) Presión interna actuante, incluyendo el golpe de ariete
- b) Acciones del terreno
- c) Acciones del tráfico
- d) Acciones climáticas
 - d.1) Acciones del viento
 - d.2) Acciones térmicas
 - d.3) Acciones de la nieve
- e) Acciones debidas al nivel freático
- f) Acciones reológicas
- g) Acciones sísmicas

En las instalaciones enterradas, si bien en el proyecto de la conducción deberán considerarse todas las acciones antes indicadas y sus posibles combinaciones, habitualmente las más determinantes son las derivadas del terreno, del tráfico y de la presión interior, de manera que la hipótesis pésima de carga se producirá usualmente por alguna de las siguientes combinaciones de acciones:

- Estado tensional debido a la acción exclusiva de la presión interna.
- Estado tensional debido a la acción exclusiva de las acciones externas.
- Estado tensional debido a la acción conjunta de las acciones externas y de la presión interna.
- Deformación causada por la acción exclusiva de las acciones externas.
- Deformación causada por la acción conjunta de las acciones externas y de la presión interna.
- Pandeo o colapso producido por la acción exclusiva de las acciones externas o en combinación con la posible presión interna negativa.

Según la UNE-EN 805, a los efectos de su diseño mecánico, los tubos se clasifican en:

- Rígidos: Aquellos cuya capacidad de carga está limitada por la rotura, sin que previamente aparezcan deformaciones significativas en su sección transversal.

- Flexibles: Aquellos que su capacidad de carga está limitada por la deformación admisible (ovalización y/o deformación circunferencial) sin romperse o sin tensión excesiva.
- Semirrígidos: Aquellos cuya capacidad de carga puede estar limitada bien por la rotura o bien por la deformación, en función de su rigidez circunferencial, de las condiciones de instalación y de las acciones actuantes.

De este modo, las combinaciones que presentan más probabilidades de ser la limitante dependen de la tipología de la conducción.

En las instalaciones aéreas, para todos los materiales, la hipótesis pésima de carga suele corresponder bien al estado tensional en la pared del tubo derivado de la sola acción de la presión interior, o bien a la flexión longitudinal producida por las acciones gravitatorias, si bien, en ocasiones puede haber alguna otra situación también condicionante, como el pandeo causado por posibles presiones internas negativas, las posibles tracciones longitudinales o las tensiones en los apoyos, etc.

En los apartados siguientes se indican, en función del material de los tubos, las combinaciones que con más frecuencia representan la hipótesis pésima de carga, así como las especificaciones que deberán tenerse en cuenta para su comprobación.

En cualquier caso, todos los componentes a instalar en la conducción, y no sólo los tubos, deberán cumplir las tres condiciones siguientes:

$$\begin{aligned}PFA &\geq DP \\PMA &\geq MDP \\PEA &\geq STP\end{aligned}$$

Siendo:

- PFA Presión de funcionamiento admisible del componente.
- PMA Presión máxima admisible del componente.
- PEA Presión de prueba en obra admisible del componente.
- DP Presión de diseño de la red en el punto donde se ubica el componente (obtenida de acuerdo con el apartado III.4.2).
- MDP Presión máxima de diseño de la red en el punto donde se ubica el componente (obtenida de acuerdo con el apartado III.4.5).
- STP Presión de prueba de la red en el punto donde se ubica el componente (obtenida de acuerdo con el apartado V.4).

III.5.2 Tubos de fundición dúctil (FD)

III.5.2.1 Tubos enterrados

En el cálculo mecánico de los tubos de fundición enterrados la sollicitación condicionante suele corresponder a alguna de las dos hipótesis siguientes:

- Hipótesis I. Presión hidráulica interior positiva (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 en las paredes del tubo inferior al admisible, supuesto el coeficiente de seguridad que se indica a continuación.

Dicha comprobación debe hacerse verificando que la presión de diseño (DP) y la presión máxima de diseño (MDP) cumplen las siguientes condiciones:

$$DP \leq PFA$$

$$MDP \leq PMA$$

Los valores de la presión de funcionamiento admisible (PFA) y de la presión máxima admisible (PMA) serán aportados por el suministrador de los tubos o, en su defecto, se determinarán según el Anexo A de la norma UNE-EN 545. Según ésta, dichos valores se calculan con las siguientes expresiones:

$$PFA = \frac{2 \cdot e \cdot R_m}{D_m \cdot C_1}$$

$$PMA = \frac{2 \cdot e \cdot R_m}{D_m \cdot C_2}$$

Siendo:

PFA, PMA	Presiones de funcionamiento admisible y máxima admisible (MPa).
e	Espesor mínimo de la pared del tubo (mm).
D _m	Diámetro medio del tubo (mm) (D _m = OD - e).
OD	Diámetro exterior del tubo (mm)
R _m	Resistencia mínima a la tracción (R _m = 420 MPa).
C ₁	Coficiente de seguridad para DP (C ₁ = 3).
C ₂	Coficiente de seguridad para MDP (C ₂ = 2,5).

- Hipótesis II. Acciones externas (estado deformacional)

Para la verificación de esta hipótesis deberá comprobarse que, actuando únicamente las acciones externas (terreno, sobrecargas móviles o fijas y otras, si existen), la deformación máxima del tubo no supera la admisible.

En general, estos cálculos se realizarán según lo indicado en el Anexo F de la norma UNE-EN 545.

La ovalización máxima admisible para todas las clases de presión es el menor de los valores entre el calculado a partir del límite de tensión de flexión de la pared del tubo y el correspondiente al límite del revestimiento.

La ovalización admisible limitada por la resistencia a la flexión de la fundición dúctil viene dada por la siguiente fórmula:

$$\lambda = 100 \cdot \left(\frac{R_f \cdot (DE - e_{nom})}{SF \cdot E \cdot e_{nom} \cdot DF} \right)$$

Siendo:

λ	Ovalización admisible (%).
R _f	Resistencia a la flexión del material de la pared del tubo (R _f =500 MPa).
DE	Diámetro exterior nominal del tubo (mm).
e _{nom}	Espesor nominal de la pared del tubo (mm).

$$e_{nom} = e_{min} + (1,3 + 0,001 \cdot DN)$$

e_{min} espesor mínimo de la pared del tubo (mm) (ver Tabla 7).

SF	Factor de seguridad (SF=1,5).
E	Módulo de elasticidad del material (E=170.000 MPa).
DF	Factor de deformación (DF=3,5).

En cuanto a la ovalización admisible limitada por los revestimientos internos de los tubos, para todas las clases de presión se establecen unos valores del 3 % para DN 80 a DN 300 y del 4% para DN 800 o superiores. Los tamaños DN 350 a DN 700 siguen una interpolación lineal entre los límites del 3% y el 4%.

Las deformaciones producidas en el tubo por las cargas externas se calcularán mediante la fórmula de Spangler de la siguiente manera:

$$\delta = \frac{100 \cdot K_a \cdot (W_e + W_t)}{8 \cdot S_c + (0,061 \cdot E')}$$

Siendo:

- δ Ovalización producida en el tubo debida a las cargas externas (%).
 K_a Factor de apoyo en función del ángulo de apoyo 2α :

Tabla 47. Factor de apoyo

Ángulo de apoyo (2α)	K_a
20°	0,110
45°	0,105
60°	0,102
120°	0,090
180°	0,083

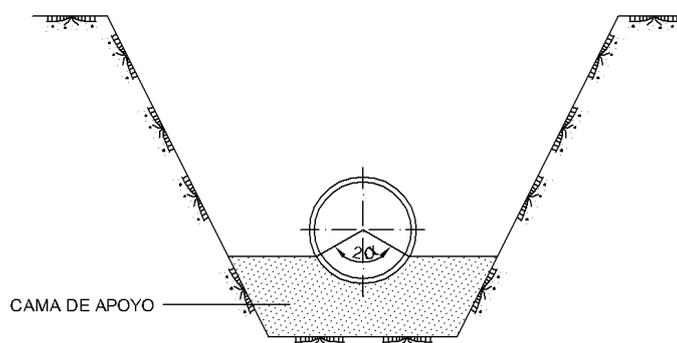


Figura 53. Ángulo de apoyo

W_e Carga debida al peso de las tierras (kN/m^2):

$$W_e = \gamma \cdot H$$

γ Peso específico del relleno (kN/m^3). A falta de datos al respecto, se suele tomar 20 kN/m^3 .

H Altura de tierras sobre la clave del tubo (m).

W_t Carga debida al tráfico (kN/m^2):

$$W_t = 40 \cdot (1 - 0,0002 \cdot \text{DN}) \cdot \frac{\beta}{H}$$

β Coeficiente de carga de tráfico, de valores:

Tabla 48. Coeficiente de carga de tráfico

Tipo de tráfico	β
Zonas con cargas rodantes particularmente elevadas	2,00
Carreteras sin prohibición de tráfico de vehículos pesados	1,50
Carreteras con prohibición de tráfico de vehículos pesados	0,75
Zonas rurales (casos no incluidos en los anteriores)	0,50

Se recomienda tomar como mínimo $\beta = 0,5$, aún en el caso de no existencia de tráfico rodado.

DN Diámetro nominal del tubo (mm).

S_c Rigidez circunferencial específica (kN/m²).

$$S_c = 1.000 \cdot \frac{E}{12} \cdot \left(\frac{e_{\text{stiff}}}{D} \right)^3$$

e_{stiff} Espesor nominal de la pared del tubo para el cálculo de la rigidez circunferencial (mm).

$$e_{\text{stiff}} = e_{\text{min}} + 0,5 \cdot (1,3 + 0,001 \cdot \text{DN})$$

D Diámetro medio del tubo (mm).

$$D = \text{DE} - e_{\text{stiff}}$$

E' Módulo de reacción del suelo (kN/m²):

Tabla 49. Módulo de reacción del suelo

Tipo de compactación del terreno	E' (kN/m ²)
Sin compactar	0
Mala	1.000
Media	2.000
Buena	5.000

III.5.2.2 Tubos aéreos

En el cálculo mecánico de los tubos de fundición instalados entre apoyos la solicitación condicionante suele corresponder a alguna de las dos hipótesis siguientes:

- Hipótesis I. Presión hidráulica interior positiva (estado tensional).

La comprobación de los tubos aéreos sometidos únicamente a la acción de la presión hidráulica interior se realizará de la misma forma que la indicada previamente para los tubos enterrados.

- Hipótesis II. Acciones gravitatorias (estado tensional y deformacional).

Para las hipótesis pésimas de carga se debe comprobar que la tensión y la deformación máximas no superan las admisibles. La tensión admisible es de 330 N/mm² y la deformación admisible la que hace que se alcancen las desviaciones angulares tolerables de las uniones.

Además de las comprobaciones anteriores, en los tubos instalados entre apoyos debe verificarse que, para la hipótesis pésima de carga, las tensiones producidas en las zonas de los apoyos, bifurcaciones, derivaciones, etc., no superan las admisibles.

III.5.3 Tubos de hormigón (HC/HT)

El dimensionamiento mecánico de los tubos de hormigón, independientemente de su tipología (armado o pretensado), se realizará conforme a lo especificado en la vigente *Instrucción del Instituto Eduardo Torroja para tubos de hormigón armado o pretensado (IET)*.

En los tubos de hormigón, en general, la hipótesis pésima de carga y la sollicitación condicionante, suelen corresponder a alguna de las combinaciones de acciones indicadas en los apartados siguientes.

III.5.3.1 Tubos enterrados

Las principales comprobaciones que, en general, deben hacerse en los tubos de hormigón instalados enterrados son las siguientes:

- Hipótesis I. Presión hidráulica interior positiva (estado tensional)
En la hipótesis de actuación única de la presión interna del agua, debe comprobarse que la MDP no excede la presión para la que esté diseñado el tubo.
- Hipótesis II. Acciones externas (estado tensional)
Los tubos se dimensionarán para que, en la situación pésima de carga de las acciones externas, no se rebasen los estados límites últimos ni de servicio, de acuerdo con lo indicado en la vigente EHE.
- Hipótesis III. Presión hidráulica interior positiva y acciones externas (estado tensional)
Al igual que en la hipótesis anterior, los tubos se dimensionarán para que, en la situación pésima de carga actuando de forma conjunta la presión hidráulica interior positiva y las acciones exteriores, no se rebasen los estados límites últimos ni de utilización, de acuerdo con lo indicado en la vigente EHE.

Además, cuando a juicio del proyectista, y como consecuencia de las condiciones de apoyo de los tubos, pudieran resultar sollicitaciones significativas de flexión longitudinal sobre los mismos, deberá comprobarse que no se rebasen los estados límites últimos ni los de servicio, de acuerdo con lo indicado en la vigente EHE y en la IET. Esta comprobación tiene mayor interés cuanto menor es el diámetro del tubo.

III.5.3.2 Tubos aéreos

Las principales comprobaciones que, en general, deben realizarse en los tubos de hormigón instalados entre apoyos son las siguientes:

- Hipótesis I. Presión hidráulica interior positiva (estado tensional)
La comprobación de los tubos aéreos sometidos a la sola acción de la presión hidráulica interior es como en el anterior caso de los tubos enterrados.
- Hipótesis II. Acciones gravitatorias (estado tensional y deformacional)
En general, para la situación pésima de carga de las acciones gravitatorias se comprobará que no se rebasen los estados límites últimos ni los de servicio, de acuerdo con lo indicado en la vigente EHE.
Debe también verificarse que la deformación que pueda producirse en los tubos instalados entre apoyos no supera la admisible, entendiéndose como tal la que hace que se alcancen las desviaciones tolerables por las uniones.

III.5.4 Tubos de acero (AC)

El dimensionamiento mecánico de los tubos de acero se realizará conforme a lo especificado en la *Guía técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión (CEDEX)* y en los puntos siguientes.

En cualquier caso, las conducciones singulares, por su gran diámetro, altas presiones o disposiciones especiales, requerirán cálculos adicionales no contemplados en el presente apartado, los cuales deben figurar en el proyecto de la tubería.

III.5.4.1 Tubos enterrados

Cuando las tuberías de acero se instalen alojadas en un dado de hormigón (ver apartado II.2.4.1), el diseño de este dado se deberá realizar calculándolo para que resista las cargas de tráfico y de tierras a que vaya a estar sometido conforme a lo especificado en la vigente Instrucción de Hormigón Estructural. En cualquier caso, el lado del dado deberá ser igual o superior al diámetro exterior del tubo más 40 cm (20 a cada lado).

En el cálculo mecánico de los tubos de acero enterrados la sollicitación condicionante suele corresponder a alguna de las tres hipótesis que se indican a continuación.

- Hipótesis I. Presión hidráulica interior positiva (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 igual al del tubo menos 2 mm, por la posible corrosión) produce un estado tensional inferior al admisible, supuesto el coeficiente de seguridad que se indica a continuación. Dicha comprobación debe hacerse verificando que la presión máxima de diseño (MDP) cumple la siguiente condición:

$$\text{MDP} \leq \text{PMA}$$

El valor de la presión máxima admisible (PMA) se puede calcular mediante la siguiente expresión (AWWA M11):

$$\text{PMA} = \frac{2 \cdot e}{\text{OD}} \cdot \sigma_{\text{adm}}$$

Siendo:

PMA	Presión máxima admisible (N/mm^2).
e	Espesor del acero de la pared del tubo reducido en 2 mm (mm).
OD	Diámetro exterior del tubo (mm).
σ_{adm}	Tensión a tracción admisible del acero (N/mm^2). En general se adoptará como tensión a tracción admisible del acero el 50% de su límite elástico mínimo ($1/2 \cdot L_{e,\text{min}}$), si bien otro posible criterio sería adoptar como valor de dicha tensión a tracción admisible el menor de los siguientes: 1/3 de la resistencia mínima a la tracción ($1/3 \cdot R_m$) ó 2/3 del límite elástico mínimo ($2/3 \cdot L_{e,\text{min}}$).

- Hipótesis II. Acciones externas (estado deformacional)

Cuando actúen únicamente las acciones exteriores al tubo (terreno, sobrecargas móviles o fijas y otras si existen), debe comprobarse que la deformación máxima debida a la flexión transversal no supera la admisible, que con carácter general se fija en el 5% del diámetro exterior.

La deformación máxima debida a la flexión transversal se suele calcular mediante la formulación de Spangler (1941), la cual, en su forma más general, adopta la expresión siguiente (AWWA M11):

$$d = D_1 \cdot \frac{K_a \cdot (W_e + W_t) \cdot r_m^3}{E \cdot I + 0,061 \cdot E' \cdot r_m^3}$$

Siendo:

d	Deformación horizontal producida en el tubo (m).
D_1	Coefficiente empírico de deformación diferida, que considera la reducción de volumen que a lo largo del tiempo va a tener el terreno de los laterales, tomándose como valor medio 1,2.
K_a	Constante de apoyo (0,1).
W_e y W_t	Cargas debidas al peso de las tierras y al tráfico respectivamente (kN/m).
r_m	Radio medio de la tubería (m).
E	Módulo de elasticidad del acero. Habitualmente, $E = 2,1 \cdot 10^8$ kN/m ² .
I	Momento de inercia de la pared del tubo (m ³), ($I = e^3/12$).
e	Espesor de la pared del tubo (m).
E'	Modulo de reacción del suelo (kN/m ²), (ver Tabla 49).

Respecto a las cargas debidas al peso de las tierras y al tráfico (W_e y W_t respectivamente), pueden seguirse las siguientes indicaciones:

a) Cargas debidas al peso de las tierras, W_e :

$$W_e = \gamma \cdot H \cdot OD$$

Siendo:

W_e	Cargas debidas al peso de las tierras (kN/m).
γ	Peso específico del relleno. Por defecto, puede tomarse 20 kN/m ³ .
H	Altura de tierras sobre la clave del tubo (m).
OD	Diámetro exterior del tubo (m).

b) Cargas debidas al tráfico, W_t :

El cálculo de las sobrecargas puntuales debidas al tráfico se realizará mediante la formulación genérica de Boussinesq.

En la *Instrucción del Instituto Eduardo Torroja para tubos de hormigón armado o pretensado (IET)* se incluye una simplificación de dicha formulación, suponiendo que los vehículos que transitan sobre una superficie producen una acción dinámica que se transmite a la tubería en forma de tronco de pirámide cuyas caras laterales forman un ángulo de 45° con la vertical.

A modo de resumen de dicha formulación simplificada, para tubos menores de dos metros de diámetro, altura de tierras sobre la clave del tubo superior a 1 m y una carga de triple eje con 60 t, el valor de las cargas puntuales debidas al tráfico, en t/m, son las siguientes:

$$\begin{aligned} OD > s & \quad W_t = 30 \cdot (OD + s) / (t \cdot l_e') \\ OD < s & \quad W_t = 60 \cdot OD / (t \cdot l_e') \end{aligned}$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 l_e &= 0,20 + 1,4 \cdot H + 1,05 \cdot OD \\
 t &= 1,4 \cdot H + 0,60 \\
 s &= 1,40 \cdot (H - 1,00) \\
 l_e' &= l_e + 3,0 \\
 H &\text{ Altura de tierras sobre la clave del tubo (m).} \\
 OD &\text{ Diámetro exterior del tubo (m).}
 \end{aligned}$$

- Hipótesis III. Presión hidráulica interior negativa y acciones externas (pandeo o colapso)

Ante la actuación conjunta de las cargas externas y de las posibles presiones internas negativas, debe comprobarse que el coeficiente de seguridad C frente al pandeo sea al menos de 2 (AWWA M11), lo cual puede comprobarse mediante la siguiente expresión:

$$C = \frac{P_{\text{crit}}}{q_e} \geq 2$$

Siendo:

P_{crit} Carga crítica de pandeo (N/mm²). Se recomienda calcularla mediante la expresión de Luscher:

$$P_{\text{crit}} = \sqrt{32 \cdot f_f \cdot B' \cdot E' \cdot \frac{E \cdot I}{D_m^3}}$$

E Módulo de elasticidad del material de la tubería (N/mm²).
 I Momento de inercia de la pared de la tubería (mm³), ($I = e^3/12$),
 D_m Diámetro medio del tubo (mm).
 E' Módulo de reacción del suelo (N/mm²).
 B' Coeficiente de origen empírico, de valor:

$$B' = \frac{1}{1 + 4 \cdot e^{(-0,213 \cdot H)}}$$

H Altura de tierras por encima de la clave del tubo (m).
 f_f Factor de flotación

$$f_f = 1 - 0,33 \cdot \frac{H_w}{H}$$

H_w Altura del nivel freático sobre la clave del tubo (m).

Adicionalmente a la expresión de Luscher, es recomendable utilizar también la fórmula de Levy, indicada a continuación, y tomar como valor de la carga crítica de pandeo el menor de los obtenidos con las dos expresiones.

$$P_{\text{crit}} = \frac{2 \cdot E}{1 - \nu^2} \left(\frac{e}{D_m} \right)^3$$

P_{crit} Carga crítica de pandeo (N/mm²).
 E Módulo de elasticidad del material de la tubería (N/mm²).
 ν Coeficiente de Poisson del material de la tubería (adimensional).
 e Espesor del tubo (mm).
 D_m Diámetro medio del tubo (mm).

q_e Acciones totales, en N/mm^2 . Se calculan mediante la expresión:

$$q_e = \gamma_w \cdot H_w + f_f \cdot \frac{W_e}{DN} + \frac{W_t}{DN} + P_v$$

γ_w Peso específico del agua (N/mm^3).

H_w Altura del nivel freático sobre el tubo (mm).

f_f Factor de flotación, de valor:

$$f_f = 1 - 0,33 \cdot \frac{H_w}{H}$$

H Altura de tierras sobre el tubo (mm).

W_e Cargas verticales totales debidas al peso de las tierras (N/mm).

W_t Cargas verticales totales debidas a las sobrecargas concentradas, fijas o móviles (N/mm), (en el caso de las móviles se considerará el correspondiente coeficiente de impacto).

DN Diámetro nominal del tubo (mm).

P_v Depresión interna debida a posibles golpes de ariete, succiones, etc., en N/mm^2 . Se supondrá igual a $0,1 N/mm^2$, correspondiente a la situación de vacío en el interior de la tubería.

C Coeficiente de seguridad, de valor mínimo 2 (AWWA M11).

III.5.4.2 Tubos aéreos

En el cálculo mecánico de los tubos de acero instalados entre apoyos la solicitación condicionante suele corresponder a alguna de las tres hipótesis siguientes:

- Hipótesis I. Presión hidráulica interior positiva (estado tensional)

La comprobación de los tubos aéreos sometidos a la sola acción de la presión hidráulica interior positiva se realizará de la misma forma que la indicada previamente para los tubos enterrados.

- Hipótesis II. Acciones gravitatorias (estado tensional y deformacional)

Para la hipótesis pésima de carga de las acciones gravitatorias debe comprobarse que la tensión y la deformación máxima no superan las admisibles. En defecto de otros condicionantes más restrictivos, como deformación admisible se adoptará el valor de $1/360$ de la luz entre apoyos.

- Hipótesis III. Presión hidráulica interior negativa (pandeo o colapso)

Ante la actuación exclusiva de presiones interiores negativas, debe comprobarse que el coeficiente de seguridad C frente al colapso por abolladura o pandeo sea al menos 2, lo cual se puede verificar mediante la expresión:

$$C = \frac{P_{crit}}{P_v} \geq 2$$

Siendo:

P_{crit} Carga crítica de pandeo (N/mm^2). Se puede calcular mediante la expresión de Levy:

$$P_{\text{crit}} = \frac{2 \cdot E}{1 - \nu^2} \left(\frac{e}{D_m} \right)^3$$

- E Módulo de elasticidad del material de la tubería (N/mm²).
 ν Coeficiente de Poisson del material de la tubería (adimensional).
 e Espesor del tubo (mm).
 D_m Diámetro medio del tubo (mm).

- P_v Depresión debida a posibles golpes de ariete, succiones, etc. (N/mm²). Se supondrá igual a 0,1 N/mm², correspondiente a la situación de vacío en el interior de la tubería.
 C Coeficiente de seguridad, de valor igual o superior a 2 (*US Army Corp of Engineers, 1970*).

Los espesores nominales normalizados en el apartado II.2.4.5 deben cumplir que la relación espesor/diámetro supere el valor del ocho por mil (8 ‰). De este modo se garantiza el cumplimiento de esta hipótesis con un coeficiente de seguridad C mínimo de 2.

Además de las comprobaciones anteriores, en los tubos instalados entre apoyos debe verificarse que, para la hipótesis pésima de carga, las tensiones producidas en las zonas de los apoyos, bifurcaciones, derivaciones, etc., no superan las admisibles.

III.5.5 Tubos de polietileno (PE) y policloruro de vinilo orientado molecularmente (PVC-O)

Se recomienda realizar el dimensionamiento mecánico de los tubos de PE y de PVC-O conforme a lo especificado por la norma UNE 53331 IN (método de la norma ATV 127).

En los tubos enterrados de PE y PVC-O la hipótesis pésima de carga y la sollicitación condicionante, suelen corresponder a alguna de las combinaciones de acciones indicadas a continuación.

- Hipótesis I. Presión hidráulica interior positiva (estado tensional)

En la hipótesis de actuación única de la presión interna, debe comprobarse que la presión de diseño (DP) y la presión máxima de diseño (MDP) cumplen las siguientes condiciones:

$$DP \leq PFA$$

$$MDP \leq PMA$$

- Hipótesis II. Presión hidráulica interior positiva y acciones externas (estado tensional y deformacional)

Debe comprobarse que, actuando conjuntamente ambas acciones, el coeficiente de seguridad C a largo plazo para los esfuerzos tangenciales a flexotracción en clave, riñones y base sea superior al valor admisible, conforme los valores indicados en la Tabla 50, y que la deformación producida sea inferior al 5% del diámetro del tubo (UNE 53331 IN).

Tabla 50. Esfuerzo tangencial a flexotracción admisible en tubos de PE (UNE 53331 IN) y de PVC-O

	Esfuerzo tangencial de diseño a flexotracción (N/mm ²)	
	PE	PVC - O
Corto plazo	30,0	90
Largo plazo	14,4	50

El coeficiente C adopta los valores de la Tabla 51 en función de la clase de seguridad definida en la norma UNE 53331 IN:

- Clase de seguridad A: Caso general (amenaza de capa freática; reducción de servicio o fallos con consecuencias económicas notables).
- Clase de seguridad B: Casos especiales (sin amenaza de capa freática; débil reducción de servicio o fallos con consecuencias económicas poco importantes).

Tabla 51. Coeficiente de seguridad C para esfuerzos tangenciales a flexotracción

	Coeficiente de seguridad C para esfuerzos tangenciales a flexotracción	
	PE	PVC - O
Clase de seguridad A	2,5	2,5
Clase de seguridad B	2,0	2,0

La determinación de estos esfuerzos tangenciales se realizará preferentemente mediante el método de la norma ATV 127 desarrollado en la UNE 53331 IN.

- Hipótesis III. Acciones externas (estado tensional y deformacional)

Debe comprobarse que, actuando únicamente las acciones externas (terreno, sobrecargas móviles o fijas, y otras si existen) el coeficiente de seguridad C a largo plazo para los esfuerzos tangenciales a flexotracción en clave, riñones y base sea superior al admisible, conforme a los valores indicados en la Tabla 51 y que la deformación producida sea inferior al 5% del DN.

Tanto la comprobación del estado tensional como la del deformacional suelen calcularse en estos tubos según la formulación desarrollada en UNE 53331 IN.

- Hipótesis IV. Presión hidráulica interior negativa y acciones externas (pandeo o colapsado)

Ante la actuación conjunta de las cargas externas y de las posibles presiones internas negativas, debe comprobarse que el coeficiente de seguridad C frente al pandeo alcance al menos los valores indicados en la Tabla 52, lo cual puede realizarse mediante la siguiente expresión

$$\frac{P_{\text{crit}}}{q_{\text{vt}}} \geq C$$

Siendo:

P_{crit}	Carga crítica de pandeo (N/mm ²)
q_{vt}	Acciones totales sobre el tubo (N/mm ²)
C	Coeficiente de seguridad (Tabla 52)

Tabla 52. Coeficiente de seguridad C frente al pandeo

	Coeficiente de seguridad C frente al pandeo	
	PE	PVC - O
Clase de seguridad A	2,5	2,5
Clase de seguridad B	2,0	2,0

La presión crítica en los tubos de PE puede calcularse mediante la expresión (UNE 53331 IN):

$$P_{\text{crit}} = 2\sqrt{S_t \cdot S_{\text{sh}}}$$

Siendo:

- P_{crit} Carga crítica de pandeo (N/mm²)
- S_t Rigidez circunferencial específica a largo plazo (N/mm²)
- S_{sh} Rigidez horizontal del relleno hasta la clave del tubo (N/mm²) (ver UNE 53331 IN, apartado 4.1.2)

En el caso de los tubos de PVC-O, dicha presión crítica se puede calcular según la fórmula (UNE-ISO 16422):

$$P_{\text{crit}} = \frac{24 \cdot S_{\text{calc}}}{1 - \nu^2}$$

Siendo:

- P_{crit} Carga crítica de pandeo (kPa)
- ν Coeficiente de Poisson ($\nu = 0,45$)
- S_{calc} Rigidez anular inicial calculada (kN/m²)

$$S_{\text{calc}} = \frac{E \cdot I}{(d_n - e_n)^3}$$

- E Módulo de Young ($E = 4 \cdot 10^6$ KN/m²)
- I Momento de inercia por unidad de longitud (mm³)

$$I = \frac{1}{12} \cdot e_n^3$$

- d_n Diámetro nominal (mm)
- e_n Espesor nominal (mm)

III.5.6 Tubos de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)

El método de cálculo recomendado, así como los valores de cálculo propuestos, para el dimensionamiento mecánico de los tubos de PRFV es, básicamente, el que figura en el manual AWWA M45.

III.5.6.1 Tubos enterrados

La hipótesis pésima de carga y la sollicitación condicionante en los tubos de PRFV enterrados suelen corresponder a alguna de las hipótesis indicadas a continuación.

- Hipótesis I. Presión hidráulica interior positiva (estado tensional)

En la hipótesis de actuación única de la presión interna del agua, debe comprobarse que la DP y la MDP cumplen las siguientes condiciones:

$$DP \leq PFA$$

$$MDP \leq PMA$$

Los valores de la presión de funcionamiento admisible (PFA) y de la presión máxima admisible (PMA) serán aportados por el suministrador de los tubos o, en su defecto, se determinarán según las siguientes expresiones (AWWA M45):

$$PFA = \frac{2 \cdot e \cdot E_H \cdot HDB}{D_m \cdot C}$$

$$PMA = 1,4 \cdot PFA$$

Siendo:

PFA, PMA	Presiones de funcionamiento admisible y máxima admisible (MPa)
e	Espesor estructural del tubo (mm)
E_H	Módulo de tracción circunferencial de la capa estructural (MPa)
HDB	Base de diseño hidrostático (mm/mm)
D_m	Diámetro medio del tubo (mm) ($D_m = OD - e$)
OD	Diámetro exterior del tubo (mm)
C	Coefficiente de seguridad ($C = 1,8$)

El valor de la HDB será aportado por el suministrador del tubo. Para cálculos orientativos se puede emplear 0,0065 como valor preliminar.

- Hipótesis II. Acciones externas (estado tensional y deformacional)

Debe comprobarse que, actuando únicamente las acciones externas, la deflexión vertical a largo plazo (δ) no excede su máximo valor permitido (δ_{perm}) ni su máximo valor admisible (δ_{adm}).

$$\delta < \text{mín} (\delta_{perm}, \delta_{adm})$$

El valor de la deflexión vertical a largo plazo producida en el tubo bajo la actuación de las acciones externas se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$\delta = 100 \cdot \frac{K_a \cdot (D_L \cdot W_e + W_t)}{0,149 \cdot SN + 0,061 \cdot E' \cdot S_s}$$

Siendo:

δ	Deflexión vertical a largo plazo (%)
K_a	Coefficiente de factor de apoyo (ver Tabla 47 y Figura 53)
D_L	Factor de retardo de la deflexión (a falta de datos más precisos, se puede tomar 1,5)
W_e y W_t	Cargas debidas al peso de las tierras y al tráfico respectivamente (N/m^2)
SN	Rigidez nominal del tubo (N/m^2)
E'	Modulo de reacción del suelo. Su valor se puede obtener del manual AWWA M45 en función del tipo de suelo y sus condiciones de

compactación. Simplificadamente se podrán adoptar los siguientes valores:

Terreno bien compactado	$E' = 5 \times 10^6 \text{ N/m}^2$
Terreno con compactación media	$E' = 2 \times 10^6 \text{ N/m}^2$
Terreno con mala compactación	$E' = 1 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

S_s Factor combinado de soporte del suelo (ver Tabla 53) en función de:

E_s	Módulo de elasticidad del suelo natural
b	Ancho de la zanja

Tabla 53. Factor combinado de soporte del suelo, S_s , en tubos de PRFV (AWWA M45)

E_s/E'	$b/DN = 2,0$	$b/DN = 2,5$	$b/DN = 3,0$	$b/DN = 4,0$	$b/DN = 5,0$
0,005	0,12	0,23	0,43	0,72	1,00
0,01	0,15	0,27	0,47	0,74	1,00
0,02	0,20	0,32	0,52	0,77	1,00
0,05	0,27	0,38	0,58	0,80	1,00
0,1	0,35	0,45	0,65	0,84	1,00
0,2	0,47	0,58	0,75	0,88	1,00
0,4	0,64	0,75	0,85	0,93	1,00
0,6	0,81	0,87	0,94	0,98	1,00
0,8	0,93	0,96	0,98	1,00	1,00
1,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,5	1,12	1,06	1,03	1,00	1,00
2,0	1,30	1,20	1,10	1,05	1,00
3,0	1,50	1,35	1,20	1,10	1,00
> 5,0	1,70	1,50	1,30	1,15	1,00

El valor de la máxima deflexión vertical permitida (δ_{perm}) establece un límite para garantizar las adecuadas condiciones del servicio. Este valor se fijará en el 5% del DN del tubo.

$$\delta_{perm} = 5\%$$

Por su parte, el valor de la máxima deflexión vertical admisible a largo plazo garantiza la integridad mecánica del tubo. Su valor se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$\delta_{adm} = 100 \cdot \frac{D_m \cdot S_b}{e \cdot D_f \cdot C}$$

Siendo:

δ_{adm}	Deflexión vertical admisible a largo plazo (%).
D_m	Diámetro medio del tubo (mm) ($D_m = OD - e$).
OD	Diámetro exterior del tubo (mm).
e	Espesor estructural del tubo (mm).
S_b	Alargamiento unitario por flexión anular a largo plazo (mm/mm).
D_f	Factor de forma. Su valor puede obtenerse del manual AWWA M45 en función de la rigidez del tubo, del material de relleno de la zanja y de su grado de compactación. Simplificadamente se podrán adoptar un valor medio de 5.
C	Coficiente de seguridad ($C = 1,5$).

El valor de S_b será aportado por el suministrador del tubo. Para cálculos orientativos se puede emplear 0,012 como valor preliminar.

- Hipótesis III. Presión hidráulica interior positiva y acciones externas (estado tensional)
Debe comprobarse que actuando conjuntamente las cargas externas y la presión interior no se excede el estado tensional límite. Para ello deberán cumplirse las dos condiciones siguientes (AWWA M45):

$$\frac{\varepsilon_{pr}}{\text{HDB}} \leq \frac{1 - \frac{\varepsilon_b \cdot r_c}{S_b}}{C_{pr}}$$

$$\frac{\varepsilon_b \cdot r_c}{S_b} \leq \frac{1 - \frac{\varepsilon_{pr}}{\text{HDB}}}{C_b}$$

Siendo:

ε_{pr} Alargamiento unitario (mm/mm) por tracción debido a la presión interior obtenido mediante la fórmula:

$$\varepsilon_{pr} = \frac{DP \cdot D_m}{2 \cdot e \cdot E}$$

ε_b Alargamiento unitario (mm/mm) por flexión cuando se alcanza la máxima deflexión vertical permitida, calculado según:

$$\varepsilon_b = D_f \cdot \frac{\delta_{perm}}{100} \cdot \frac{e}{D_m}$$

r_c Coeficiente de redondeo obtenido mediante la siguiente expresión:

$$r_c = 1 - \frac{DP}{3} \quad \text{válida para } DP \leq 3 \text{ MPa}$$

C_{pr} Coeficiente de seguridad de presión ($C_{pr} = 1,8$)

C_b Coeficiente de seguridad de flexión ($C_b = 1,5$)

DP Presión de diseño (MPa)

HDB, S_b , D_m , e , E , D_f y δ_{perm} Indicados en las hipótesis anteriores

- Hipótesis IV. Presión hidráulica interior negativa y acciones externas (pandeo o colapsado)

Ante la actuación conjunta de las cargas externas y de las posibles presiones internas negativas, debe comprobarse que el coeficiente de seguridad C frente al pandeo sea al menos 2,5, lo cual puede comprobarse mediante la siguiente expresión:

$$C = \frac{P_{crit}}{q_e} \geq 2,5$$

Siendo:

q_e Acciones totales (N/mm²). Se calcularán de la misma forma que para el caso de tubos de acero (hipótesis III del apartado III.5.4.1)

P_{crit} Carga crítica de pandeo (N/mm²). Se recomienda calcularla mediante la siguiente expresión:

$$P_{\text{crit}} = 0,0024 \cdot C_n \cdot (\varphi_S \cdot S_S \cdot E' \cdot k_v)^{2/3} \cdot R_h \cdot \frac{(E \cdot I)^{1/3}}{D_m}$$

C_n Factor de efectos no lineales ($C_n = 0,55$)

φ_S Factor de variabilidad de la rigidez del suelo compactado ($\varphi_S = 0,9$)

k_v Factor de corrección por coeficiente de Poisson (ν):

$$k_v = \frac{(1 + \nu) \cdot (1 - 2 \cdot \nu)}{(1 - \nu)}$$

En ausencia de datos específicos puede asumirse que $\nu = 0,3$, con lo que $k_v = 0,74$.

R_h Factor de profundidad de relleno:

$$R_h = \frac{11,4}{11 + \frac{D_m}{1000 \cdot h}}$$

h Altura de la superficie del terreno sobre la clave del tubo (m)

E Módulo de elasticidad del material del tubo (GPa)

I Momento de inercia por unidad de longitud (mm^3)

S_S , E' y D_m Indicados en las hipótesis anteriores

III.5.6.2 Tubos aéreos

La hipótesis pésima de carga y la sollicitación condicionante en los tubos de PRFV aéreos suelen corresponder a alguna de las hipótesis indicadas a continuación.

- Hipótesis I. Presión hidráulica interior positiva (estado tensional)

La comprobación de los tubos sometidos a la sola acción de la presión hidráulica interior se realizará de la misma forma que en el caso de tubos enterrados.

- Hipótesis II. Acciones gravitatorias (estado tensional y deformacional)

Para la hipótesis pésima de carga debe comprobarse que la tensión y la deformación máxima no superan las admisibles. En defecto de otros condicionantes más restrictivos, como deformación admisible se adoptará el valor de 1/500 de la luz entre apoyos.

- Hipótesis III. Presión hidráulica interior negativa (pandeo o colapsado)

Ante la actuación exclusiva de presiones interiores negativas, debe comprobarse que el coeficiente de seguridad C frente al colapso por abolladura o pandeo sea al menos de 2, lo cual se puede verificar mediante la expresión:

$$C = \frac{P_{\text{crit}}}{P_v} \geq 2$$

Siendo:

P_{crit} Carga crítica de pandeo (N/mm^2) calculada, por ejemplo, según la expresión de Levy teniendo en cuenta que se trata de un material anisótropo

P_v Depresión debida a posibles golpes de ariete, succiones, etc. (N/mm^2)

C Coeficiente de seguridad, de valor igual o superior a 2

Además de las anteriores hipótesis, también se deberán tener en cuenta los posibles efectos térmicos. Para ello se recomienda seguir lo indicado al respecto en el manual AWWA M45.

III.6 Cálculo de la protección catódica

III.6.1 Consideraciones generales

Tal como se especifica en el apartado II.2.4.7, para la protección contra la corrosión de las tuberías de acero se dispondrán sistemas de protección catódica complementariamente a la protección pasiva mediante revestimientos.

Para alcanzar la protección catódica se deben satisfacer las siguientes condiciones:

- Continuidad eléctrica.
- Aislamiento eléctrico.
- Recubrimiento externo.

La continuidad eléctrica longitudinal de una tubería de acero se conseguirá mediante uniones soldadas. Su aislamiento 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 se llevará a cabo instalando juntas dieléctricas con ciertas precauciones para evitar que la corriente de la protección catódica las cortocircuite por el interior a través del agua. Por su parte, el recubrimiento externo cumplirá con lo especificado para el mismo en el epígrafe II.2.4.7.

No es recomendable el empleo de protección catódica en tuberías de fundición dúctil por la discontinuidad eléctrica que presentan debido a las juntas elastoméricas. En caso de utilizarse dicha protección deben disponerse en las uniones sistemas como puentes, elementos mecánicos o, en general, accesorios que garanticen la continuidad eléctrica de la conducción.

No es habitual el empleo de protección catódica en tubos de hormigón armado con camisa de chapa porque el hormigón suele ser suficiente protección para el acero de la misma. Sin embargo en algunos casos, ante suelos considerados muy agresivos, la protección catódica se emplea como medida preventiva y en otros, si se comprueba que el acero no está pasivado por el hormigón, como medida correctiva. En tubos de hormigón pretensado deben tomarse precauciones especiales para evitar la fragilidad por hidrógeno.

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.

La corrosión de las tuberías es, generalmente, una consecuencia de la naturaleza del medio ambiente en que estén instaladas, del material de su fabricación, del régimen de funcionamiento a que se ven sometidas y de los medios de protección empleados.

En conducciones enterradas es conveniente efectuar un reconocimiento y estudio del trazado, que permita conocer la naturaleza del terreno y su potencial agresividad respecto de la tubería que se pretende instalar.

Como resultado de todos los parámetros descritos en el siguiente epígrafe, se puede determinar, en cada caso, la agresividad potencial del suelo frente a los fenómenos de corrosión a efectos de establecer el tipo de tubería más adecuada en cada proyecto.

Las condiciones naturales del suelo y por tanto su potencial agresividad, pueden variar a lo largo del tiempo debido a procesos de contaminación tanto físico-químicos como eléctricos.

Por ello, es necesario que las conducciones eléctricamente continuas se diseñen e instalen con los dispositivos adecuados para que en cualquier momento de su vida útil pueda aplicarse un sistema de protección catódica.

III.6.2 Estudio de la naturaleza del terreno

Deberá estudiarse la agresividad del terreno por el que se prevé que discurrirá la tubería.

En base al Manual de Corrosión y Protección de Tuberías de AEAS, 2001, los factores del suelo que tienen una incidencia más directa sobre la corrosión son los siguientes:

III.6.2.1 Porosidad

La porosidad de un suelo es la relación existente entre el volumen relativo de los espacios vacíos y el volumen aparente total de una masa de tierra dada.

$$\text{Porosidad} = (VA - VR) / VA$$

Siendo:

VA Volumen aparente
VR Volumen real

Se ha encontrado una corrosión máxima cuando la relación entre la humedad y la porosidad es del orden de 0,5.

III.6.2.2 Humedad

En general, los suelos húmedos y conductores son más agresivos que los secos y resistivos. La humedad también está muy relacionada con la disponibilidad de iones, ya que estos se pueden difundir más fácilmente y disminuir considerablemente la resistividad del suelo.

III.6.2.3 Resistividad

La resistividad depende, en parte, de la temperatura; se puede decir que la resistividad del terreno aumentará, a medida que la temperatura disminuya.

Tabla 54. Agresividad del suelo en función de la resistividad

Resistividad ($\Omega \cdot \text{cm}$)	Agresividad
< 1.000	Altamente corrosivos
1.000 - 2.000	Severamente corrosivos
2.000 - 10.000	Moderadamente corrosivos
> 10.000	Muy poco corrosivos (condicionado)

III.6.2.4 pH

Un suelo está formado por la disgregación de rocas y, según su origen, así será también el suelo. El grado de división de un suelo es lo que da lugar a arenas, limos y arcillas. Estos suelos, sin embargo, pueden tener otros componentes, como materia orgánica, abonos químicos, contaminación industrial o doméstica, etc., con lo cual las características iniciales pueden variar enormemente.

En un suelo muy ácido se puede dar un fuerte ataque corrosivo en buen número de metales. Sin embargo, un grado elevado de acidez no suele darse normalmente en suelos, salvo terrenos pantanosos y suelos de gran proporción de materia orgánica.

Tabla 55. Agresividad del suelo en función del pH

pH	Agresividad
< 5	Muy agresivo
5,0 - 6,0	Agresivo
> 6	No agresivo (condicionado)

III.6.2.5 Potencial de oxidación-reducción (redox)

La medida de potencial redox sirve para poder predecir el riesgo de corrosión por bacterias anaerobias que puede sufrir una estructura enterrada, pero no para dictaminar sobre otros tipos de corrosión. En términos generales, cualquier suelo cuyo contenido en sulfatos no sea despreciable, con un potencial redox de + 200 mV o inferior, está, probablemente, iniciando su transformación en anaerobio y debe considerarse sospechoso (corrosión por bacterias).

Tabla 56. Riesgo de corrosión anaerobia en función del potencial redox

Potencial redox (mV)	Riesgo de corrosión anaerobia
< 100	Severo
110 - 200	Moderado
200 - 400	Ligero
> 400	Nulo

III.6.2.6 Contenido en sales

El contenido salino incide directamente en la resistividad, haciendo el suelo progresivamente más conductor y, por tanto, favoreciendo el funcionamiento de las pilas de corrosión.

Los aniones cloruro y sulfato tienen una incidencia muy importante en la corrosión. Los cloruros, a partir de concentraciones muy pequeñas, pueden romper la pasividad de los metales debido a su gran poder de penetración y los sulfatos son imprescindibles para que tenga lugar la corrosión bioquímica por bacterias reductoras de sulfato.

III.6.3 Sistemas de protección catódica

La protección catódica de una tubería consiste en su polarización negativa respecto al medio donde se encuentra mediante una corriente externa. Los sistemas de aplicación para la protección catódica pueden ser algunos de los dos siguientes (ver Figura 54):

- Por ánodos de sacrificio. En este caso, 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.
- Por fuentes de corriente impresa. En este caso, la corriente es enviada a la tubería a través del terreno, normalmente desde un solo lugar (estación de protección catódica), utilizando una fuente de energía (rectificador) y siendo únicamente necesario conectar este punto a la tubería. La estación de protección catódica está constituida por un rectificador, un lecho anódico o dispersor de la corriente y un electrodo de referencia para controlar el funcionamiento del rectificador (que podrá ser manual o regulado).

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.

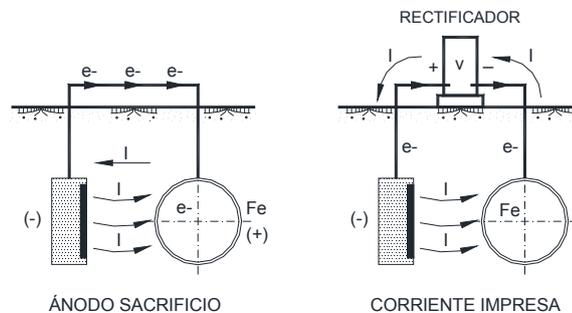


Figura 54. Sistemas de protección catódica

La normativa básica de aplicación en el diseño y mantenimiento del sistema de protección catódica adoptado será, además de lo especificado en el vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, las normas europeas enumeradas a continuación: UNE-EN 12501, UNE-EN 50122-2, UNE-EN 50162, UNE-EN12954, UNE-EN 13509, UNE-CEN/TS 15280 IN, UNE-EN 14505 y PNE-EN ISO 12696.

III.6.4 Criterios de diseño

Con carácter general, el sistema de protección catódica se diseñará para alcanzar un nivel de polarización en los tubos de acero de -850 mV relativo al electrodo de referencia de cobre-sulfato de cobre Cu/SO₄Cu. En el caso de terrenos anaeróbicos con riesgo de presencia de bacterias sulforreductoras, este valor será de -950 mV. En suelos arenosos de muy alta resistividad pueden aceptarse valores negativos del orden de -750 mV. Todos los potenciales citados están libres de caída óhmica I·R.

La intensidad de corriente necesaria a suministrar por el sistema de protección catódica para alcanzar el anterior nivel de polarización en el caso genérico se calculará mediante la siguiente expresión:

$$I = \frac{A_t \cdot D_c}{1.000}$$

Siendo:

- I Intensidad de corriente necesaria a suministrar (A).
- A_t Área exterior de la tubería a proteger (m^2).
- D_c Densidad de corriente precisa (mA/m^2), (ver Tabla 57).

La densidad de corriente necesaria para proteger la tubería vendrá condicionada principalmente por la calidad del revestimiento y la resistividad del suelo. En la Tabla 57 se indican unos valores orientativos. En el caso del revestimiento a base de pintura epoxi este valor puede variar significativamente en función de sus características específicas. En cuanto a la resistividad del suelo, ésta se encuentra íntimamente relacionada con el resto de los factores especificados en el epígrafe III.6.2 relativo al estudio de la naturaleza del terreno, que deberá llevarse a cabo para obtener unos datos más precisos.

Tabla 57. Valores orientativos para la densidad de corriente precisa, D_c en mA/m^2

Resistividad del suelo ($\Omega \cdot cm$)	Densidad de corriente precisa D_c (mA/m^2)	
	Revestimiento Polietileno o Poliuretano	Revestimiento Epoxi
> 10.000	0,1	0,1
1.000 a 10.000	0,1	0,4
< 1.000	0,1	1

Según el manual de corrosión y protección de tuberías de AEAS, para la elección del método de protección se evaluarán, de manera general, los siguientes factores:

- Resistividad del terreno.
- Longitud de la conducción.
- Revestimiento de la conducción.
- Trazado.
- Existencia de corrientes vagabundas.

Hasta 10.000 $\Omega \cdot cm$ pueden aplicarse ambos métodos para pequeñas tuberías. Como criterio orientativo, se recomienda realizar la elección del sistema más adecuado a cada caso concreto conforme a lo indicado en la Figura 55, en función de la intensidad de corriente necesaria a suministrar y de la resistividad del suelo.

A partir del citado valor de 10.000 $\Omega \cdot cm$ es preferible la corriente impresa, ya que en caso contrario se necesitarían muchos ánodos de sacrificio para proporcionar la corriente requerida.

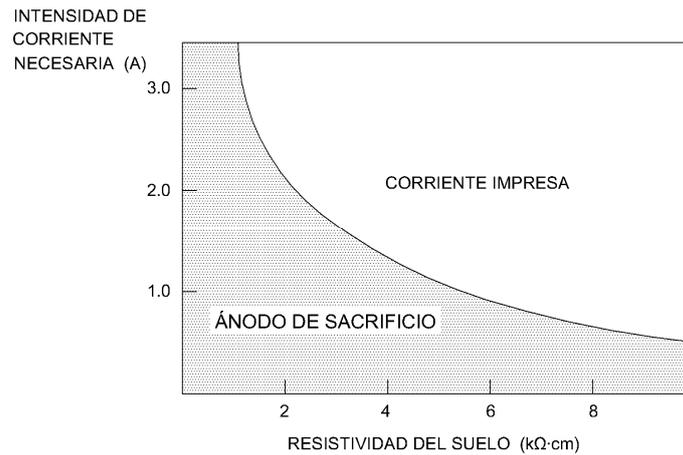


Figura 55. Criterio para la selección del sistema de protección catódica (Baeckmann y Schwenk)

Además de los criterios generales indicados anteriormente, será necesario tener en cuenta otros aspectos que también pueden influir en la elección de uno u otro sistema. Entre ellos se encuentran los siguientes:

- Como norma general, los ánodos de sacrificio no son adecuados para su utilización en áreas con interferencia de corriente continua y/o interferencias permanentes de corriente alterna.
- Para aplicar el sistema de corriente impresa es importante observar, además de otras consideraciones detalladas en el epígrafe III.6.4.2, que en el trazado existan lugares adecuados para la ubicación de los rectificadores y posibilidades de un suministro eléctrico.

III.6.4.1 Protección mediante ánodos de sacrificio

En el caso de que la protección catódica se realice mediante el sistema de ánodos de sacrificio, la masa anódica necesaria se calculará mediante la expresión:

$$W = I \cdot D_R \cdot D_L$$

Siendo:

- W Peso total de la masa anódica requerida (kg).
- D_R Consumo del ánodo (kg/A·año).
- D_L Vida de diseño del sistema (años).

Como ánodos de sacrificio para tuberías enterradas podrán emplearse aleaciones de cinc o magnesio en función de que la resistividad del terreno sea inferior a 1.000 $\Omega \cdot \text{cm}$ o superior, respectivamente.

Los ánodos de cinc son adecuados para suelos de baja resistividad porque su potencial es suficientemente electronegativo para aportar la corriente necesaria (-1,1 V respecto al electrodo de referencia de Cu/CuSO₄), mientras que para resistividades mayores no es capaz de polarizar suficientemente la estructura, aumentando mucho la alcalinidad y acortando, al mismo tiempo, la vida de los ánodos. Por su parte, el potencial del magnesio es muy electronegativo (entre -1,3 y -1,7 V) y en suelos de baja resistividad provoca una excesiva salida de corriente y, por lo tanto, un consumo demasiado rápido de los ánodos, siendo recomendable para terrenos de resistividad elevada.

De manera orientativa, pueden utilizarse los valores indicados en la Tabla 58 para el consumo de los ánodos más frecuentemente utilizados.

Tabla 58. Consumo anual aproximado de los ánodos más frecuentemente utilizados

Ánodo	Consumo (kg/A·año)
Magnesio	8
Cinc	11

El número de ánodos requeridos N y su espaciamiento S , vendrán dados por las siguientes expresiones:

$$N = \frac{W}{W_A} \quad S = \frac{L}{N}$$

Siendo:

- N Número de ánodos requeridos.
- W_A Peso de cada ánodo (kg).
- S Espaciamiento (m).
- L Longitud de la tubería a proteger (m).

La separación o espaciamiento entre ánodos para unas mismas condiciones de terreno debe ser uniforme a lo largo de toda la longitud de la conducción.

En general, se recomienda que los ánodos de sacrificio se instalen rodeados con una mezcla activadora formada por una combinación de bentonita, yesos y sales de manera que aumenta la superficie de contacto con el terreno, se mantiene un cierto grado de humedad alrededor del ánodo y se evita la pasivación del mismo con el paso del tiempo.

III.6.4.2 Protección mediante corriente impresa

En sistemas de protección catódica por corriente impresa, la estación de protección catódica deberá suministrar la intensidad de corriente necesaria.

Tal y como se especifica en la norma UNE-EN 12954, el emplazamiento de las instalaciones de corriente impresa se debería seleccionar teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Disponibilidad de suministro eléctrico de baja tensión.
- Nivel de corriente de protección necesario.
- La menor resistividad del suelo en el área del lecho de ánodos.
- Mínimo impacto en terceras partes interesadas.
- Buenos accesos a las instalaciones.
- Distancia entre el lecho de ánodos y las instalaciones ajenas suficiente para minimizar interferencias y mayor, en todo caso, a 40 metros.
- Distancia suficiente entre el lecho de ánodos y la estructura a ser protegida.
- Áreas peligrosas.

Se deberían tomar medidas de precaución con el fin de protegerse frente al contacto accidental con los componentes que están bajo tensión cuando están en servicio y para la protección frente a contactos con altas tensiones (por encima de 50 V) que pueden persistir en el caso de un fallo eléctrico.

Teniendo en cuenta la disponibilidad de suministro eléctrico y la intensidad de corriente necesaria para la protección de la conducción, se ajustará la distancia entre lechos anódicos.

El voltaje de salida del rectificador vendrá dado por:

$$V = I \cdot R + V_R$$

Siendo:

- V Voltaje de salida de los rectificadores (V).
- I Intensidad de corriente necesaria a suministrar (A).
- R Resistencia del lecho de ánodos (Ω).
- V_R Caída de tensión a través de los cables (V).

La resistencia de un lecho de ánodos depende de la resistividad del terreno, de las dimensiones y de la forma de los ánodos del lecho.

Un ánodo enterrado verticalmente en un terreno de resistividad conocida, rodeado de una columna de relleno de dimensiones determinadas, tiene una resistencia dada por la fórmula:

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \text{Ln} \frac{4 \cdot L}{a \cdot e}$$

Siendo:

- ρ Resistividad del terreno ($\Omega \cdot \text{cm}$).
- L Longitud de la columna de relleno (cm).
- a Radio de la columna de relleno (cm).
- e Número de Euler.

Si se dispone de varios ánodos enterrados verticalmente y paralelos entre sí a una cierta distancia, la resistividad será:

$$R = \frac{\rho}{\pi \cdot n} \cdot \left[\frac{1}{2 \cdot L} \cdot \text{Ln} \frac{4 \cdot L}{a \cdot e} + \frac{1}{s} \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{n} \right) \right]$$

Siendo:

- n Número de ánodos.
- s Distancia entre ánodos (cm).

Cuando se trate de un lecho horizontal de ánodos con relleno continuo, la resistencia total del lecho se podrá calcular por la fórmula:

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\text{Ln} \frac{4 \cdot L}{D} + \text{Ln} \frac{L}{h} - 2 + \frac{2 \cdot h}{L} \right)$$

Siendo:

- L Longitud total de ánodo (cm).
- D Diámetro (cm).
- h Profundidad al centro del lecho (cm).

III.6.5 Vigilancia del sistema de protección catódica

Con el fin de medir el potencial de polarización de la tubería y comprobar la efectividad del sistema de protección catódica, a lo largo de la tubería, deberán instalarse puestos de toma de potencial en puntos tales como:

- Cruces con estructuras metálicas.
- Juntas aislantes.
- Cruces con puentes, carreteras, canales de agua, etc.
- Zonas de corrientes vagabundas.

En cualquier caso, estos puestos no estarán separados en general más de 3 km y en zonas muy urbanizadas más de 1 km y estarán formados por un cable conectado a la tubería enterrada y con el otro extremo accesible situado en el interior de una arqueta (podrán utilizarse los registros destinados al alojamiento de los elementos de maniobra y control).

Para la medida de los potenciales anteriores debe seguirse lo establecido en la norma UNE-EN 13509.

Una vez puesto en funcionamiento el sistema de protección catódica adoptado debe realizarse su mantenimiento durante la vida útil del mismo. En general, las operaciones a realizar son las siguientes:

- Comprobación anual de la eficacia del sistema adoptado.
- Comprobación bimestral de las fuentes de corriente impresa. Esta operación podrá realizarse, por ejemplo, a través de la medida de la intensidad de salida, por el consumo normal de energía, por los valores de potenciales de la tubería, etc.
- Inspección anual de los sistemas de protección de las instalaciones de corriente impresa (conexiones de puesta a tierra de seguridad, precisión de los aparatos de medida, rendimiento y resistencia del circuito, etc.).
- Inspección bimestral de los interruptores-inversores de corriente, diodos, puentes de conexión y demás dispositivos de protección.
- Reemplazo periódico de los ánodos que se vayan desgastando y reparación de las averías eléctricas en el sistema.

III.6.6 Protección contra corriente continua (corrientes vagabundas)

Se conocen como corrientes vagabundas a aquellas circulaciones de corrientes no deseadas a lo largo de una tubería enterrada que se producen por un sistema de corriente continua cercana (como los ferrocarriles electrificados tradicionales, tranvías o metros) y que pueden producir severos ataques por corrosión. La intensidad de esta corriente es, con frecuencia, variable y depende esencialmente de la naturaleza y funcionamiento de las fuentes que las emite. Otra posible fuente de corrientes vagabundas son los equipos de protección catódica por corriente impresa de otras tuberías cercanas (como los gasoductos).

Para la evaluación del riesgo debido a este tipo de influencias y la determinación de posibles sistemas de mitigación y control se recomienda seguir lo especificado en las normas UNE-EN 50162 y UNE-EN 50122-2.

El incremento máximo positivo de potencial en una tubería a partir del cual existe riesgo de corrosión según la norma UNE-EN 50162 es el indicado en la Tabla 59.

Tabla 59. Variación máxima positiva de potencial sin riesgo de corrosión (UNE-EN 50162)

Resistividad del suelo, ρ ($\Omega \cdot m$)	Variación máxima positiva de potencial (mV)
≥ 200	300
15-200	$1,5 \cdot \rho$ ($\Omega \cdot m$)
< 15	20

La tubería se alejará de la fuente de corrientes vagabundas lo suficiente para que no se superen los valores citados. Si esto no es posible y la resistividad del suelo no hace necesaria la aplicación de protección catódica, para drenar dichas corrientes se recomienda utilizar equipos de “drenaje polarizado” o unidireccionales. En el caso del ferrocarril consisten en establecer una conexión entre la tubería y el carril electrificado de la vía 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. Estos equipos de drenaje polarizado incluyen un rectificador en la conexión unidireccional entre la tubería y la vía del ferrocarril electrificada.

III.6.7 Protección contra corriente alterna

Las influencias más importantes en la corrosión por corriente alterna son las líneas eléctricas de alta tensión y las nuevas líneas ferroviarias de alta velocidad.

Para la evaluación del riesgo de corrosión por corriente alterna se recomienda seguir lo especificado en la norma UNE-CEN/TS 15280 IN.

La probabilidad de corrosión puede ser despreciable si la densidad de corriente alterna referida a 1 cm^2 de superficie no recubierta (por ejemplo, un electrodo probeta) es inferior a 30 A/m^2 y el potencial de la estructura con respecto al electrolito alcanza los criterios de protección catódica.

La tensión alterna entre la tubería y tierra no deberá superar el valor de 10 V ó 4 V en suelos con resistividades superiores o inferiores a $2.500 \Omega \cdot \text{cm}$, respectivamente.

Se prestará especial atención a alejar, en la medida de lo posible, las conducciones metálicas de las líneas eléctricas aéreas de tensión superior a 15 kV. Para ello deberán realizarse los cálculos necesarios para la evaluación de las tensiones producidas en las tuberías por conducción y por inducción.

La tensión sobre la tubería frente a cada apoyo de la línea de alta tensión originada por conducción no deberá superar la máxima admisible por el revestimiento. Ésta puede determinarse mediante el método descrito en la norma UNE-EN 13509.

La tensión en la tubería (V_λ) se puede calcular a partir de la expresión:

$$V_\lambda = \frac{V_p}{R_p} \cdot \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot X} \cdot K$$

Siendo:

- V_p Tensión nominal de la línea $/\sqrt{3}$.
- ρ Resistividad del terreno.
- R_p Resistencia a tierra del apoyo (Máximo admitido por las compañías eléctricas: 20Ω).
- X Distancia tubería - apoyo.

- K Coeficiente:
- K= 0,7 Con cable guarda.
- K= 1,3 Con línea alimentada por ambos extremos.

Por su parte, la tensión inducida sobre la tubería no podrá superar lo aceptado para la seguridad de las personas según el Reglamento Electrotécnico para baja tensión, 24 V en ambientes húmedos y 50 V en ambientes secos.

Para su cálculo deberá recurrirse a diagramas específicos determinándose tanto la influencia momentánea como la prolongada.

Cuando la tensión alterna, tanto por conducción como por inducción, sea excesiva se pueden mitigar los riesgos asociados mediante:

- Aumento de la separación entre la tubería enterrada y la fuente.
- Instalación de sistemas de puesta a tierra en las que se intercala un equipo que permite la descarga de alterna pero no el paso de continua.
- Instalación de juntas aislantes.
- Reparación de defectos del revestimiento y otras medidas complementarias.

III.7 Anclaje de conducciones a presión

III.7.1 Generalidades

III.7.1.1 Empujes

En muchas situaciones, en las redes de abastecimiento de agua a presión aparecen fuerzas no equilibradas tanto de origen hidrostático como hidrodinámico, haciendo necesaria la disposición de sistemas de anclaje que impidan la separación de las juntas.

La presencia de estas fuerzas no equilibradas se traduce en empujes sobre los componentes afectados, tanto en conducciones aéreas como enterradas. La magnitud de los empujes de origen hidrodinámico es, generalmente, muy inferior a los valores derivados de las presiones hidrostáticas, por lo que suelen ser ignorados en el diseño de los anclajes.

La presión hidrostática, como su nombre indica, es debida al peso del fluido en reposo en la tubería. Las componentes radiales de dicha presión se contrarrestan a través de la tensión circunferencial de la pared de la tubería, mientras que las componentes axiales actuando en un plano perpendicular a la conducción, se equilibran por la misma fuerza actuando en el lado contrario del plano (ver Figura 56).

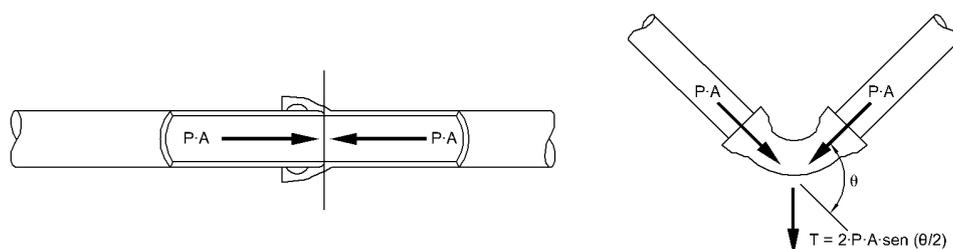


Figura 56. Equilibrio de fuerzas internas. Empuje en un codo

Sin embargo, en el caso, por ejemplo, de un codo, las componentes axiales a cada lado del elemento no se equilibran, dando lugar al vector suma resultante, T , denominado normalmente empuje (ver Figura 56).

La necesidad de estos sistemas de anclaje se plantea fundamentalmente en aquellas situaciones en las que se produce un cambio de dirección o de sección de la conducción. En estos puntos, los empujes pueden ocasionar el desplazamiento de las tuberías, comprometiendo de este modo la funcionalidad de la red y causando daños estructurales en dicho sistema y en su entorno. 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 (enterradas o alojadas).
- Extremos finales.
- Tramos de pendientes elevadas.

El valor del empuje resultante para varios de los casos anteriores se determina en las figuras siguientes.

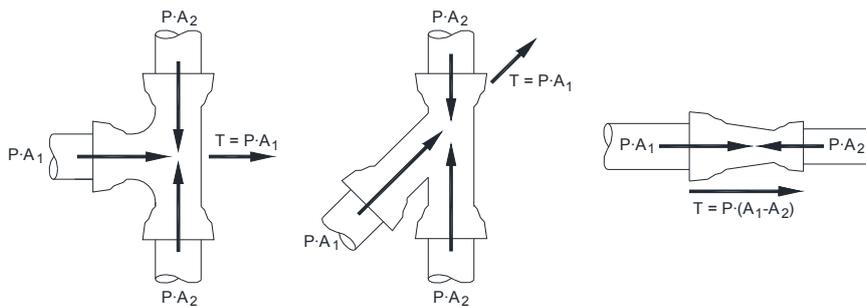


Figura 57. Derivaciones en T e Y, y Conos de reducción

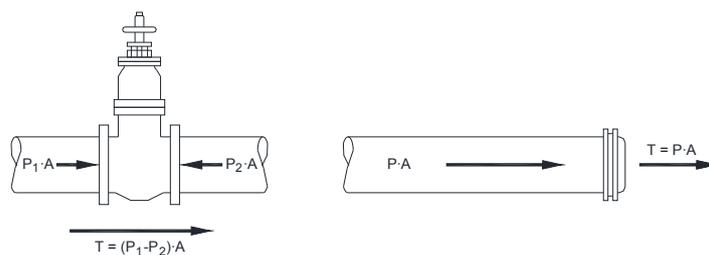


Figura 58. Válvula cerrada y extremo final de tubería

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 (ver Figura 59) favorece el deslizamiento de la misma, circunstancia que aumenta en función del ángulo de inclinación de dicha pendiente.

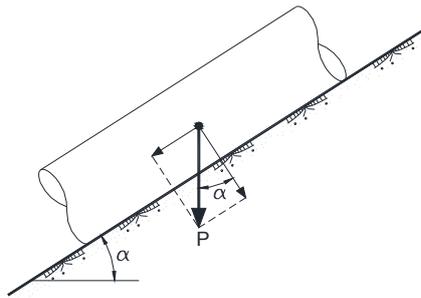


Figura 59. Tubería en pendiente

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.

El anclaje de las instalaciones en pendiente puede realizarse de dos maneras diferentes:

- Anclaje de tubo a tubo. Consiste en disponer un anclaje detrás del enchufe de cada tubo, siendo la unión entre tubos mediante juntas automáticas o mecánicas sin acerrojar. Esta configuración debe permitir la posible absorción de dilataciones térmicas que puedan producirse.
- Anclaje de todo el tramo en pendiente a partir de tuberías cuyas uniones son acerrojadas, se procede a:
 - Anclar el tramo mediante un macizo de anclaje en el punto más alto (ver Figura 60). En caso de que la longitud máxima del tramo a anclar fuera superior a la admisible por la longitud de acerrojamiento, deberán realizarse varios tramos independientes, anclando cada uno de ellos en su cabecera mediante macizo de anclaje.
 - Garantizar la actuación de una longitud de acerrojado, L , mínima en un tramo horizontal superior de la conducción (ver Figura 61). En este caso, la tracción existente es resistida por rozamiento.

La actuación consiste en “colgar” la totalidad del tramo en pendiente por medio de un macizo de anclaje o a través del tramo complementario.

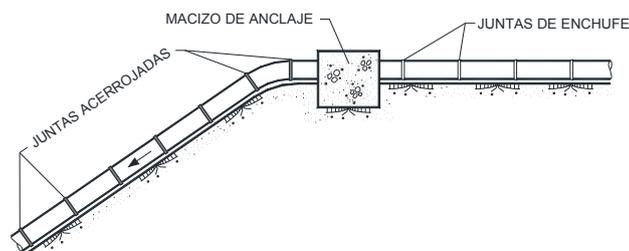


Figura 60. Anclaje de tubería en pendiente mediante macizo de anclaje

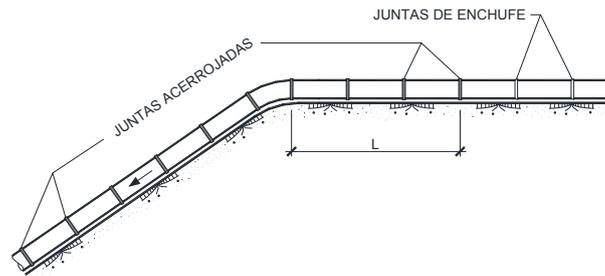


Figura 61. Anclaje de tubería en pendiente mediante la actuación de una longitud L de acerrojado

Por tanto, como posibles soluciones al anclaje de tuberías en pendiente se proponen macizos de anclaje de hormigón armado como el representado esquemáticamente (ver Figura 62), el empleo de uniones acerrojadas, o la combinación de ambas.

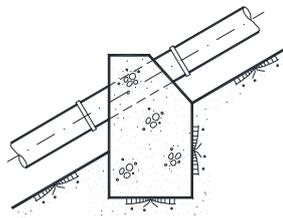


Figura 62. Macizo de anclaje en tubería en pendiente

III.7.1.2 Sistemas de anclaje

En el caso de tuberías aéreas, los empujes suelen ser resistidos por los propios soportes diseñados para elevar la conducción, elementos que, en este caso, se emplearían con la doble función de apoyo y macizo de anclaje.

Para las tuberías enterradas, se van a considerar dos tipologías en cuanto a los sistemas de anclaje habitualmente empleados:

- Macizos de anclaje.
- Uniones autotrabadas o acerrojadas.

III.7.1.2.1 Macizos de anclaje

Se trata de grandes macizos de hormigón cuyo peso "P" inclina el empuje "T" hacia el terreno (Figura 63a). Se calculan las dimensiones necesarias del dado para:

- Situar la reacción "R" (resultante de "T" y "P") dentro de la superficie del macizo (comprobación al vuelco) (ver Figura 63b).
- Comprobar que el ángulo " φ " de la reacción (resultante de "T" y "P") es mayor que el ángulo de rozamiento entre el macizo y el terreno (comprobación de deslizamiento) (ver Figura 63c).
- Comprobar que el suelo es capaz de desarrollar la reacción "R" (resultante de "T" y "P") sin romper (comprobación de tensiones en el terreno) (ver Figura 63d).

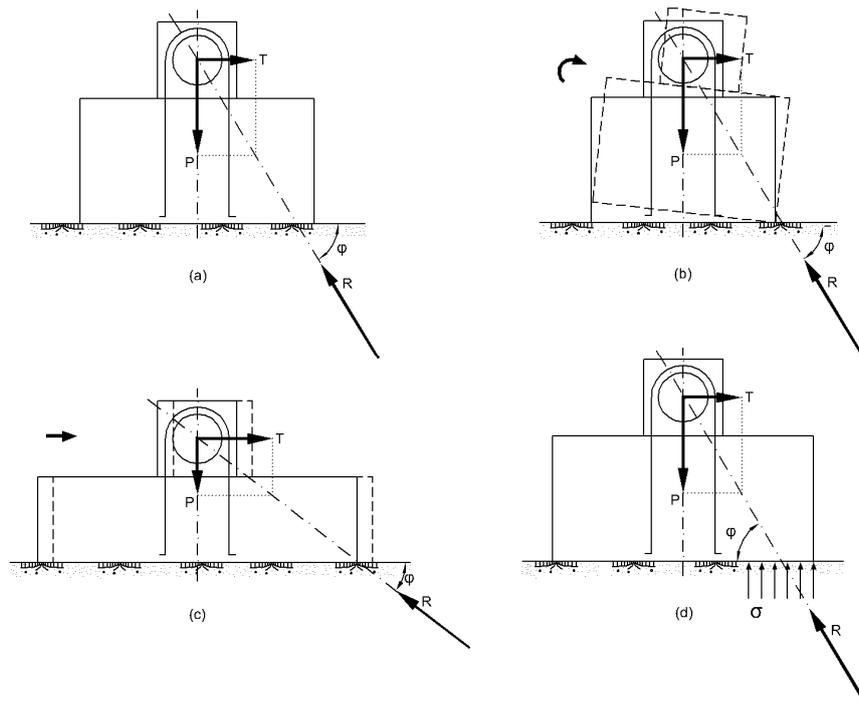


Figura 63. Macizo de anclaje

III.7.1.2.2 Uniones autotrabadas o acerrojadas

Los empujes “T” en uniones autotrabadas o acerrojadas (ver Figura 64) se compensan a través de las propias tuberías sin necesidad de otra acción exterior. Es necesario comprobar que tanto las paredes de las tuberías como, especialmente, las uniones resisten estos empujes.

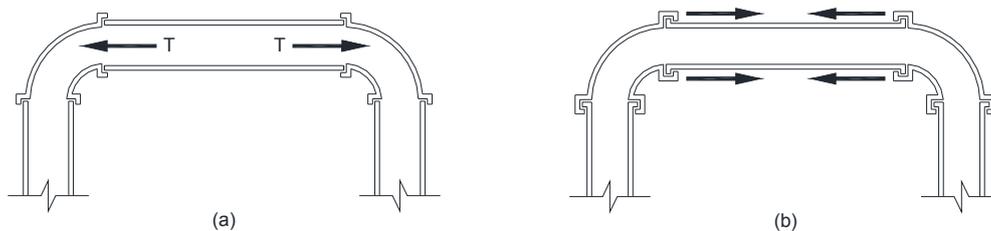


Figura 64. Uniones autotrabadas o acerrojadas

Estas uniones se caracterizan por su capacidad para resistir tracciones longitudinales. Se trata de un sistema cuyas aplicaciones más usuales son las siguientes:

- Como alternativa a los macizos de anclaje, especialmente cuando existen condicionantes de espacio (por ejemplo en zonas urbanas), en terrenos poco estables o para agilizar la instalación de la tubería.
- En caso de pendientes elevadas.
- Situaciones especiales. Paso bajo ríos en los que la tubería apoya directamente sobre el fondo del cauce y se pueden producir movimientos de dicho fondo, o cuando la tubería se monta fuera de su ubicación definitiva y una vez conectada se traslada, etc.

Estas uniones ofrecen, por lo tanto, una alternativa a la hora de resistir los empujes que consiste, en definitiva, en valorar la resistencia máxima que por efecto del rozamiento es

capaz de oponer el terreno por metro lineal de tubería, considerando que a cada lado del vértice (o punto de actuación del empuje) esos esfuerzos disminuyen linealmente hasta cero, en unas longitudes suficientes para equilibrar las componentes del empuje.

De este modo, el sistema requiere la colaboración de una longitud variable de la tubería a cada lado de la junta, para evitar así que se produzca una concentración de tensiones elevada en las paredes de la tubería o provocar la separación de los tramos unidos por dichas juntas. Esta magnitud dependerá del valor del empuje que debe ser equilibrado, del sistema comercial empleado y de las condiciones del entorno, puesto que dicho empuje se transmitiría al terreno gracias a la suma de los siguientes fenómenos de interacción:

- Fuerza de rozamiento (movilizada sobre y bajo la conducción en dirección opuesta al empuje).
- Adherencia del terreno (movilizada en el perímetro de la tubería en dirección longitudinal a su eje).
- Resistencia pasiva del terreno (movilizada transversalmente a la conducción).

El cálculo de uniones acerrojadas requerirá de un estudio específico de dicha solución en función de los factores indicados anteriormente.

III.7.2 Dimensionamiento de macizos de anclaje

A continuación se relacionan los criterios adoptados para el diseño de elementos horizontales, codos verticales y armado de macizos y dados de anclaje, así como los principales aspectos de los resultados presentados en los Anexos 1 y 2 de estas Normas.

III.7.2.1 Elementos horizontales

III.7.2.1.1 Geometría del macizo

Se considera que el diseño más práctico y eficaz para los macizos de anclaje es de forma paralelepípedica.

El dimensionamiento se realiza a partir de macizos de base cuadrada, $L=2 \cdot H$, siendo H la altura del mismo, (ver Figura 66).

Se exceptúan de lo anterior los macizos de anclaje de alojamientos (cámaras y registros), en los que las dimensiones de los mismos excedan de las dimensiones obtenidas por cálculo estructural, debido a la suma de las longitudes de los elementos que alojan.

III.7.2.1.2 Tipología del anclaje

En cuanto a los elementos de anclaje de la tubería al macizo, se contemplan tres posibilidades (ver Figura 65):

- Caso (a): mediante dado de hormigón armado que aloja el elemento a anclar, cuyas armaduras (bien horquillas de acero o bien armadura convencional) abrazan al mismo.
- Caso (b): mediante dado excéntrico de hormigón armado. En este caso habrá que colocar un elemento de sujeción entre el elemento a anclar y el dado de anclaje, como pueden ser unas horquillas de acero.

- Caso (c): empuje en la dirección longitudinal de la conducción, mediante dado de hormigón armado, que alojará un pasamuros con brida de anclaje, cuyas armaduras abrazan al mismo.

La elección de una de estas posibilidades dependerá de su posibilidad o facilidad de ejecución, que será función de diversas circunstancias como el tipo de elemento a anclar, diámetro del mismo, etc. En caso de ejecutarse dado excéntrico se deberán colocar igualmente horquillas de sujeción del elemento, ante la posibilidad de que se produzcan empujes verticales.

La ejecución de estos elementos, debe realizarse de forma que las uniones queden al descubierto.

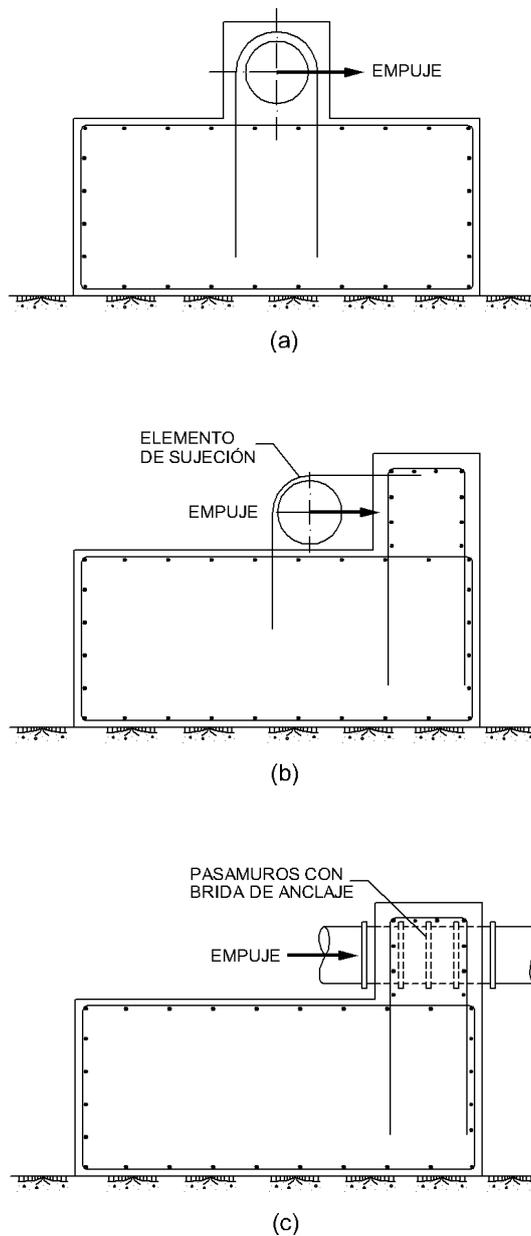


Figura 65. Anclajes: Elemento alojado (a), dado excéntrico (b) y dado con pasamuros alojado (c)

Los dados de hormigón a los que se anclará la conducción, tendrán forma de paralelepípedo recto de altura s y base $d \times p$ (ver Figura 66), siendo sus dimensiones mínimas en metros las siguientes:

$$s \geq 0,30 + DN + 0,15$$

$$p \geq \max[(DN + 0,10); (0,40)]$$

$$d \geq \frac{L}{2} = H$$

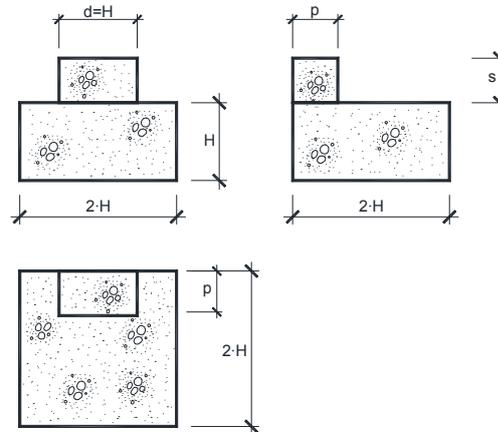


Figura 66. Caso de dado excéntrico

Estas dimensiones de los dados deberán ser compatibles con las necesarias para alojar la totalidad de las armaduras.

El empuje actúa a una distancia h de la cara superior del macizo.

$$h = \frac{DN}{2} + 0,30 \text{ (m)}$$

El valor de h adoptado permite una holgura (0,30 m) suficiente para facilitar la maniobra de los tornillos en el supuesto de uniones embridadas.

De este modo, las dimensiones mínimas de los dados de hormigón armado en función del diámetro de la conducción, serán las siguientes:

Tabla 60. Dimensiones mínimas del dado

ID (mm)	h (m)	p (m)	s (m)
80	0,34	0,40	0,55
100	0,35	0,40	0,55
125	0,36	0,40	0,60
150	0,38	0,40	0,60
200	0,40	0,40	0,65
250	0,43	0,40	0,70
300	0,45	0,40	0,75
350	0,48	0,45	0,80
400	0,50	0,50	0,85
500	0,55	0,60	0,95
600	0,60	0,70	1,05
700	0,65	0,80	1,15
800	0,70	0,90	1,25
900	0,75	1,00	1,35
1.000	0,80	1,10	1,45

III.7.2.1.3 Empujes de cálculo

Siendo P_{cal} el valor de la presión de cálculo, que deberá cumplir con lo indicado en el apartado III.7.2.4, el empuje hidráulico para los distintos componentes se obtiene aplicando las siguientes fórmulas:

- Codo:

$$E = P_{cal} \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot 2 \cdot \text{sen}\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

Siendo:

- ID Diámetro interior de la conducción
- θ Ángulo de la desviación

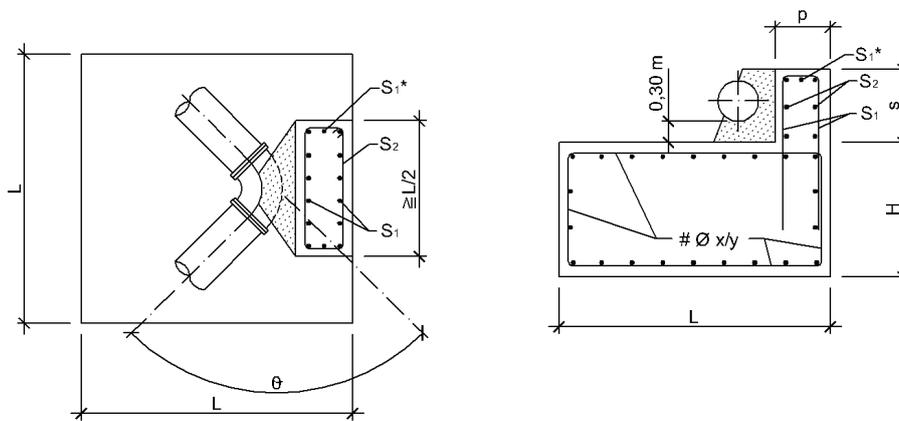


Figura 67. Codo horizontal

- Derivación:

$$E = P_{cal} \cdot \frac{\pi \cdot IDD^2}{4}$$

Siendo:

- IDD Diámetro interior de la derivación

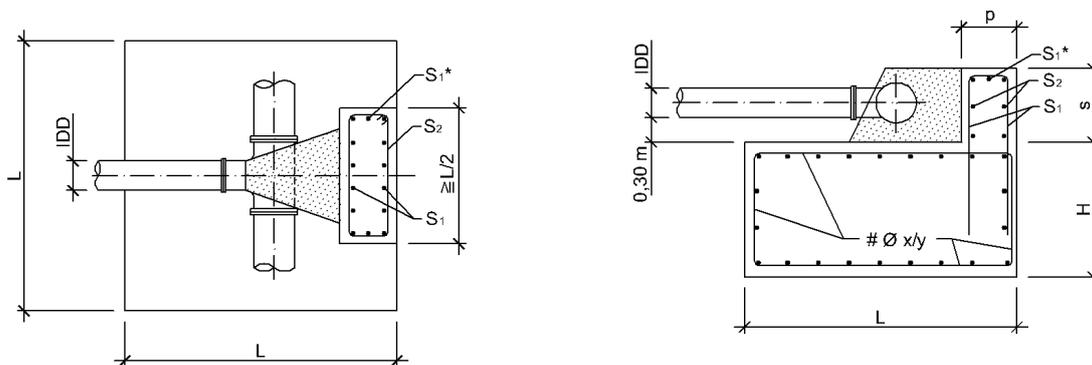


Figura 68. Derivación, T

- Cono de Reducción:

$$E = P_{cal} \cdot \frac{\pi \cdot (ID_1^2 - ID_2^2)}{4}$$

Siendo:

- ID₁ Diámetro mayor de la reducción
- ID₂ Diámetro menor de la reducción

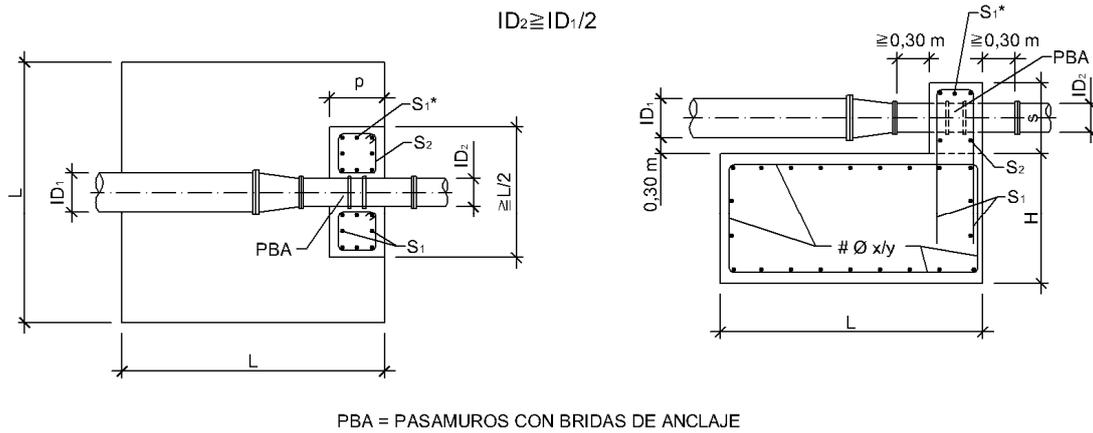


Figura 69. Cono de reducción

- Válvula:

$$E = P_{cal} \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4}$$

Siendo:

- ID Diámetro interior de la conducción

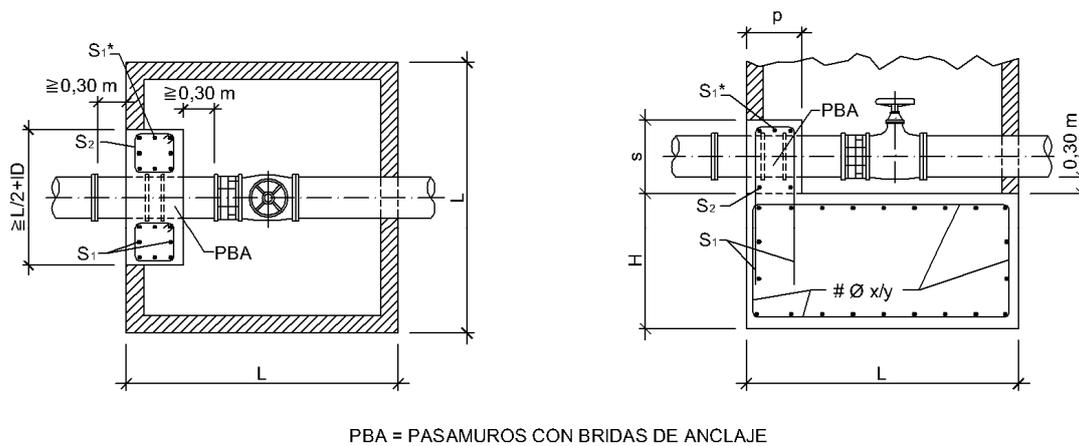


Figura 70. Válvula

III.7.2.1.4 Hipótesis de cálculo

El procedimiento de cálculo utilizado consiste en realizar un predimensionamiento del macizo imponiendo unos coeficientes de seguridad frente a deslizamiento y vuelco determinados, y comprobando después que las tensiones transmitidas al terreno son admisibles. En este sentido, las hipótesis de cálculo adoptadas son las siguientes:

- El valor del coeficiente de seguridad considerado en las comprobaciones realizadas frente a deslizamiento es 1,5, conforme a las prescripciones del Código Técnico de la Edificación. Seguridad Estructural. Cimientos (CTE-SE-C).
- El valor del coeficiente de seguridad considerado en las comprobaciones realizadas frente a vuelco es 1,8, conforme a las prescripciones del Código Técnico de la Edificación CTE-SE-C.
- Características de los materiales empleados en el diseño (EHE):
 - Peso específico del hormigón = 2.300 kg/m^3
 - Peso específico del acero = 7.850 kg/m^3
 - Límite elástico del acero: $f_y \geq 400 \text{ N/mm}^2$
 - Resistencia del hormigón: $f_c \geq 25 \text{ N/mm}^2$
 - Coeficientes parciales de seguridad de los materiales (ELU):
 - Hormigón: $\gamma_c = 1,5$
 - Acero: $\gamma_s = 1,15$
- Características del terreno. Se consideran los siguientes valores unificados del terreno:
 - Peso específico del terreno: $\gamma = 1.800 \text{ kg/m}^3$
 - Ángulo de rozamiento interno: $\Phi = 30^\circ$
 - Tensión admisible del terreno σ no inferior a 10 t/m^2
- La conducción se encuentra enterrada de tal forma que sobre la generatriz superior de la tubería se dispone, al menos, un espesor de tierras de 1 m debidamente compactadas. El macizo de anclaje se dispondrá por debajo del componente a anclar, excavando el fondo de la zanja de la conducción y hormigonando contra el terreno siempre que lo permitan las condiciones geotécnicas del mismo. En caso contrario, se procederá al encofrado del macizo de anclaje y posterior relleno con suelo seleccionado (artículo 330 del PG-3) compactado al 95% Próctor.
- Esta hipótesis implica el cumplimiento de las siguientes cuestiones:
 - Antes de proceder a excavar la cobertura de tierras existente sobre un macizo de anclaje habrá que proceder al vaciado de dicho tramo de tubería.
 - Antes de proceder a la realización de las pruebas de carga de la tubería habrá que ejecutar el relleno debidamente compactado (al menos de 1 m) sobre los macizos de anclaje.

En el caso de alojamientos (registros y cámaras), no se considera la existencia de rellenos.

- Se considera una cierta colaboración del terreno en la pared lateral delantera del macizo en la dirección del empuje. El valor límite de esta colaboración sería el correspondiente al empuje pasivo del terreno, cuya total movilización provocaría unos movimientos que podrían ser incompatibles con el juego axial permisible por las juntas. Por ello, se adopta el criterio conservador de considerar el coeficiente de empuje activo K_A , en lugar del de empuje pasivo K_p o en reposo K_o (que conceptualmente sería más correcto). El valor del coeficiente de empuje activo K_A definido en el Código Técnico de la Edificación CTE-SE-C es el siguiente (ver Figura 71):

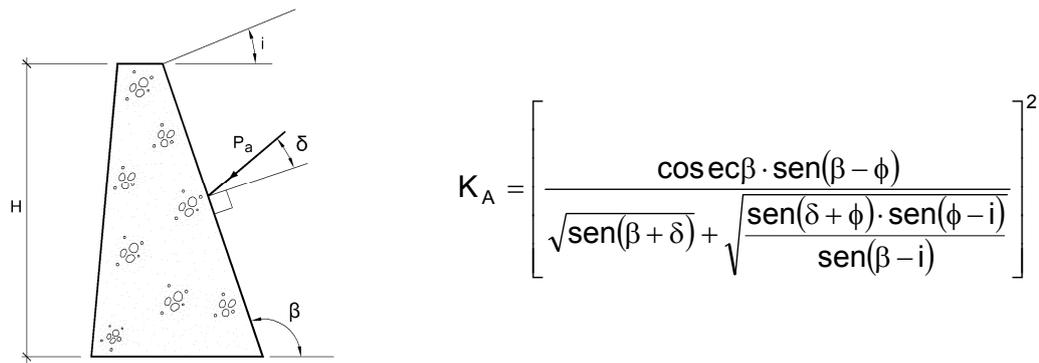


Figura 71. Esquema empuje activo

- i y β Ángulos definidos en la figura anterior
 δ Ángulo de rozamiento entre la cara lateral del macizo y el terreno
 ϕ Ángulo de rozamiento interno del terreno o relleno del trasdós

En los cálculos realizados se ha considerado $i=0^\circ$, $\beta=90^\circ$ y simplificadaamente $\delta=0^\circ$.

De este modo la resultante del empuje activo, EA, es una fuerza horizontal cuya posición depende de la profundidad de excavación, de las dimensiones del macizo y del peso específico, γ , del terreno.

- No se considera la influencia negativa del terreno en la pared lateral trasera del macizo en la dirección del empuje. El valor de esta influencia negativa se compensa con el empleo, del lado de la seguridad, del coeficiente de empuje activo, en lugar del de empuje pasivo o empuje en reposo (que conceptualmente sería más correcto).
- No se consideran determinadas colaboraciones del terreno, como la cohesión o los rozamientos de las superficies perimetrales del macizo.
- La fuerza de rozamiento generada como oposición al movimiento en la base del macizo (ver Figura 72) se define como:

$$F_{roz} = \mu \cdot (G + T)$$

Siendo:

- | | | |
|-------|---|---|
| μ | Coeficiente de rozamiento | $\mu = \tan \phi$ |
| G | Peso del macizo | $G = 2,3 \cdot \text{Volumen del macizo}$ |
| T | Peso del relleno que gravita sobre el macizo (simplificadaamente) | $T = \gamma \cdot h_T \cdot L \cdot L$ |
| h_T | Altura de tierras sobre el macizo | |

En el caso de alojamientos (registros y cámaras), no se considera la existencia de rellenos, por lo que $T = 0$.

- No se considera el peso propio del dado de hormigón en el dimensionamiento.
- No se considera la posible colaboración de la tipología de unión entre componentes en la compensación de esfuerzos.
- El esquema general de las fuerzas actuando en el macizo, y la formulación básica de partida es la siguiente:

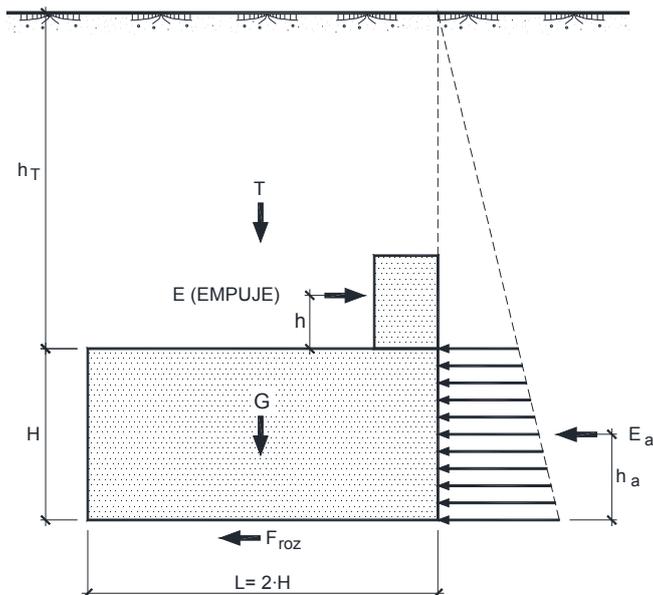


Figura 72. Esquema de fuerzas

Coefficiente seguridad frente al deslizamiento:

$$C_s = \frac{F_{\text{estabilizadoras}}}{F_{\text{desestabilizadoras}}} \geq 1,50$$

Coefficiente seguridad frente al vuelco:

$$C_v = \frac{M_{\text{estabilizadores}}}{M_{\text{desestabilizadores}}} \geq 1,80$$

- Una vez dimensionado el macizo de acuerdo con el apartado anterior y garantizado su comportamiento frente a deslizamiento y vuelco, se comprobará que el terreno admite las presiones resultantes. Es decir, se calcularán las tensiones transmitidas comprobándose que en ningún caso superan las admisibles por el terreno.

En los cálculos realizados, cuyos resultados se muestran en el Anexo 1, se ha considerado que la tensión admisible del terreno no es inferior a 10 t/m^2 .

De acuerdo con el Código Técnico de la Edificación CTE-SE-C, para realizar esta nueva comprobación, se calculará el área equivalente de la base del macizo como $L_1^* \times L_2^*$, siendo:

$$L_1^* = L - 2e$$

$$L_2^* = L$$

Siendo:

- L Lado del macizo de anclaje
- e Excentricidad en la dirección del empuje

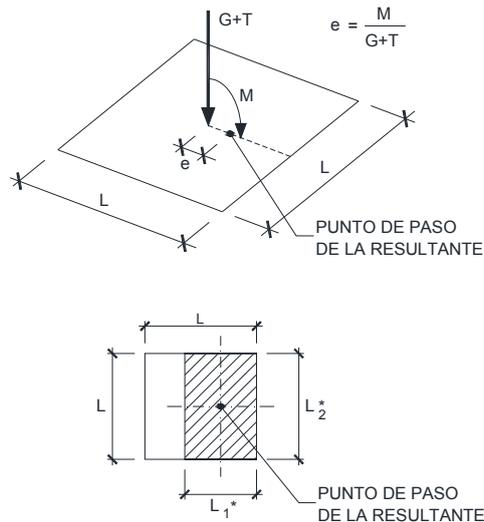


Figura 73. Tensión admisible del terreno

La tensión final se obtendrá descontando al resultado obtenido de la aplicación del criterio del CTE, la presión del terreno desalojado durante su excavación, $\sigma_{ex} = \gamma \cdot (h_T + H)$, es decir:

$$\sigma = \frac{(G + T)}{L_1^* \cdot L_2^*} - \gamma \cdot (h_T + H) \leq 10t/m^2$$

En aquellos casos puntuales en los que se han obtenido valores superiores a dicha tensión admisible, se ha procedido a aumentar proporcionalmente la superficie cuadrada de la base del macizo, manteniendo el canto inicialmente calculado.

En el caso de alojamientos (registros y cámaras), no se considera el descuento de la presión del terreno desalojado durante su excavación.

- Para el caso de alojamientos (registros y cámaras), las dimensiones del macizo obtenidas mediante cálculo tienen que ser compatibles con las obtenidas en función de las longitudes de los elementos incluidos en dichos alojamientos.

En el caso que las dimensiones necesarias para alojar los elementos sean mayores que las obtenidas por cálculo, se ha recalculado la altura H del macizo manteniendo el volumen de hormigón, cumpliendo la hipótesis de deslizamiento y comprobando vuelco y tensión admisible del terreno. Se han mantenido las dimensiones del dado de anclaje. Estos casos son los reflejados en las tablas de los planos incluidos en el Anexo 2. Planos de alojamientos (Registros y cámaras).

Se considera que las distintas piezas y elementos que se encuentran en el interior de los alojamientos van embridados, por lo que soportan las tracciones originadas por los empujes y no precisan anclaje.

En el Anexo 1. Dimensiones y armado de los macizos de anclaje se incluyen tablas de alojamientos considerando únicamente el cálculo estructural, es decir, sin tener en cuenta los elementos que alojan.

- Serán objeto de estudio detallado las hipótesis siguientes:
 - Tuberías de diámetro superior a 1.000 mm.
 - Presiones hidráulicas superiores a 2,5 MPa.
 - Empujes cuyo valor supere las 100 t.

- Situaciones en las que existan 2 o más tuberías en paralelo.
- Cuando en el terreno exista presencia de agua o se esté por debajo del nivel freático, habrá que considerar el cambio de parámetros del terreno, las subpresiones...
- Situaciones en las que existan otro tipo de sobrecargas.

En estos casos se analizarán las soluciones más adecuadas en función de las condiciones particulares del terreno, zanja, tipo de unión o cualquier otra distinta a las consideradas y desarrolladas en los párrafos anteriores.

III.7.2.1.5 Recomendaciones de diseño

Las recomendaciones de diseño que deberán tenerse en cuenta son las siguientes:

- Para determinar los parámetros del terreno, se recomienda partir de un estudio geotécnico de la zona particular. En ausencia de este estudio, el proyectista podría emplear alguna tabla genérica de caracterización del terreno, asumiendo la responsabilidad que dicha suposición conlleva.

El valor de cálculo de la resistencia del terreno o presión admisible (R_d), según se define en el Código Técnico de la Edificación CTE-SE-C, se obtendrá aplicando la expresión:

$$R_d = \frac{R_K}{\gamma_R}$$

Siendo:

R_K Valor característico de la presión de hundimiento
 γ_R Coeficiente parcial de resistencia, de valor 3

En cuanto a la presión de hundimiento que debe ser considerada, en el Código Técnico de la Edificación CTE-SE-C se incluyen los métodos analíticos que pueden emplearse para su cálculo.

- Como criterio de diseño es aconsejable evitar codos de ángulo elevado, y sustituirlos en la medida de lo posible por codos de ángulos inferiores, es decir, proyectar, por ejemplo, dos codos de 22°30' debidamente distanciados, en lugar de un codo de 45°. De este modo serán necesarios macizos de anclaje de tamaño más reducido y más sencillos de ejecutar.
- Se recomienda anclar las conducciones cuyo trazado longitudinal presente pendientes superiores al 20%, siguiendo las indicaciones desarrolladas en los apartados III.7.1.1 y III.7.1.2.
- En aquellos casos en los que las hipótesis de partida no fueran las contempladas en este documento, se podrán estudiar distintas alternativas para cada caso particular:
 - La consideración del empuje pasivo de la pared lateral del macizo.
 - El empleo de tacones que permitan contar con la colaboración de una profundidad mayor del terreno. Esta práctica requiere una ejecución más compleja.
 - Uniones autotrabadas o acerojadas.
 - Otras alternativas, siempre y cuando se encuentren debidamente justificadas.

III.7.2.2 Codos verticales

Cuando el trazado de la tubería presente una trayectoria descendente, se deberá diseñar un elemento de hormigón cuyo peso garantice el anclaje, según el esquema resistente representado en la Figura 74:

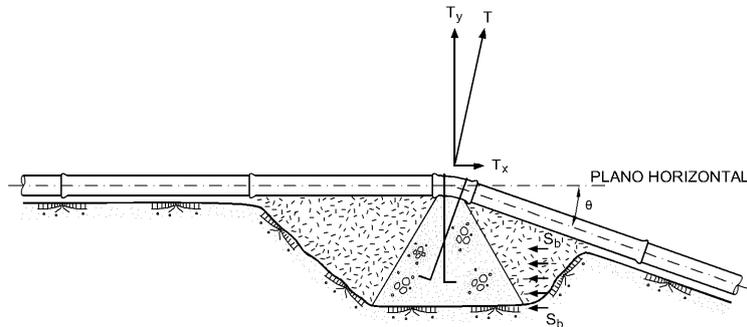


Figura 74. Macizo de anclaje, codo vertical

El volumen mínimo de hormigón requerido será tal que, sumado al peso del relleno dispuesto sobre el macizo (con espesor de al menos 1 m sobre la generatriz de la tubería, y debidamente compactado), equilibre la componente vertical del empuje, T_y , con un coeficiente de seguridad de valor no inferior a 1,5. La componente horizontal del empuje, T_x , se equilibraría mediante la fuerza de rozamiento movilizado en la base del macizo y la colaboración del empuje lateral del terreno. Una vez obtenido el volumen mínimo de hormigón se comprobarán los mismos condicionantes que en el resto de los anclajes, es decir: deslizamiento, vuelco y tensiones del terreno. Debe disponerse una armadura de anclaje de cuantía suficiente para transmitir el empuje generado en el codo al macizo.

Para los macizos de anclaje así diseñados, se exige un volumen de hormigón V_g , tal que:

$$V_g = S_f \cdot \frac{T_y}{\rho_c}$$

Siendo:

T_y	Componente vertical del empuje
S_f	Coefficiente de seguridad de valor 1,5
ρ_c	Densidad del hormigón

La geometría y el diseño de estos elementos se realizará de acuerdo con las bases de cálculo descritas en el apartado III.7.2.1.4 (estabilidad frente al deslizamiento, vuelco, y transmisión de tensiones al terreno), y admite numerosas soluciones. Es recomendable rellenar la excavación realizada con el propio hormigón.

En el caso de codos verticales ascendentes, el problema de diseño consistiría realmente en proyectar una zapata de cimentación que sea capaz de transmitir eficazmente al terreno los empujes generados.

III.7.2.3 Armado

La armadura de anclaje en el macizo se proyectará conforme a las prescripciones de la EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructural, y del "318-11: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary" (ACI 318-11), del American Concrete Institute (ACI), siguiendo los esquemas propuestos en la Figura 75:

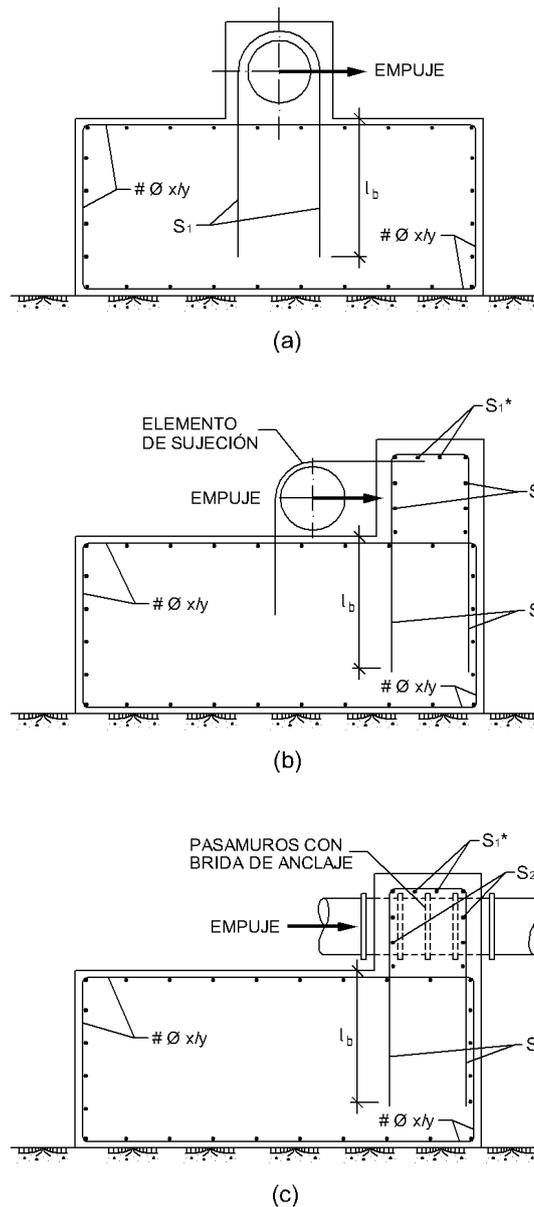


Figura 75. Armado de macizos

Las prescripciones a tener en cuenta de estos documentos son las siguientes:

- Se emplearán recubrimientos mínimos de 70 mm, tal y como corresponde a piezas hormigonadas contra el terreno. Aunque se disponga un hormigón de limpieza, tanto las paredes laterales como la cara superior del macizo quedarán en contacto directo con el terreno (EHE-08. Art. 37.2.4).
- Se recomienda emplear armaduras de diámetro mínimo 12 mm (EHE-08. Art. 58.8.2).
- Tanto la longitud de anclaje, l_b , de las armadura S_1 y S_1^* como, en caso de ser necesario, la longitud de solapo entre la armadura de espera del macizo y la armadura vertical del dado, S_1 , deben ajustarse a las prescripciones dadas en el artículo 69.5.
- La armadura horizontal, S_2 , y vertical S_1 , del dado deben cumplir las cuantías geométricas mínimas respecto a la sección total del hormigón establecidas en el artículo 42.3.5. de la EHE-08. Las armaduras calculadas, S_1 y S_2 , corresponden a cada una de las caras de la sección.

- Cuantía mínima armadura horizontal S_2 : 2,0 ‰
- Cuantía mínima armadura vertical S_1 : 1,2 ‰
- Todas la armaduras cumplirán tanto separaciones mínimas como máximas indicadas en la EHE-08:
 - Distancia libre mínima (artículo 69.4.1.1):
 - Distancia libre ≥ 20 mm.
 - Distancia libre \geq diámetro de la barra mayor.
 - Distancia libre $\geq 1,25$ veces el tamaño máximo del árido.
 - Separación máxima entre barras (artículo 42.3.1): $s \leq 30$ cm.

En caso de que no se cumpla la separación máxima entre barras, será necesario añadir una armadura suplementaria S_1^* (en cada cara), tal como se indica en la Figura 75.

- En caso de dado con elemento o pasamuros alojado, hay que tener especial cuidado en que no queden zonas de hormigón sin armar.
- En el caso c, conducción que atraviesa el dado, se considerará un número par de redondos para la armadura S_1 , por simetría a ambos lados del tubo.
- El procedimiento de cálculo seguido para determinar la armadura S_1 dispuesta, consiste en garantizar que la sección que conecta el dado con el macizo resiste tanto el cortante (resistido por corte-fricción) como el momento flector, introducidos por el empuje. En ningún caso este armado será inferior al que prescribe la EHE-08 por cuantías mínimas (artículo 42.3.5).

El estado de corte-fricción, tal y como se recoge en el “Proyecto y Cálculo de Estructuras de Hormigón. En masa, armado y pretensado” de J. Calavera, es en definitiva un Estado Límite Último no considerado explícitamente por la EHE, y que consiste en comprobar que la transferencia de esfuerzos se realiza directamente por cortante a través de una superficie potencial de fisuración o una junta entre dos hormigones. Este estado de cortante por fricción se explica con detalle en el “318-11: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary” (ACI 318-11), del American Concrete Institute (ACI).

Al experimentar un corrimiento paralelo a la superficie mencionada de las partes A y B, Figura 76, las crestas de la superficie rugosa montan unas sobre otras tensando la armadura de cosido A_{st} . Esta armadura A_{st} se refiere a cada una de las filas de armaduras perpendiculares a la dirección del empuje, tal como se indica en la Figura 76.

La componente $A_{st} \cdot f_{yd} \cdot \mu \cdot \text{sen}(\alpha)$ es la resistencia del refuerzo por cortante y la $A_{st} \cdot f_{yd} \cdot \text{cos}(\alpha)$ es la resistencia por tracción, esta última en el caso de que el ángulo α y el sentido del cortante sean los indicados en la Figura 76.

Por tanto, la tensión tangencial en la superficie de la fractura, τ_d , según el diagrama de fuerzas indicado en la Figura 76, puede calcularse de la siguiente forma:

$$V_u = \tau_d \cdot p \cdot d \leq V_n = A_{st} \cdot f_{yd} \cdot [\mu \cdot \text{sen}(\alpha) + \text{cos}(\alpha)]$$

De este modo, el esfuerzo cortante quedaría:

$$\tau_d = \frac{A_{st} \cdot f_{yd}}{p \cdot d} [\mu \cdot \text{sen}(\alpha) + \text{cos}(\alpha)]$$

Siendo:

- V_u Solicitación cortante de cálculo
- V_n Resistencia a cortante de cálculo
- A_{st} Armadura de cosido (ver Figura 76)
- α Ángulo de la armadura de cosido (ver Figura 76)
- s Separación entre redondos (ver Figura 76)
- p Largo de la pieza, dado de hormigón en este caso (ver Figura 76)
- d Ancho de la pieza, dado de hormigón en este caso, en sentido perpendicular a la Figura 76
- μ Coeficiente de rozamiento entre ambos hormigones

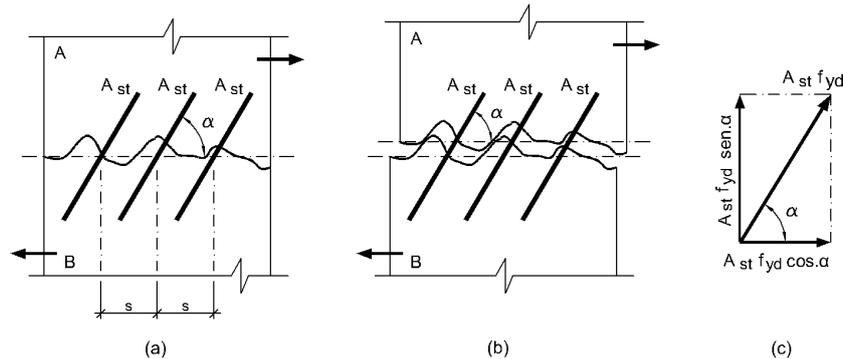


Figura 76. Estado de Corte fricción

Realmente μ no es tan solo un coeficiente de rozamiento, sino que además tiene en cuenta el efecto del engranaje de las crestas de la superficie de fractura y el efecto de pasador de la armadura. La norma 318-11 del American Concrete Institute (ACI 318-11) especifica los siguientes valores al respecto:

- $\mu = 1,4 \cdot \lambda$ Hormigón colocado monolíticamente
- $\mu = 1,0 \cdot \lambda$ Hormigón colocado contra otro endurecido y de superficie intencionadamente rugosa
- $\mu = 0,6 \cdot \lambda$ Hormigón colocado contra otro endurecido y de superficie no intencionadamente rugosa
- $\mu = 0,7 \cdot \lambda$ Hormigón anclado mediante conectadores

Siendo $\lambda=1,0$ para hormigón de peso normal.

El apartado 47.2.2 Secciones con armadura transversal, de la EHE-08, referido al estado límite de agotamiento por esfuerzo rasante en juntas entre hormigones, limita la tensión rasante de agotamiento a:

$$\tau_d (\text{N/mm}^2) \leq 0,25 f_{cd} = 0,25 \frac{f_{ck}}{1,5} \approx 0,166 f_{ck} = 0,166 \cdot 25 \text{N/mm}^2 \approx 4,15 \text{N/mm}^2$$

El procedimiento para comprobar el momento flector está recogido en el “Anejo 7 Cálculo simplificado de secciones en Estado Límite de Agotamiento frente a solicitaciones normales”, apartado “3 Flexión simple en sección rectangular”, subapartado “3.2 Comprobación”, de la EHE-08.

Otro procedimiento es el indicado en “Proyecto y Cálculo de Estructuras de Hormigón. En masa, armado y pretensado.” de J. Calavera. Consiste en comprobar que en la figura “GT-84 Secciones rectangulares sometidas a flexión simple”, aplicable al diagrama de tensión-deformación rectangular, se está en la zona de cuantía mínima

de acuerdo con la EHE-08. En este caso no sería necesario realizar la comprobación a flexión, siendo ésta obligatoria en caso contrario.

- Con objeto de minimizar la fisuración superficial del macizo, recomendamos armar todas sus caras mediante un mallazo formado por redondos de 12 mm a 10 cm, #Φ12/10.

III.7.2.4 Resultados

Los resultados obtenidos según el procedimiento descrito en los apartados precedentes, se presentan en las tablas incluidas en el Anexo 1. Dimensiones y armado de macizos de anclaje y en el Anexo 2. Planos de alojamientos (registros y cámaras).

En el Anexo 1 se incluyen tablas para elementos enterrados (codos horizontales, codos verticales descendentes, derivaciones, válvulas de seccionamiento y extremos finales, y conos de reducción) y tablas para elementos alojados (cámaras y pozos de registro). En ellas se definen las dimensiones de los macizos obtenidos y el armado necesario para el dado, S_1 , S_1^* y S_2 .

Cualquier variación que pueda proponerse sobre las dimensiones del macizo de anclaje indicadas en las tablas, deberá justificarse, requiriendo la conformidad del Servicio correspondiente de Canal de Isabel II Gestión, debiendo cumplir en todo caso lo exigido por la vigente EHE.

En los planos de Registros y Cámaras del Anexo 2 se incluyen las tablas para definir los anclajes de los elementos que alojan.

Los resultados se han obtenido a partir de unas presiones de cálculo (P_{cal}) prefijadas. Esta presión deberá ser mayor que la presión de comparación (P_{comp}).

$$P_{cal} \geq P_{comp}$$

La presión de comparación se puede fijar bajo distintos criterios:

- La PMA del componente que tenga un menor valor de la misma, para evitar que el anclaje sea el elemento crítico de la instalación.
- La presión de prueba de la red, STP.
- La presión máxima de diseño, MDP, cuando la adopción del valor de la STP se considere un criterio excesivamente conservador.

III.8 Depósitos

En este apartado se indican una serie de aspectos fundamentales que hay que tener en cuenta en el diseño de los depósitos adicionalmente a lo expuesto en el epígrafe II.6 y en la normativa referenciada en el mismo.

III.8.1 Geometría

Generalmente, los depósitos se construirán con forma en planta rectangular y la altura de la lámina de agua oscilará entre 3 y 7 metros (ver Tabla 61). Deberá garantizarse un resguardo de 0,60 metros desde el nivel del aliviadero hasta la losa superior.

Tabla 61. Altura de agua recomendable

Capacidad útil (m ³)	Altura de agua recomendable (m)
Hasta 500	3 a 4
> 500 a 10.000	4 a 5
> 10.000	5 a 7

III.8.2 Capacidad del depósito

La capacidad del depósito será suficiente para garantizar el abastecimiento a la zona servida durante 24 horas, incluyendo un volumen de reserva necesario para incendios y averías, y no debiendo ser nunca inferior a la necesaria para el abastecimiento durante 12 horas.

Las conducciones de entrada y salida de agua al depósito se dimensionarán para el régimen de caudales establecido para cada una de ellas en el apartado III.4 de estas Normas.

III.8.3 Materiales

Los materiales empleados en la construcción de los depósitos de hormigón deberán cumplir lo establecido para los mismos en la *Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)*. Adicionalmente, también es recomendable seguir lo indicado en los Eurocódigos de hormigón en sus partes general y específica de depósitos.

No se podrán emplear hormigones con resistencias inferiores a 30 N/mm² debido a la posible presencia en el agua de sulfatos o cloruros, tal como recomienda la EHE. Para las soluciones prefabricadas se suelen especificar valores entre 30 y 40 N/mm².

Asimismo, para conseguir una durabilidad adecuada, la calidad del hormigón empleado deberá ser acorde al tipo de ambiente al que se encuentre sometido cada elemento estructural, tal como se establece en el artículo 8.2 de la EHE-08. En general se definirán ambientes distintos para la cimentación y para las paredes del depósito:

- En las cimentaciones y elementos enterrados se emplearán generalmente hormigones resistentes a la clase general de exposición IIa, aunque en algunos casos podrá establecerse una clase específica diferente cuando la naturaleza del terreno dé lugar a una agresividad especial (por ejemplo, en caso de alto contenido de sulfatos).
- En las paredes interiores de los depósitos se recomienda utilizar un hormigón adecuado para la clase general de exposición IV (resistente a cloruros) ya que el agua tratada presenta un alto contenido en cloro y su agresividad se potencia aún más por el hecho de las continuas variaciones de nivel.

III.8.4 Diseño estructural

El dimensionamiento estructural de los depósitos se realizará conforme a la legislación y normativa vigente aplicable, especialmente la EHE y, para lo que en ella no esté previsto, los Eurocódigos.

En el proyecto de cada depósito se aportará toda la documentación necesaria para justificar suficientemente el adecuado dimensionamiento del mismo, cumpliendo en todo caso lo especificado en el Anejo 20 de la EHE-08.

Se recomienda considerar una vida útil nominal de 100 años, correspondiente a estructuras de importancia especial, según se indica en la EHE, o a estructuras de ingeniería civil, según las bases de cálculo de estructuras de los Eurocódigos (UNE-EN 1990).

Por otra parte, los valores de los coeficientes de seguridad, tanto los de minoración de las propiedades de los materiales como los de mayoración de las acciones, dependen del material y de la situación comprobada. Se emplearán los indicados en la normativa correspondiente al material (la EHE para el caso de depósitos de hormigón), a excepción del coeficiente parcial de seguridad en estados límites últimos para la acción del peso del agua (no para la presión producida por ella), para el que se podrá adoptar un valor de 1,20 (en lugar del 1,50 indicado en la EHE para las acciones permanentes de valor no constante), tal como se establece en el anexo B de la UNE-EN 1991-4.

Respecto a la abertura de fisura máxima a admitir en el cálculo, los depósitos de las redes de abastecimiento encomendadas a Canal de Isabel II Gestión se clasifican dentro de la clase de estanquidad 1 según la UNE-EN 1992-3, lo que supone que la fuga se limita a una pequeña cantidad (ver apartado V.5.2) y son aceptables algunas manchas o zonas húmedas. Esto supone que cualquier fisura que se pueda esperar que pase completamente a través del espesor de la sección se deberá limitar a un valor comprendido entre 0,2, para $h_w/e \leq 5$, y 0,05 mm, para $h_w/e \geq 35$, en función de la relación entre la presión hidrostática (h_w) y el espesor de la pared de la estructura de contención (e). Para valores intermedios de h_w/e se puede interpolar linealmente entre 0,2 y 0,05. Cuando no sea probable la fisuración de todo el espesor de la sección, se aplicarán los valores de máximas aberturas de fisura establecidos en la EHE.

En cuanto al cálculo sísmico, la NCSE obliga a reflejar en la Memoria del proyecto un apartado de "Acciones sísmicas", incluso en aquellos casos en los que por situarse el depósito en zonas de baja sismicidad, como es el caso de la Comunidad de Madrid, no sea necesario tomar medidas especiales ni comprobar la estructura para la acción sísmica.

III.9 Acometidas

El diseño de las acometidas se llevará a cabo conforme a lo indicado en la vigente *Especificación Técnica de Acometidas de Agua para Consumo Humano*.

En cualquier caso, el diámetro de la acometida será menor que el diámetro de red de la que deriva partido por dos.

III.10 Elementos de maniobra y control

En los epígrafes siguientes se especifican criterios de diseño en las redes de abastecimiento para elementos de maniobra y control descritos en el apartado II.5, donde también se especificaban los criterios de colocación correspondientes.

Por otra parte, las válvulas deberán ser tales que en condiciones de régimen permanente las velocidades del flujo no sobrepasen los valores de la Tabla 32.

III.10.1 Válvulas de aeración

En los apartados siguientes se establecen unos criterios para el diseño de este tipo de válvulas a instalar en las redes de abastecimiento, en función de las tipologías establecidas en el epígrafe II.5.5.

En cualquier caso, una vez determinado el caudal de admisión o expulsión de aire de la válvula, así como la presión a la que debe trabajar, la misma se seleccionará a partir de las curvas de capacidad que relacionan el caudal de entrada/salida de aire y la presión interior de la conducción, las cuales deberán ser facilitadas por el correspondiente fabricante.

III.10.1.1 Purgadores

Los purgadores deberán ser capaces de expulsar un caudal de aire igual al 2% del caudal medio de agua circulante por el tramo de conducción sobre el que estén instalados a la presión de diseño de la conducción.

III.10.1.2 Ventosas bifuncionales

Las ventosas bifuncionales deberán ser capaces de expulsar y admitir el caudal de aire necesario durante el llenado y vaciado de la conducción, respectivamente. También deberán estar preparadas para admitir el aire necesario ante eventuales roturas de la conducción. De este modo, se deberán tener en cuenta las siguientes situaciones para su diseño:

- Diseño para el llenado de la conducción

Las ventosas deberán ser capaces de expulsar un caudal de aire igual al caudal de llenado de agua de la conducción soportando una presión relativa positiva de 0,3 bar. Se recomienda que la velocidad de llenado de la conducción esté alrededor de 0,3 m/s.

- Diseño para el vaciado de la conducción

Las ventosas deberán ser capaces de inyectar un caudal de aire a la conducción igual al caudal de vaciado de agua de la misma soportando una presión relativa negativa de 0,3 bar. Se recomienda que la velocidad máxima de vaciado de la conducción esté entre 0,3 y 0,6 m/s.

- Diseño para protección frente a roturas francas

En esta hipótesis, las ventosas deberán ser capaces de inyectar un caudal de aire a la conducción suficiente para paliar los efectos negativos que se producirían ante el vaciado brusco de la conducción. Simplificadamente, dicho caudal dependerá del diámetro de la conducción y de su pendiente, pudiendo emplear, de manera aproximada, la siguiente expresión para el cálculo del caudal de aire necesario:

$$Q = 24,6 \cdot \sqrt{ID^5 \cdot I}$$

Siendo:

Q	Caudal de aire a inyectar (m ³ /s)
ID	Diámetro interior de la conducción (m)
I	Pendiente media de la conducción (adimensional)

Con carácter general, esta hipótesis se calculará para una rotura parcial, con un caudal del 30% de los valores calculados anteriormente, correspondientes a la rotura franca. No obstante, y a juicio de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión, podrá suponerse que la rotura sea de un valor diferente al anterior.

En cualquier caso, para evitar que se produzcan golpes de ariete por una excesiva aireación, las ventosas bifuncionales deberán diseñarse para que tengan la capacidad de venteo de acuerdo a lo especificado para el llenado de la conducción. Si la necesidad de aducción de aire calculada conforme a las otras dos situaciones fuera superior a dicha capacidad de venteo, la necesidad de aire suplementaria se completará con válvulas de aire unidireccionales (aductores) que sólo permiten la entrada de aire pero no la salida, evitando, de esta manera, sobredimensionar la salida de aire.

III.10.1.3 Ventosas trifuncionales

El diseño de los dispositivos para el llenado y vaciado se realizará conforme a lo enunciado en párrafos anteriores. En condiciones normales, los purgadores asociados a las ventosas trifuncionales suelen ser suficientes para la expulsión del aire necesario durante el servicio.

III.10.2 Válvulas de control y seguridad

Cuando sea necesario, la reducción de la presión del agua se realizará mediante válvulas reguladoras de presión de diámetro inferior al de la tubería. Generalmente, las velocidades de paso por la válvula no deben ser superiores a 5 m/s. Si la diferencia entre la presión original y la reducida es elevada, la reducción de presión se llevará a cabo escalonadamente en intervalos de reducción del 50% como máximo, con el fin de evitar la aparición de cavitación.

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

Si se prevé que puedan 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.

En los sistemas reguladores de presión, se procederá a instalar dos válvulas de seccionamiento (compuerta o mariposa) una a cada lado de la válvula, junto con los carretes de desmontaje, manómetros de control y un filtro aguas arriba de la línea de regulación.

III.10.3 Desagües

El diámetro de los desagües dependerá del volumen de agua a desalojar, que a su vez depende de la localización de puntos altos y bajos, el diámetro de la tubería, etc. En la Tabla 62 se indican los diámetros mínimos que se deberán emplear en los desagües en función del tamaño de la conducción.

Tabla 62. Diámetros recomendados para los desagües

DN de la tubería	DN del desagüe
DN ≤ 200	80
250 ≤ DN ≤ 350	100
400 ≤ DN ≤ 600	150
700 ≤ DN ≤ 1.000	200

Cuando sea posible, los desagües deberán disponerse de tal manera que puedan conectarse a la red de alcantarillado.

IV Consideraciones constructivas

Para el replanteo y la realización de las obras se tendrán en cuenta todas las consideraciones administrativas y de carácter legal que sean necesarias para la ejecución de las mismas. Se prestará una atención especial a las medidas de protección medioambiental y de seguridad y salud.

IV.1 Transporte, almacenamiento y manipulación

Las operaciones de transporte, almacenamiento y manipulación de todos los componentes deberán hacerse sin que ninguno de estos elementos sufra golpes o rozaduras, teniendo que depositarlos en el suelo sin brusquedades y sin dejarlos caer en ningún momento. En el caso de los tubos, debe evitarse que rueden sobre piedras. Cualquier defecto, daño o deterioro detectado en los mismos podrá ser razón suficiente para su rechazo. En este sentido, se prestará especial atención a las tuberías de PRFV.

IV.1.1 Transporte

Las operaciones de transporte de los tubos deberán hacerse, en su caso, conforme a las vigentes normas de seguridad vial y tráfico. En primer lugar deberá cuidarse que, en los camiones o en el medio en el que se realice el transporte a obra, el piso y los laterales de la caja estén exentos de protuberancias o bordes rígidos o agudos que puedan dañar a los tubos u otros componentes.

Si el transporte incluye tubos de distinto diámetro, será preciso colocarlos en sentido decreciente del mismo desde la hilera de la base hacia arriba. No se admitirán cargas adicionales sobre los tubos que puedan producirles deformaciones excesivas. También se garantizará su inmovilidad y se apilarán de forma que no queden en contacto unos con otros, disponiendo para ello cuñas de madera o elementos elásticos. Especial atención deberá prestarse a todo ello en el caso de los tubos flexibles, y más cuidadosamente en el PRFV.

Los tubos con uniones de enchufe y extremo liso deberán colocarse con los extremos alternados, de tal modo que los enchufes no queden en contacto con los tubos inferiores.

IV.1.2 Almacenamiento

Cuando los tubos se almacenen sobre el terreno deberá comprobarse que éste tenga la suficiente resistencia para soportar las cargas a las que vaya a estar sometido y sea lo suficientemente liso para que aquellos se apoyen en toda su longitud, sin riesgo de poder

ser dañados por piedras u otros salientes. Las precauciones deben ser máximas cuando se almacenen tubos de PRFV.

El acopio de los tubos en obra se hará, habitualmente, en posición horizontal, sujetos mediante calzos de madera u otros dispositivos que garanticen su inmovilidad. Sin embargo, los tubos de hormigón podrán almacenarse en posición vertical, siempre que no se ocasionen daños en sus boquillas al colocarlos en esta posición, si se dispone de una solera rígida y se garantizan las debidas condiciones de seguridad.

El número de hileras superpuestas en los acopios y la disposición de las mismas (piramidal o prismática) deberá ser tal que ninguno de los tubos apilados sufra daños. Cuando la manipulación sea manual, la altura máxima será inferior al alcance que, en condiciones de seguridad, tenga el personal que realice el trabajo, no debiendo exceder los 3 metros en ningún caso. En la Tabla 63 se relacionan unos valores recomendados para las alturas máximas de apilamiento.

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

Tabla 63. Alturas máximas (número de hileras) de almacenamiento de los tubos

DN	Fundición	Hormigón	Acero	PE	PVC-O	PRFV
≤ 100	16			10	12	
200	11			6	7	
300	9				4	
400	7					
500	5					
600	5					
700	4					
800	3		3			2
900			3			2
1.000		1	3			2
1.100		1	2			2
1.200		1	2			2
1.400		1	2			1
> 1.500		1	1			1

Los tubos de materiales plásticos no deberán estar en contacto con combustibles o disolventes, se protegerán de la luz solar y se evitará que su superficie alcance temperaturas superiores a 45 ó 50 °C.

El acopio de las juntas elastoméricas se realizará en locales cerrados y se tendrán en cuenta las siguientes precauciones:

- Las juntas se mantendrán limpias y no se expondrán a la intemperie hasta el momento de su utilización.
- La temperatura de almacenaje estará comprendida entre 10 y 25 °C.
- Los anillos elastoméricos se protegerán de la luz, en especial de la radiación solar directa y de las radiaciones artificiales con un elevado porcentaje de ultravioletas, y se almacenarán en contenedores opacos.
- Estos anillos también se protegerán del aire en circulación, envolviéndolos y almacenándolos en envases cerrados.

- Las juntas no se almacenarán en locales con equipos capaces de generar ozono como, por ejemplo, lámparas de vapor de mercurio, material eléctrico de alta tensión u otro tipo de equipos que puedan producir chispas o descargas eléctricas silenciosas. También deberán protegerse de los gases de combustión y los vapores orgánicos, ya que pueden producir ozono por vía fotoquímica.
- Las juntas se almacenarán libres de tensión, compresión u otra deformación. Por ejemplo, no deberán estar suspendidas por ninguna parte de su circunferencia.
- No estarán en contacto con materiales líquidos o semisólidos, en especial disolventes, aceites y grasas, ni con metales.

IV.1.3 Manipulación

Las operaciones de carga y descarga deberán realizarse de tal manera que los distintos elementos no se golpeen entre sí o contra el suelo. La descarga se hará, en la medida de lo posible, cerca del lugar donde vayan a ser colocados, evitando que el tubo quede apoyado sobre puntos aislados.

Si la zanja no estuviera abierta en el momento de la descarga de los tubos, éstos deberán colocarse, siempre que sea posible, en el lado opuesto a aquél en que se piensen depositar los productos de la excavación, de tal forma que queden protegidos del tránsito de vehículos, explosivos, etc.

En general, las operaciones de carga y descarga de los tubos habrá que realizarlas mediante equipos mecánicos, si bien, para diámetros reducidos, podrán emplearse medios manuales. Nunca se suspenderá el tubo por un extremo ni se descargará por lanzamiento. Sin embargo, sí es admisible la descarga mediante estrobos, enganchando para ello las bocas del tubo.

En cualquier caso, no se admitirán dispositivos formados por cables desnudos ni cadenas en contacto con el tubo, siendo recomendable, por el contrario, el uso de bandas de cinta ancha, eslingas recubiertas de caucho o procedimientos de suspensión a base de ventosas. Cuando se empleen cables metálicos, deberán protegerse con un recubrimiento adecuado.

No será admisible la rodadura o el arrastre de los tubos sobre el terreno, especialmente si los tubos tienen revestimientos exteriores. En el caso de que los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión admitan la rodadura, ésta deberá realizarse sólo sobre superficies preparadas a tal efecto de forma que no se ocasionen desperfectos en el tubo.

La descarga de los tubos de materiales plásticos, cuando se transporten unos dentro de otros, deberá comenzarse por los del interior. En los tubos de PVC-O, cuando se manejen con temperaturas inferiores a 0 °C, deberá prestarse especial atención a todas estas operaciones, evitando que sufran golpes. Asimismo, cualquier componente de PRFV que haya sufrido un daño podrá ser rechazado.

IV.2 Instalaciones en zanja

En el presente apartado se especifican una serie de recomendaciones para la instalación de las conducciones en el caso más frecuente de que las mismas discurran enterradas en zanjas.

En el caso de instalación de conducciones de PE, además de lo expuesto en el presente apartado se tendrá en cuenta lo indicado en la norma UNE 53394 IN.

La clasificación de los suelos en este apartado se realiza en base a las características intrínsecas de sus materiales según el artículo 330 del *Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3)*.

IV.2.1 Zanjas

IV.2.1.1 Geometría de las zanjas

En general se procurará excavar las zanjas con un talud estable de forma natural siguiendo las recomendaciones de los estudios geotécnicos, con el fin de evitar tablestacados. Si esto no fuera posible y de dichos estudios se desprendiera que hay riesgo de inestabilidad en las paredes de la zanja, éstas deberán entibarse conforme a lo establecido en el epígrafe IV.2.1.4.

En cualquier caso, es también recomendable ataluzar el borde superior de la zanja, tal como se muestra en la Figura 77.

Si la profundidad de la zanja fuera superior a unos cuatro o cinco metros, será 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 la superficie natural del terreno en partes aproximadamente iguales, las cuales tampoco deberán exceder profundidades superiores a cuatro o cinco metros de altura (ver Figura 78).

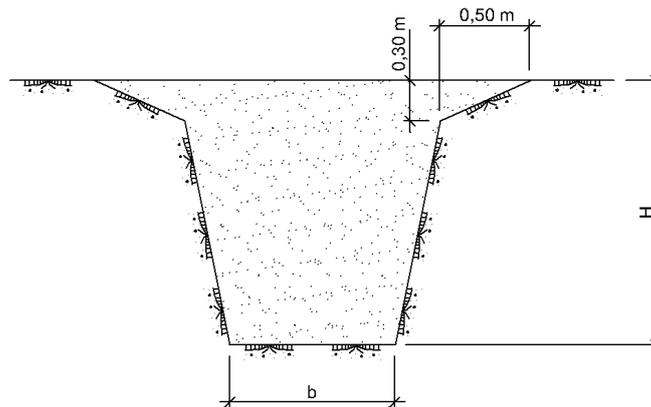


Figura 77. Bordes ataluzados en zanjas

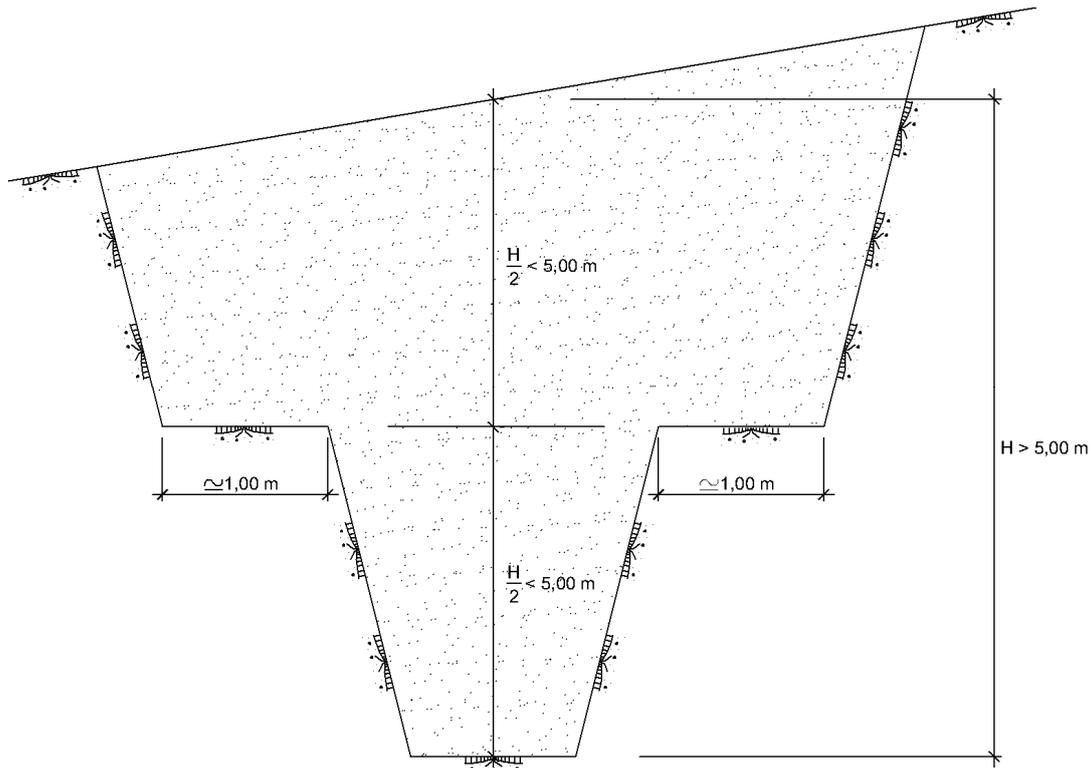


Figura 78. Bermas intermedias en zanjas profundas

El valor mínimo del ancho del fondo de zanja, b , será función de la profundidad de la misma y del diámetro de la conducción, debiendo adoptarse una anchura mínima no inferior a 60 cm y dejar, al menos, un espacio de 15 a 30 cm a cada lado del tubo, según se indica en la Tabla 64.

Tabla 64. Ancho mínimo de zanja en función del DN y de la profundidad de la misma

DN	Ancho mínimo de zanja b (m)	Profundidad de zanja H (m)	Ancho mínimo de zanja b (m)
$DN \leq 350$	$OD + 0,50$	$1,00 < H \leq 1,75$	0,80
$350 < DN \leq 700$	$OD + 0,70$	$1,75 < H \leq 4,00$	0,90
$700 < DN \leq 1.200$	$OD + 0,85$	$H > 4,00$	1,00
$DN > 1.200$	$OD + 1,00$		

Cuando se sitúen dos o más tuberías en la misma zanja, se deberá respetar un espacio de trabajo horizontal mínimo entre las generatrices interiores de las canalizaciones. Si no está especificado en el respectivo Proyecto, éste deberá ser de 0,35 m si el DN es menor de 700 mm o de 0,50 m para tuberías mayores.

Cuando la profundidad de la zanja o la pendiente de la solera sean grandes, deberá preverse un sobreaño de la zanja, para poder satisfacer las exigencias de montaje, en su caso, con medios auxiliares especiales, tales como pórticos, carretones, etc.

Siempre que sea posible, el recubrimiento mínimo sobre la generatriz superior de la tubería será el mayor entre el valor del diámetro exterior y un metro.

IV.2.1.2 Ejecución de las zanjas

Las zanjas para el alojamiento de la tubería serán lo más rectas posibles tanto en planta como en alzado. La excavación se hará de tal forma que minimicen las líneas quebradas, procurando tramos de pendiente uniforme de la mayor longitud posible.

La pendiente de la zanja será de un 0,2% como mínimo. En general, se procurará excavar las zanjas en el sentido ascendente de la pendiente para dar salida a las aguas por el punto bajo. El contratista deberá tomar las precauciones necesarias para evitar que las aguas superficiales inunden las zanjas abiertas realizando los trabajos necesarios de agotamiento y evacuación de las aguas para asegurar la instalación satisfactoria de la conducción y la compactación de las camas de apoyo. En particular, si la tubería discurre por una media ladera de acusada pendiente, podrá llegar a ser necesaria la construcción de una cuneta de recogida de aguas.

Cuando el fondo de la zanja quede irregular por presencia de piedras, restos de cimentaciones, etc., será necesario realizar una sobreexcavación por debajo de la rasante de unos 15 a 30 cm, para su posterior relleno, compactación y regularización. El relleno de estas sobreexcavaciones, así como el de las posibles grietas y hendiduras que hayan aparecido en el fondo de la zanja, se efectuará preferentemente con el mismo material que constituya la cama o apoyo de la tubería. En los casos de huecos de profundidad grande, mayor que el espesor de esta cama, el tipo y calidad del relleno los indicarán los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión, de forma que no se produzcan asientos perjudiciales para la tubería.

Se cuidará que el fondo de la excavación no se esponje o sufra hinchamiento y si ello no fuera posible, se compactará con medios adecuados hasta conseguir su densidad original.

Si la capacidad portante del fondo es baja, y como tal se entenderá aquella cuya carga admisible sea inferior a $0,5 \text{ kg/cm}^2$, deberá mejorarse el terreno mediante sustitución o modificación.

La sustitución consistirá en la retirada de material inadecuado (artículo 330 del PG-3) y la colocación de seleccionado (artículo 330 del PG-3), como arena, grava o zahorra. El espesor de la capa de este material será el adecuado para corregir la carga admisible hasta los $0,5 \text{ kg/cm}^2$. El tamaño máximo del árido del material de sustitución será de 30 mm.

La modificación o consolidación del terreno se efectuará mediante la adición de material seleccionado (artículo 330 del PG-3) al suelo original y posterior compactación. Se podrán emplear zahorras, arenas y otros materiales inertes con un tamaño máximo del árido de 30 mm, con adiciones de cemento o productos químicos, si fuese conveniente.

Entre la apertura de la zanja, el montaje de la tubería y el posterior relleno parcial deberá transcurrir el menor tiempo posible.

En función del tipo de unión a emplear podrán ser necesarios nichos en el fondo y en las paredes de la zanja, los cuales se efectuarán conforme avance el montaje de la tubería. En general, deberá excavar hasta un espesor por debajo de la línea de la rasante igual al de la cama de apoyo, si existe, siempre que el terreno sea uniforme y no meteorizable.

En el caso de terrenos meteorizables o erosionables por las lluvias en los que las zanjas vayan a estar abiertas durante un plazo en el que su rasante pueda deteriorarse, deberán dejarse sin excavar unos veinte centímetros sobre dicha rasante, ejecutándose éstos poco antes del montaje de la tubería. Especial atención habrá que prestar a la estabilidad de la zanja al comienzo de períodos lluviosos tras una temporada de tiempo seco.

Los productos de la excavación aprovechables para el relleno posterior de la zanja deberán depositarse en caballeros situados a un solo lado de la zanja, dejando una banquetta del

ancho necesario para evitar su caída, con un mínimo de 1,5 m. Los que no sean utilizables en el relleno se transportarán y depositarán en los vertederos o escombreras previstos. En particular, deberá removerse la tierra vegetal que se encuentre en las excavaciones, recomendándose su acopio y posterior reposición en la traza de la tubería, al objeto de paliar el impacto ambiental que la misma haya podido producir.

IV.2.1.3 Agotamiento de zanjas y rebajamiento del nivel freático

La presencia de agua en el interior de las zanjas deberá ser evitada a toda costa, achicándola antes de comenzar las tareas de montaje de los tubos y comprobando que los codales de la entibación, en caso de ser necesaria, no se hayan relajado.

Algunos de los métodos más frecuentes para el control de las aguas subterráneas son los siguientes:

- Bombeo desde el fondo de la zanja.
- Pozos profundos.
- Tubos filtrantes (well points) verticales.
- Drenaje por tubería horizontal.
- Pozo aductor.

En los casos que sea necesario, a juicio del proyectista o de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión, podrá requerirse el correspondiente drenaje longitudinal de la tubería, el cual podrá ir a uno o a ambos lados de la misma. Si se adopta la solución de dos drenes, éstos deberán unirse cada cierto intervalo, preferentemente en la zona de uniones.

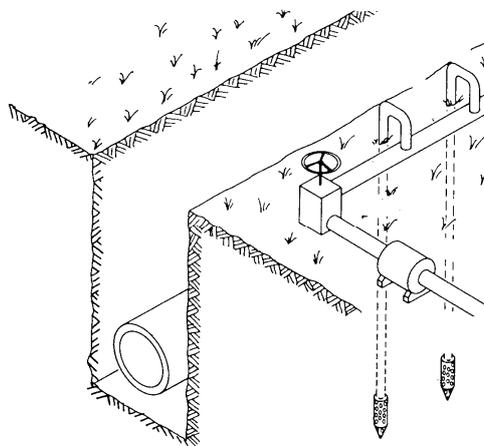


Figura 79. Esquema de well-point

IV.2.1.4 Entibaciones

Si la excavación de la zanja hubiera de realizarse con taludes inestables de forma natural, o si de los estudios geotécnicos realizados se desprendiera que hay riesgo de inestabilidad en las paredes de la zanja, éstas deberán entibarse conforme a lo establecido en el presente apartado.

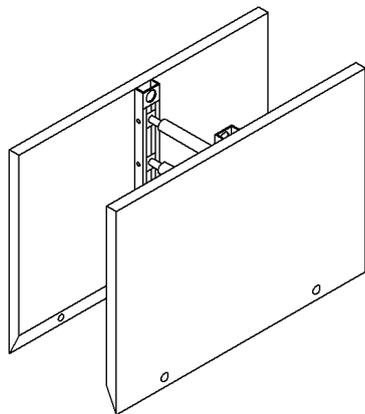
Las entibaciones mediante tablestacas o paneles de madera solo podrán utilizarse puntualmente, mediante la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.

El sistema de entibación empleado será tal que permita su puesta en obra sin necesidad de que el personal entre en la zanja hasta que su estabilidad esté garantizada. En cualquier caso, deberá ser conforme con las normas UNE-EN 13331-1 y UNE-EN 13331-2.

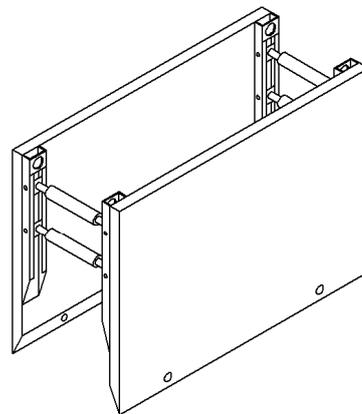
Cada día, al comenzar la jornada de trabajo, se revisarán las entibaciones y la estabilidad de las zanjas.

Atendiendo a su estructura, los sistemas de entibación se clasificarán de la siguiente manera (ver Figura 80):

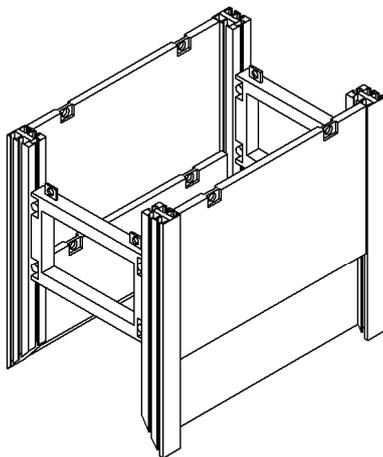
- Entibación sujeta por el centro (CS).
- Entibación sujeta por los bordes (ES).
- Entibación de corredera (R). Puede ser simple (RS), doble (RD) o triple (RT).
- Cajón para arrastre (DB).



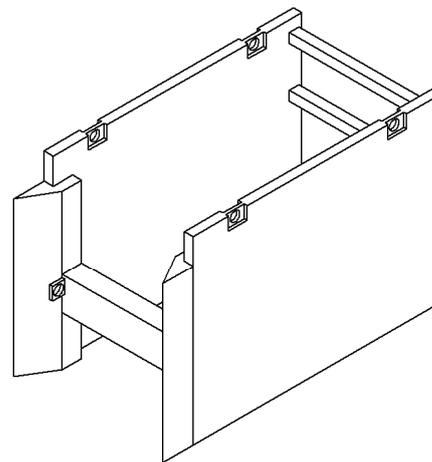
ENTIBACIÓN SUJETA POR EL CENTRO (CS)



ENTIBACIÓN SUJETA POR LOS BORDES (ES)



ENTIBACIÓN DE CORREDERA DOBLE (RD)



CAJÓN PARA ARRASTRE (DB)

Figura 80. Componentes de los sistemas de entibación (UNE-EN 13331)

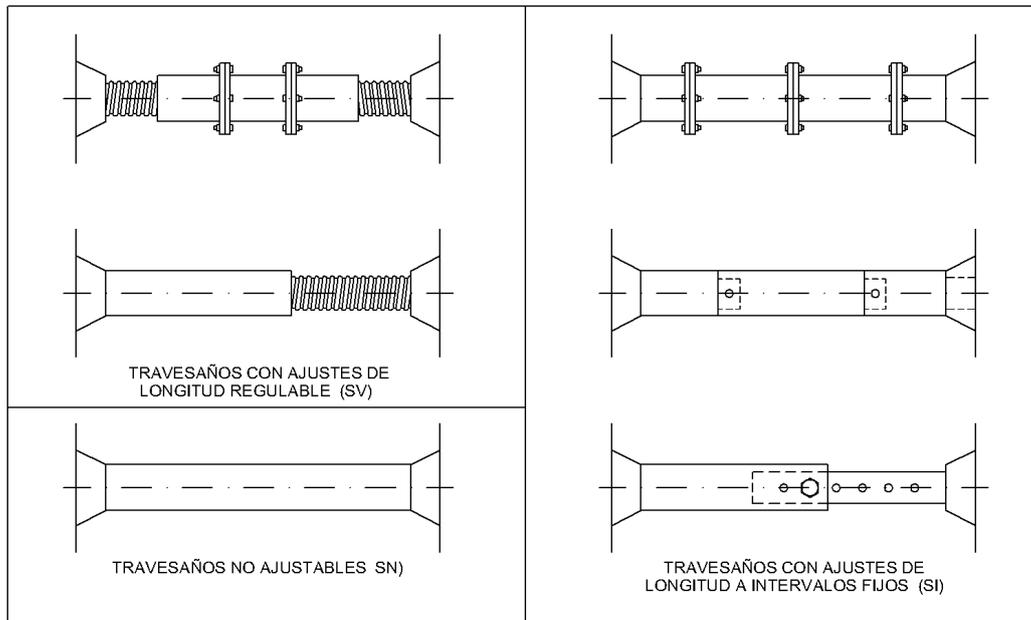


Figura 80. Componentes de los sistemas de entibación (UNE-EN 13331) (Continuación)

A su vez, los travesaños que sujetan los paneles de la entibación podrán ser de algunos de los siguientes tipos:

- Con ajuste de longitud regulable (SV).
- Con ajuste de longitud a intervalos fijos (SI).
- No ajustables (SN)

En la elección del sistema de entibación deberán tenerse en cuenta, al menos, los siguientes factores:

- Tipo de terreno.
- Profundidad de la zanja.
- Presencia o no de nivel freático.
- Dimensiones de la tubería a instalar.

El diseño, dimensionamiento y cálculo de la entibación serán de la exclusiva responsabilidad del contratista de las obras, quién deberá presentar a los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión, si así los requieren, los planos y cálculos justificativos de la misma. En cualquier caso, los paneles que componen el sistema de entibación seleccionado deberán tener al menos una resistencia de 30 kN/m².

IV.2.2 Camas de apoyo

Las tuberías no podrán instalarse de forma tal que el contacto o apoyo sea puntual o una línea de soporte. No deberán apoyarse directamente en el fondo de la zanja, sino que deberán hacerlo en una cama de apoyo en un ángulo de 60° como mínimo. La cama de apoyo tiene por misión asegurar una distribución uniforme de las presiones exteriores sobre la conducción. Se prestará especial atención en el caso de los tubos de PRFV.

El fondo de la zanja deberá quedar perfilado de acuerdo con la pendiente de la tubería.

Para tuberías con protección exterior, el material y ejecución de la cama de apoyo deberán ser tales que el revestimiento protector no sufra daños.

En los casos en que la tubería esté colocada en zonas de agua circulante, deberá adoptarse un sistema tal que evite el lavado y transporte del material constituyente de la cama.

Las camas de apoyo podrán ser de material granular o de hormigón, y deberán especificarse en los proyectos correspondientes, conforme a las especificaciones que se indican a continuación.

IV.2.2.1 Camas de material granular

Las camas de apoyo serán, en general, de material granular, debiendo cumplir con las especificaciones que se indican a continuación.

El espesor mínimo será de 15 cm para asegurar el perfecto asiento de la tubería.

El material a emplear para asiento y protección de tuberías deberá ser no plástico, exento de materias orgánicas y con tamaño máximo de 25 mm, pudiendo utilizarse arenas gruesas o gravas rodadas, con granulometrías tales que, en cualquier caso, el material sea autoestable (condición de filtro y de dren). Igualmente, los materiales granulares empleados en la formación de estas camas no contendrán más de 0,3% de sulfato, expresado en trióxido de azufre.

En los puntos donde sea factible, deberá darse salida al exterior a la cama granular para la evacuación del posible drenaje.

Las camas granulares se realizarán en dos etapas. En la primera se ejecutará la parte inferior de la cama, con superficie plana, sobre la que se colocan los tubos, acoplados y acañados. En una segunda etapa se realizará 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 efectuarán por capas del orden de 7 a 10 cm compactadas mecánicamente. Los grados de compactación serán tales que la densidad resulte como mínimo el 95% de la máxima del ensayo Próctor normal o bien, el 70% de la densidad relativa si se tratara de material granular libremente drenante, de acuerdo con las normas UNE 103500 y NLT-204.

Las camas granulares simplemente vertidas no se realizarán en ningún caso. Además, deberá prestarse especial cuidado en las operaciones de extensión y compactación para no producir movimientos ni daños en la tubería.

IV.2.2.2 Camas de hormigón

En el caso de emplear camas de hormigón, las características geométricas y mecánicas deberán figurar en el proyecto, debiendo en general cumplir con las siguientes especificaciones:

- Espesor mínimo bajo la generatriz inferior del tubo de unos 10 a 15 cm.
- Resistencia característica no inferior a 15 kN/m².
- Tamaño máximo del árido no mayor de la cuarta parte del espesor de la cama bajo el tubo.
- Ángulo de la cama de apoyo de 90° a 180°.

En las zonas de uniones, la cama se interrumpirá en un tramo de unos 80 cm como mínimo y, en su caso, deberá profundizarse la excavación del fondo de la zanja hasta dejar bajo la tubería el espacio suficiente para la ejecución de las uniones.

La cama de hormigón se construirá con los tubos colocados en su posición definitiva, apoyados sobre calzos que impidan movimientos en la tubería y debiendo asegurar el contacto del tubo con el hormigón en toda la superficie de apoyo.

IV.2.2.3 Criterios de selección de la cama de apoyo

Para la elección del tipo de apoyo se tendrán en cuenta aspectos tales como el tipo de tubo y sus dimensiones, la clase de uniones, la naturaleza del terreno, etc.

Como criterio general, los tubos flexibles deberán disponerse sobre camas granulares, no debiendo apoyar ni embutir la tubería en hormigón. Se exceptúan de esto los casos indicados en el apartado II.2.4.1 en los que se podrán instalar completamente embebidos en hormigón.

En relación con la naturaleza del terreno del fondo de la zanja se tendrán en cuenta las indicaciones siguientes:

- a) Terrenos de gran resistencia y rocas: Se dispondrán camas, en general, granulares con un espesor mínimo de unos 15 a 20 cm.
- b) Suelos normales (areno-arcillosos estables): En general, deberán disponerse camas granulares, o camas de hormigón.
- c) Suelos inadecuados (fangos, rellenos, etc.), (artículo 330 del PG-3): Deberá profundizarse la excavación sustituyendo el terreno de mala calidad por material de aportación adecuado debidamente compactado (Próctor normal >95%) o por una capa de hormigón pobre.

En el primer caso (sustitución del terreno natural por material de aportación adecuado), el espesor de la capa del relleno compactado deberá ser, como mínimo, la mitad del diámetro del tubo.

En el segundo caso (sustitución del terreno natural por una capa de hormigón pobre), el espesor del relleno de hormigón debe ser, como mínimo, de 15 cm.

Cuando el terreno del fondo de la zanja sean materiales deslizantes, arcillas expansivas, terrenos movedizos, etc., habrá de tratarse según figure en el proyecto o indiquen los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión para cada caso.

IV.2.3 Colocación y montaje de la conducción

Previamente a la instalación de la tubería, y una vez realizado el replanteo general de las obras y ejecutada la excavación de la zanja, se realizará el replanteo de la tubería, para lo que se señalarán sus vértices y se fijarán puntos de referencia, de alineación y de nivel, a partir de los cuales se colocarán los tubos.

Las tuberías, sus accesorios, el material de juntas y, cuando sean aplicables, los revestimientos de protección interior o exterior se inspeccionarán antes del descenso a la zanja para su instalación como se indica en el epígrafe V.3.

El descenso de la tubería se realizará con equipos de elevación adecuados tales como cables, eslingas, balancines y elementos de suspensión que no puedan dañar la conducción ni sus revestimientos. Sólo se podrá realizar de forma manual si la profundidad de la zanja no excede de 1,5 m, los tubos no son demasiado pesados y de diámetro inferior a 300 mm y el borde de la zanja es suficientemente estable.

En caso contrario se deben emplear medios mecánicos, como, por ejemplo, las propias retroexcavadoras de las obras o grúas ligeras montadas sobre los camiones de transporte. En el caso de tubos de gran diámetro se requiere el empleo de grúas automotrices.

Una vez situados los tubos en el fondo de la zanja, deberán 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 deberán ser calzados y acodalados con un poco de material de relleno para impedir su movimiento.

En general, no se colocarán más de cien metros de tubería sin proceder al relleno parcial de la zanja. En cualquier caso, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posible flotación de la tubería.

Se adoptarán precauciones para evitar que las tierras puedan penetrar en la tubería por sus extremos libres. En el caso de que alguno de dichos extremos o ramales vaya a quedar durante algún tiempo expuesto, se dispondrá un cierre estanco al agua suficientemente asegurado para que no pueda ser retirado inadvertidamente.

Cada tubo deberá centrarse perfectamente con los adyacentes, con una desviación máxima respecto al trazado en planta y alzado del proyecto de ± 10 mm.

En el caso de zanjas con pendientes superiores al diez por ciento (10%), la tubería se colocará en sentido ascendente. En el caso de que esto no sea posible, se tomarán las debidas precauciones para evitar el deslizamiento de los tubos.

Los extremos libres de las tuberías instaladas deberán ser tapados diariamente al finalizar la jornada de trabajo.

Una vez montados los tubos y el resto de elementos, se procederá a la sujeción y apoyo de los codos, cambios de dirección, reducciones, piezas de derivación y, en general, todos aquellos elementos que estén sometidos a acciones que puedan originar desviaciones perjudiciales. Estos apoyos o sujeciones serán de hormigón, establecidos sobre terrenos de resistencia suficiente, y con el desarrollo preciso para evitar que puedan ser movidos por los esfuerzos soportados, conforme a lo especificado en el apartado III.7.

Las conducciones podrán reforzarse con recubrimiento de hormigón si tuvieran que soportar cargas superiores a las de diseño de la propia tubería, si se prevé que puedan producirse erosiones y descalces, si se quiere proteger la tubería frente a agresividades externas, o si se desea añadir peso para evitar su flotabilidad bajo el nivel freático. En estos casos, las características del hormigón y dimensiones de las secciones reforzadas se indicarán en el proyecto correspondiente. Las partes de la tubería correspondientes a las juntas se mantendrán libres, limpias y protegidas.

A una distancia de 0,50 m sobre la generatriz superior de la conducción, se colocará una banda señalizadora, tal como se indica en la Figura 82 y la Figura 83. Dicha banda será de color azul (PANTONE 3005 ó RAL 5005, 5007, 5010, 5015 ó 5017) y deberá incluir el texto AGUA CONSUMO HUMANO.

IV.2.3.1 Uniones

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

Para el montaje de las uniones se observarán las siguientes especificaciones, según tipologías.

a) Uniones de bridas. Las uniones de bridas se instalan interponiendo entre las dos coronas una arandela de material elastomérico centrada, que es comprimida con los tornillos pasantes de la unión, mediante llave dinamométrica. Las tuercas deben apretarse alternativamente. Si debido a la existencia de fugas de agua fuese necesario ajustar más las bridas, esta operación se haría de igual forma.

b) Uniones de enchufe y extremo liso. En este tipo de unión deberá cuidarse especialmente que las superficies del tubo en contacto con el anillo elastomérico estén limpias y exentas de defectos superficiales, tales como coqueras o aristas que puedan afectar a la estanquidad o dañar al anillo. Durante el montaje de la unión se efectúa el encaje correcto del anillo, comprobándose que los paramentos verticales del enchufe y del extremo liso están separados lo suficiente, para poder absorber los movimientos de la unión.

El empuje para el enchufe coaxial de los diferentes tramos deberá ser controlado, pudiendo utilizarse gatos mecánicos o hidráulicos, palancas manuales u otros dispositivos, cuidando que durante la fase de empuje no se produzcan daños.

La secuencia de acciones a seguir para la instalación de una unión de este tipo será la siguiente:

- Limpieza de la superficie interior de la campana.
- Lubricado, cuando proceda, de la superficie interior de la campana.
- Limpieza del enchufe del tubo.
- Colocación del anillo elastomérico en el enchufe del tubo a unir.
- Lubricado del anillo, una vez montado, en la zona de contacto con la campana.
- Alineación del enchufe y extremo liso y emboquillado de la unión.

c) Uniones mecánicas. Estas uniones están constituidas, en general, por elementos metálicos, independientes del tubo, un anillo elastomérico y tornillos con collarín de ajuste o sin él. Los extremos de los tubos no han de quedar a tope, sino con un pequeño huelgo. En los elementos mecánicos se debe comprobar que no haya rotura ni defectos de fundición, en su caso, examinándose el buen estado de los filetes de las roscas de los tornillos y de las tuercas y comprobándose también que los diámetros y longitudes de los tornillos son los que corresponden a la unión propuesta y al tamaño del tubo.

d) Unión mediante manguito. Este tipo de unión solo es aplicable en tuberías de PRFV. Cuando la unión de los tubos se efectúe mediante manguito y anillo elastomérico ha de cuidarse especialmente el centrado de la unión, sobre todo cuando la tubería describa una curva.

Los extremos de los tubos no deben quedar en contacto, dejando una separación entre ellos de unos 15 mm. Los anillos elastoméricos pueden ser de sección circular o en V, pudiendo disponerse uno o varios por manguito que se alojarán en rebajes dispuestos a tal efecto. La colocación de estos anillos en las ranuras del manguito se efectúa, normalmente, fuera de la zanja, cuidando la limpieza de las ranuras.

La posición final de la unión se obtiene desplazando el manguito hacia el tubo bien a mano o mecánicamente mediante trácteles, cables y ganchos, con la ayuda o no de travesaños de madera y previa lubricación del extremo liso del tubo y de los anillos elastoméricos que sean necesarios.

e) Uniones soldadas. En general, para los materiales metálicos la preparación y soldeo de las uniones debe realizarse según lo indicado en las normas UNE-EN ISO 15607, UNE-EN ISO 15609-1 y UNE-EN ISO 15614-1 y por soldadores cualificados de acuerdo con lo especificado en la norma UNE-EN 287-1. Según como sea la soldadura, estas juntas pueden ser a tope, mediante manguito o con embocadura (junta abocardada).

En el caso particular de los tubos de PE, el método de fusión debe cumplir con lo especificado en la norma UNE 53394 IN y es recomendable que la empresa adjudicataria de la instalación y montaje de la conducción certifique que dispone de soldadores con el carné de especialista en instalación de sistemas de tuberías plásticas emitido por ASETUB.

IV.2.3.2 Elementos de automatización y control

En la instalación del tritubo y cables de comunicación se seguirán las instrucciones de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión. Con carácter general se efectuará teniendo en cuenta las siguientes indicaciones respecto a trazado, instalación en zanja, señalización y arquetas.

Para la instalación del tritubo no deberá aprovecharse la zanja de la conducción de agua, salvo cuando las características de la obra civil de la conducción lo requieran, sino que se recomienda hacer expresamente una zanja de 25 cm de ancho, como mínimo, que se realizará cuando finalicen las obras relativas a la conducción de agua.

Mientras no se indique lo contrario, el trazado del tritubo será paralelo al de la tubería, manteniendo con ella una separación mínima en horizontal de 25 cm.

Las curvas de la zanja tendrán el mayor radio de curvatura posible que permita el trazado, aconsejándose que no sea inferior a 25 m y teniendo en cuenta que, en caso necesario, puede llegar hasta 10 m.

En cuanto al trazado en alzado, el tritubo se tenderá paralelo a la rasante del terreno, evitando en lo posible ondulaciones en la zanja, y a una profundidad mínima de 80 cm pero sin rebasar los 150 cm. Excepcionalmente, en terreno rocoso, dicho valor se podrá reducir a 55 cm.

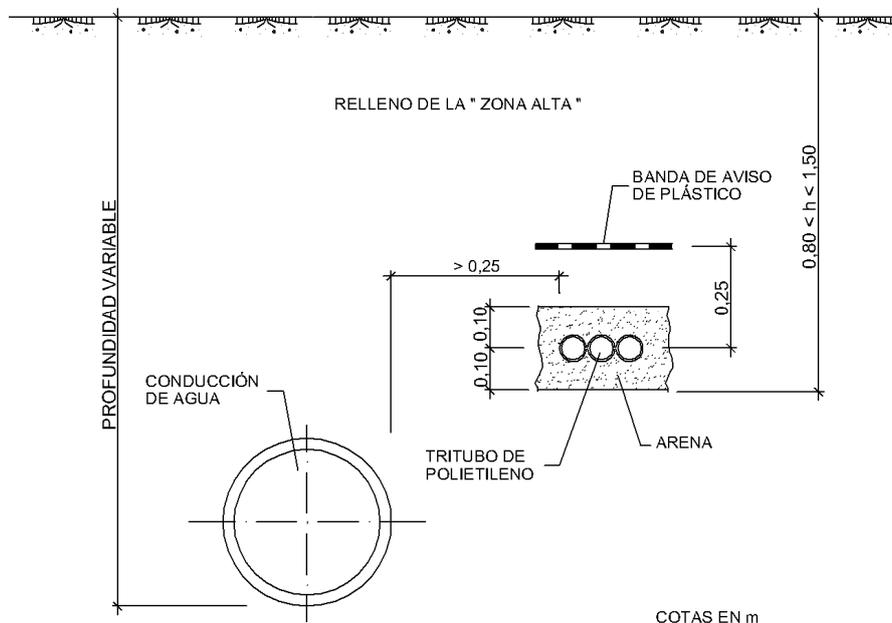


Figura 81. Instalación del tritubo

Para evitar las grandes ondulaciones que se producen en el tritubo al dilatarse en la zanja por efectos térmicos, se recomienda realizar simultáneamente la instalación del tritubo y el recubrimiento de tierra.

La operación de instalación se podrá realizar situando el tritubo al borde de la zanja y posteriormente bajándolo al fondo de la misma, o bien colocándolo simultáneamente a la excavación mediante el empleo de una zanjadora.

Cuando el terreno sea rocoso, antes de rellenar la zanja, se recomienda cubrir el tritubo con una capa de hormigón pobre de 100 mm de alto por 300 mm de ancho.

El relleno de la zanja se hará compactándose por tongadas de 20 cm de material.

Cuando el tamaño de los áridos pueda deteriorar el tritubo, se tendrá especial cuidado al introducirlos en la zanja para que el impacto no lo dañe. Además, el tritubo se protegerá con dos capas de arena o tierra fina: una de asiento de 10 cm, depositada previamente a la colocación del mismo, y otra de cubierta de igual espesor. El conjunto será compactado antes de seguir tapando la zanja.

A 25 cm sobre el tritubo y a lo largo de toda la instalación, se colocará una cinta de plástico que avise de la proximidad de cables eléctricos enterrados bajo la misma.

Independientemente de lo que requiera la instalación hidráulica, se dispondrá una arqueta de empalme de 1.000 x 1.000 mm cada 70 m, así como en los puntos donde acabe la bobina de tritubo y en aquellos donde el cambio de dirección no permita respetar el radio de curvatura. El suelo de la arqueta estará como mínimo 25 cm más profundo que el tritubo y dispondrá de desagüe.

La entrada del tritubo en las arquetas con conducción hidráulica se hará perpendicularmente a una pared de la misma y sin cambiar de profundidad, procurando que no coincida con elementos que dificulten el tendido del cable ni entorpezcan las actuaciones de explotación hidráulica.

En todas las arquetas, el tritubo se adentrará en ellas hasta 15 cm medidos desde su paramento interior y se instalarán dentro de un pasamuros para evitar la cizalladura entre la arqueta y el terreno en caso de un posible asiento diferencial. Dicho pasamuros tendrá un diámetro mínimo de 160 mm y una longitud suficiente para apoyarse en terreno firme, nunca inferior a 3 m. Se deberá elegir el material y la calidad del pasamuros que garantice que no se produce la cizalladura del tritubo por el terreno o, en su defecto, deberá sustituirlo por un elemento de calidad superior. El tubo se sellará con una capa fina de mortero o similar que impida la filtración de agua.

Los empalmes, cruces y pasos singulares se efectuarán conforme a lo especificado en la vigente *Norma Técnica para instalaciones de tritubo de polietileno en conducciones enterradas de comunicaciones*.

IV.2.4 Rellenos

Una vez instalada la tubería se efectuará el relleno y compactado de la zanja por capas, distinguiendo dos zonas: baja y alta (ver Figura 82).

La zona baja de las zanjas para tubos de fundición dúctil, hormigón y acero alcanzará una altura de unos 30 cm por encima de la generatriz superior del tubo. En ella se empleará relleno seleccionado (artículo 330 del PG-3) con un tamaño máximo recomendado de 3 cm, y se colocará en capas de pequeño espesor hasta alcanzar un grado de compactación no menor del 95% del Próctor normal.

En el caso de tubos de material plástico (PE, PVC-O y PRFV) se rellenará la zanja con gravilla de canto rodado hasta 15 cm por encima de la clave de la tubería. Se prestará especial atención a la colocación en obra sobre los tubos de PRFV; el manual AWWA M45

recomienda un tamaño máximo de partícula de 25, 32 ó 38 mm en función de que su DN sea menor o igual a 900, esté comprendido entre 900 y 1.200 o sea superior a este valor respectivamente.

En la zona alta se empleará relleno adecuado (artículo 330 del PG-3) con un tamaño máximo recomendado de 15 cm, que se colocará en tongadas horizontales hasta alcanzar un grado de compactación no menor del 100% del Próctor normal.

El material del relleno, tanto para la zona alta como para la baja, podrá ser, en general, procedente de la excavación de la zanja, a menos que sea inadecuado (artículo 330 del PG-3).

Deberá prestarse especial cuidado durante la compactación de los rellenos, de modo que no se produzcan ni movimientos ni daños en la tubería, a cuyo efecto habrá de reducirse en lo necesario el espesor de las tongadas y la potencia de la maquinaria de compactación. Asimismo, en el caso de los tubos flexibles, habrá que prestar especial atención a la compactación del relleno. En cualquier caso, no deberá rellenarse la zanja en tiempo de heladas o con material helado, salvo que se tomen medidas para evitar que queden enterrados restos de suelo congelado.

En cuanto a la instalación de tubos de acero, podrá rellenarse parte de la zanja con hormigón, en cuyo caso se deberá llegar hasta los riñones de la tubería.

También se debería prestar especial atención al relleno en el paso de arroyos y de carreteras. Se presenta la Figura 83 como solución orientativa pero, en todo caso, la solución que finalmente se considere deberá contar con la aprobación de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.

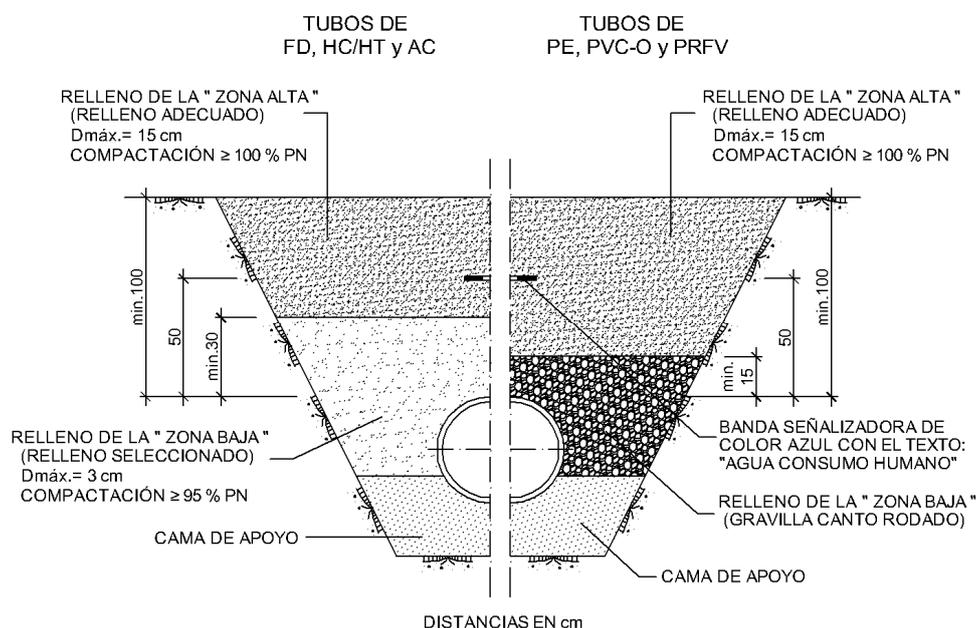


Figura 82. Rellenos en tubos enterrados en instalaciones convencionales

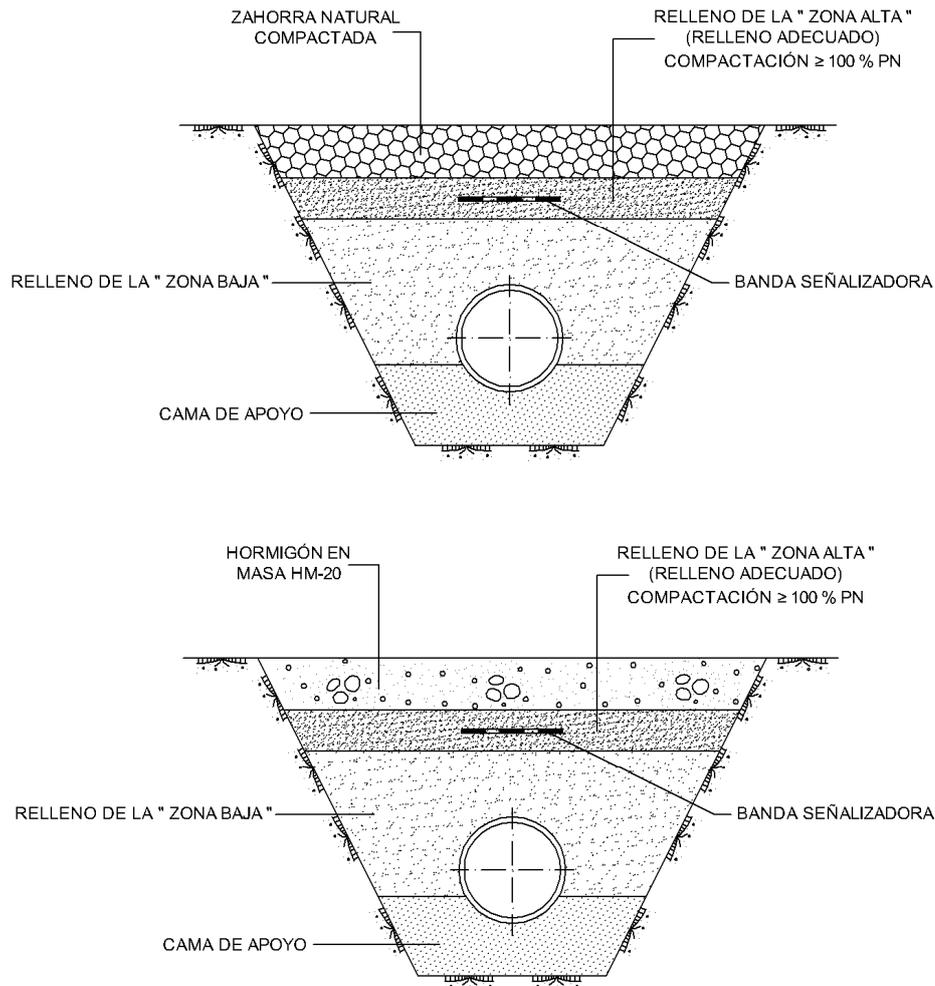


Figura 83. Rellenos en tubos enterrados en cruces de arroyos (arriba) o pasos bajo viales (abajo)

IV.2.5 Reposición del pavimento

Una vez realizadas las pruebas de instalación, que deberán cumplir con lo indicado en el epígrafe V.4, se procederá a la reposición del pavimento afectado por la instalación de la conducción. La reposición se efectuará con materiales análogos a los existentes antes de la excavación manteniéndose las mismas condiciones de urbanización en el vial por el que discorra la traza y conforme a las condiciones impuestas en las preceptivas licencias o permisos.

IV.3 Instalaciones subterráneas sin apertura de zanja

La elección de una u otra técnica de instalación de tubería sin apertura de zanja depende de si el objetivo de la obra es:

- Instalación de nuevas conducciones.
- Renovación de conducciones.
- Sustitución de la conducción existente.

Se aplicará la normativa vigente al respecto y en concreto las normas UNE-EN ISO 11295 y UNE-EN ISO 11298 para renovación de redes.

En el caso de instalación de nuevas conducciones, la utilización de tecnologías sin apertura de zanja como alternativa a la instalación convencional enterrada (ver apartado IV.2) suele realizarse en los siguientes casos:

- Cruces bajo carretera, ferrocarril y, en general, pasos de difícil ejecución en los que no sea posible la realización de una zanja sin causar grandes afecciones.
- Zonas urbanas de alto uso ciudadano (ejes comerciales o lúdicos, arterias viarias, etc.).
- Aquellos otros casos en los que, por la profundidad de la zanja o la dificultad de la ejecución, resulte económicamente ventajosa la adopción de estas tecnologías.

En cualquier caso, en la fase de proyecto, debe realizarse un estudio geotécnico que incluya, al menos, un perfil geológico-geotécnico de la traza de la tubería a hincar.

Además previamente al comienzo de las obras, el contratista someterá a la aprobación técnica de Canal de Isabel II Gestión el procedimiento de instalación, así como los equipos que propone utilizar para la instalación de las tuberías, debiendo presentar los correspondientes cálculos mecánicos referentes a las solicitaciones a las cuales estará sometida la conducción durante la instalación.

Aunque, como su propio nombre indica, las instalaciones sin apertura de zanja se basan en la no ejecución de zanjas, cabe decir, no obstante, que, en cualquier caso, es necesario realizar excavaciones puntuales para la construcción de pozos de registro en algunos lugares muy concretos, así como en los fosos de ataque o recepción de la obra subterránea, y a veces también en los puntos de conexión con acometidas.

Las técnicas más utilizadas para este tipo de instalaciones son:

a) Instalación de nuevas conducciones

- Hinca.
 - Por percusión.
 - Por rotación.
 - Por empuje.
- Perforación horizontal dirigida (PHD).

b) Renovación de conducciones. Sistemas de refuerzo estructural. Se conserva la conducción existente introduciendo una nueva por el interior de la misma (Relining).

- Método sliplining.
- Método close-fit pipe.
- Método cured in place pipe (CIPP).
- Método fold and form pipe (FFP).

c) Sustitución de la conducción existente

- Reventamiento (Bursting). Destrucción de la conducción existente, que queda sustituida por otra de las mismas dimensiones o, en ocasiones, ligeramente superior.
- Otros sistemas de sustitución de conducciones. Métodos que aun no siendo propiamente métodos de sustitución se podrían utilizar como tales en algunas circunstancias (microtuneladoras, perforación dirigida o extracción directa).

IV.4 Instalaciones de tubos aéreos

En la instalación de tubos aéreos, tanto en galerías de servicio como en recintos cerrados o a cielo abierto, la tubería debe colocarse exenta 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 y no deberán, en ningún caso, provocar el aplastamiento local del tubo ni poner en peligro su integridad mecánica.

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.

La distancia entre apoyos debe ser tal que se garantice lo especificado en el epígrafe III.5 de Dimensionamiento mecánico de estas Normas. En la instalación de tubos aéreos, en general, se recomienda disponer dos apoyos por tubo.

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

En 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 acero y de polietileno.

En la instalación aérea de tuberías de acero hay que cuidar especialmente la protección anticorrosiva del tubo, para lo cual debe quedar accesible toda su superficie exterior, cuidándose el diseño de las zonas de apoyo para facilitar su pintado y revisión cuando sea necesario.

Con carácter general, no es aconsejable emplear tubos de PE en instalaciones aéreas. Cuando los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión autoricen su utilización, las distancias máximas serán las contempladas en la norma UNE 53394 IN.

Cuando los tubos de PVC-O 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.

IV.5 Bandas de protección de las conducciones

Por el interés estratégico que representan las grandes conducciones en el abastecimiento de agua a la Comunidad de Madrid, es necesario garantizar su seguridad frente a actuaciones de terceros. Para tal fin, a lo largo del trazado de las mismas, se definen dos tipologías de protección a dichas infraestructuras sobre las zonas de suelo y proyección de vuelo que ocupan: Bandas de Infraestructura de Agua (BIA) y Franjas de Protección (FP).

Estas zonas de afección a la protección de las infraestructuras, se establecen con independencia de las titularidades y derechos legales que recaigan sobre los suelos ocupados y sin diferenciación en la clasificación y calificación urbanística de los mismos.

IV.5.1 Bandas de Infraestructura de Agua (BIA)

Se denomina Banda de Infraestructura de Agua (BIA) a una zona de un ancho determinado en función de las características técnicas y ubicación de las conducciones, en la que se establece una prohibición absoluta para construir y una fuerte limitación sobre cualquier actuación que se pretenda realizar en dicha banda.

Su anchura será definida por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión y variará entre 4 y 25 metros dependiendo de las características de las conducciones: sección hidráulica, número de conducciones paralelas, capacidad máxima de transporte, etc.

Sobre las Bandas de Infraestructura de Agua serán de aplicación las siguientes condiciones de protección:

- No se establecerán estructuras, salvo las muy ligeras que puedan levantarse con facilidad, y en cuyo caso se requerirá la conformidad expresa de Canal de Isabel II Gestión.
- No se colocarán instalaciones eléctricas que puedan provocar la aparición de corrientes parásitas.
- Se prohíbe la instalación de colectores.
- Cualquier actuación de plantación o ajardinamiento, instalación de viales sobre las Bandas de Infraestructura de Agua, así como su cruce por cualquier otra infraestructura, requerirá la conformidad técnica y patrimonial de Canal de Isabel II Gestión.

Cuando exista un condicionante de interés general que impida el cumplimiento de lo establecido en los puntos anteriores, Canal de Isabel II Gestión estudiará y propondrá una solución especial de protección que deberá ser aceptada por el solicitante para su ejecución.

IV.5.2 Franjas de Protección (FP)

Se denomina Franja de Protección (FP) a dos zonas paralelas a ambos lados de la BIA, donde no existe limitación alguna para la edificación pero sí se requiere autorización expresa de Canal de Isabel II Gestión.

Cada una de las dos zonas de la FP tendrá una anchura de 10 metros medidos desde la línea exterior correspondiente de la BIA asignada a la infraestructura de abastecimiento.

Para la ejecución en estas zonas de cualquier estructura o edificación, salvo las muy ligeras, se requerirá la oportuna conformidad de Canal de Isabel II Gestión, que condicionará su autorización a aspectos y procedimientos constructivos que puedan afectar a la seguridad de las conducciones existentes.

Cuando en caso de rotura de la conducción exista riesgo para la seguridad de las estructuras o edificaciones a construir en la FP, Canal de Isabel II Gestión podrá requerir la implantación en dichas construcciones de medidas correctoras o de protección.

IV.6 Cruce de tuberías de abastecimiento con infraestructuras lineales

Los criterios que aquí se establecen se refieren tanto al cruce de tuberías de nueva construcción bajo infraestructuras existentes como al paso de infraestructuras de nueva construcción sobre tuberías, ya sean estas existentes o previstas.

Se limita a 1.000 mm, como máximo, el diámetro (DN) de la tubería de agua de abastecimiento afectada. Para los casos en los que el diámetro de la tubería supere esta dimensión ($DN \geq 1.000$ mm), será necesaria la realización de un proyecto específico, a consensuar con la administración 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.

IV.6.1 Cruce de tuberías bajo infraestructuras lineales existentes

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

El cruce de la conducción se ejecutará mediante hincado de tubería, en cuyo interior se alojará la tubería de agua para abastecimiento. El diámetro mínimo contemplado para la tubería en estas condiciones será de 200 mm ($DN \geq 200$ mm). El diámetro de la tubería de hincado (DN_H) excederá, como mínimo, en 300 mm al diámetro de la tubería de agua ($DN_H \geq DN + 300$ mm).

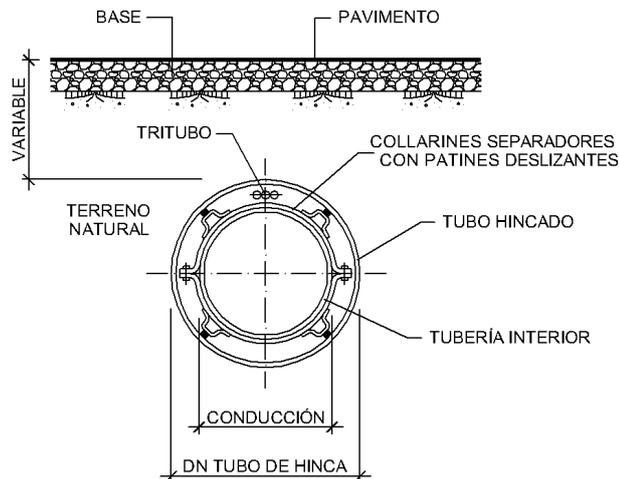


Figura 84. Sección transversal de hincado de tubería

La tubería de agua a instalar en el interior de la hincada, dependiendo de las condiciones del terreno, ambientales, etc, será de fundición dúctil con unión flexible acorrajada según UNE-EN 545, de acero al carbono con protección anticorrosión, o de acero inoxidable AISI 316L según UNE-EN 10088-1, con junta soldada, y espesor (e) mayor o igual que la centésima parte de su diámetro (DN) y nunca inferior de 6 mm ($e \geq DN / 100$ y $e \geq 6$ mm).

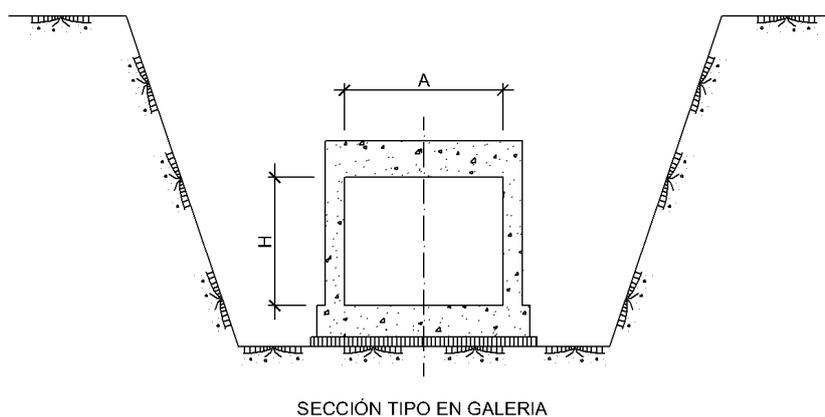
El control, mantenimiento y explotación de la tubería de agua, objeto de la actuación, se realizará mediante la instalación de dos válvulas de seccionamiento, alojadas en cámaras, dispuestas a ambos lados de la infraestructura lineal, y cuya ubicación se adecuará a las requerimientos legales y a las condiciones del entorno. 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.

IV.6.2 Cruce de nueva infraestructura lineal 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 la Figura 85, ejecutada mediante cajones o elementos prefabricados, y con acceso para personal desde la superficie. Se dispondrá de una cámara de entrada de materiales en un extremo de la galería y de una cámara de entrada de personal en el extremo opuesto. En las conexiones del tramo de cruce con la conducción existente se dispondrán válvulas de corte.

En caso de emplear cajones prefabricados, deberá cuidarse la impermeabilización de las juntas, de tal forma que se impida la penetración de agua procedente de la infiltración del terreno. Se dispondrá de desagües en los puntos bajos de la galería, de manera que se facilite la evacuación del agua almacenada en la misma.



DN (mm)	A (m)	H (m)
≤ 300	≥ 1,50	≥ 1,80
300 < DN ≤ 1.000	≥ (2DN+0,90)	≥ 1,80

Figura 85. Cajón prefabricado para alojamiento de tubería

IV.7 Protección anticorrosiva de las tuberías

A lo largo de toda la instalación de la tubería se respetarán los requisitos de aislamiento eléctrico de la misma y de conservación del buen estado de su revestimiento exterior.

Para asegurar el aislamiento eléctrico se emplearán juntas dieléctricas. Según el elemento de la tubería que se vaya a aislar se podrá recurrir a junta de tipo embrizado o monobloc.

En la instalación de la junta aislante embrizada deberá reforzarse el revestimiento interno de la tubería hasta alcanzar un espesor entre 1 y 1,5 mm en el lado de la junta en el que se vaya a instalar la protección catódica, en una longitud que dependerá de la conductividad del agua y nunca inferior a 5 diámetros. Este refuerzo también se aplicará en el interior de las bridas.

La junta tipo monobloc se instalará en la tubería soldada por ambos extremos.

Independientemente de su tipología todas las juntas aislantes deberán ir provistas de un descargador de sobretensión del tipo vía de chispas para su protección contra elevadas descargas eléctricas.

Las especificaciones de instalación de juntas aislantes deberán ser facilitadas por el fabricante.

Además de en los puntos de origen y final de la tubería y de sus derivaciones, se prestará especial atención a que la tubería no esté en contacto con:

- Las armaduras de las arquetas intermedias: En el muro de entrada y salida se practicarán orificios para introducir la tubería sellándose el espacio libre con hormigón en masa.
- Las armaduras de los bloques de hormigón armado que embeben los codos o piezas especiales de calderería: Se emplearán separadores de tamaño y resistencia adecuados mientras se construye el armado para mantener el aislamiento durante el vertido del hormigón; complementariamente la pieza puede revestirse con geotextil garantizándose el aislamiento durante el hormigonado.
- Los apoyos de un tramo aéreo: Se intercalarán elementos aislantes entre la estructura de la pila o la estructura portante y la tubería, como por ejemplo bandas de neopreno de grosor suficiente.

En lo referente al revestimiento exterior, se realizarán controles eléctricos a base de chispómetros o instrumentos similares durante la fase de construcción. Se repararán todos los defectos que puedan haberse producido en las operaciones de transporte, montaje, tapado, etc. de la conducción de acuerdo al procedimiento indicado por el fabricante.

IV.8 Limpieza y desinfección de la tubería

En las conducciones para el transporte de agua para consumo humano, una vez realizada la instalación de la tubería y ejecutadas las pruebas de la tubería instalada o después de cualquier actividad de mantenimiento o reparación que pueda suponer un riesgo de contaminación del agua de consumo humano, y antes de su puesta en funcionamiento, debe procederse a la limpieza general y desinfección del tramo afectado con alguna de las sustancias establecidas en el RD 140/2003.

Deberá contabilizarse el agua empleada en las operaciones de limpieza y desinfección mediante la instalación de un contador.

IV.8.1 Limpieza general

El lavado de la tubería se realiza llenándola varias veces de agua. Esta operación de limpieza interior se lleva a cabo por sectores, mediante el cierre de las válvulas de seccionamiento adecuadas.

El llenado de la conducción se realiza, en general, por el punto más bajo de la misma, mediante aperturas parciales y controladas de la válvula de llenado.

Se abrirán las válvulas de desagüe del sector aislado y se hará circular el agua alternativamente desde cada una de las conexiones del sector con la red general. Se recomienda que la velocidad de circulación del agua esté comprendida entre 1 m/s y 3 m/s.

Tras la limpieza, y en el caso de agua para consumo humano, debe comprobarse que el olor, sabor, turbidez, color, conductividad, concentración de E. coli, de amonio, de bacterias coliformes y del ión hidrógeno o pH del agua se mantiene dentro de los límites aceptables para que se cumplan las condiciones establecidas en el RD 140/2003.

La limpieza general no podrá en modo alguno sustituir a la desinfección indicada en IV.8.2, que deberá realizarse previamente a la puesta en servicio.

IV.8.2 Desinfección

Tras la limpieza interior de la red, debe procederse a la desinfección de la misma. Para ello se introducirán los productos químicos adecuados (Tabla 65) con la red llena de agua, aislada y con los desagües cerrados.

Tabla 65. Productos químicos recomendados para la desinfección de la tubería (UNE-EN 805)

Desinfectante	Concentración máxima recomendada (mg/l)	Agentes neutralizantes
Cloro gas (Cl ₂)	50 (como Cl)	Dióxido de azufre (SO ₂) Tiosulfato de sodio (Na ₂ S ₂ O ₃)
Hipoclorito de sodio (NaClO)	50 (como Cl)	Dióxido de azufre (SO ₂) Tiosulfato de sodio (Na ₂ S ₂ O ₃)
Hipoclorito de calcio, (Ca(ClO) ₂)	50 (como Cl)	Dióxido de azufre (SO ₂) Tiosulfato de sodio (Na ₂ S ₂ O ₃)
Permanganato potásico (KMnO ₄)	50 (como KMnO ₄)	Dióxido de azufre (SO ₂) Tiosulfato de sodio (Na ₂ S ₂ O ₃) Sulfato de hierro (FeSO ₄)
Peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂)	150 (como H ₂ O ₂)	Tiosulfato de sodio (Na ₂ S ₂ O ₃) Sulfito de sodio (Na ₂ SO ₃) Sulfito de calcio (CaSO ₃)
Dióxido de cloro (ClO ₂)	50 (como Cl)	Tiosulfato de sodio (Na ₂ S ₂ O ₃)

En general, se utilizará una dilución de hipoclorito de sodio (NaClO) de 50 ml/m³ excepto para tuberías con recubrimiento interior de mortero de cemento, en cuyo caso será de 100 ml/m³.

El proceso de desinfección comprende las siguientes actuaciones:

- Primer día:
 - Vaciado de la tubería para su posterior llenado.
 - Adición de hipoclorito de sodio, dejando la conducción llena durante 24 h.
- Segundo día:
 - Vaciado de la tubería y aclarado durante una hora.
 - Llenado de la tubería dejándose cargada durante 24 h.
- Tercer día:
 - Vaciado de la tubería, aclarado durante una hora y llenado de la misma.
 - Toma de una muestra de agua para su análisis, dejando provisionalmente la tubería en carga, hasta que se disponga de los resultados del análisis de la muestra.
 - Los resultados del análisis de la muestra deben certificarse por el Servicio de Canal de Isabel II Gestión encargado del Control de Calidad del agua, el cual los comunicará al Servicio correspondiente. En caso de que los resultados no fueran los adecuados para dejar la nueva conducción en servicio, deberá repetirse todo el proceso de desinfección.

Efectuadas las operaciones de limpieza y desinfección de la tubería, debe procederse a una prueba de funcionamiento general de la tubería. Para ello, la conducción se llena desde el punto más bajo de la misma mediante aperturas parciales y controladas de la válvula de llenado. Durante el llenado, deben estar abiertas todas las válvulas, desagües y ventosas hasta que no haya ninguna fuga de aire. Una vez que la conducción esté llena se procede a la prueba de servicio general de la tubería, comprobando que su funcionamiento es satisfactorio.

V Gestión de la calidad

V.1 Introducción

La gestión de la calidad comprende el conjunto de actividades que tienen lugar antes, durante y después de la ejecución de una obra con el objetivo de verificar si ésta reúne las condiciones suficientes como para alcanzar los requisitos establecidos para la misma en el proyecto.

Estas actividades consisten básicamente en la realización de determinados ensayos adecuados al momento en que sea necesario efectuar la conformidad y según lo indicado en las normas vigentes correspondientes para cada componente o para el conjunto del sistema. Con carácter general los ensayos se pueden clasificar de la forma siguiente:

- Ensayo de tipo

Ensayo realizado para probar que el material, el componente, la junta o la unión son aptos para satisfacer los requisitos exigidos por la norma correspondiente.

Se denomina ensayo de tipo inicial el realizado por o de parte del fabricante y ensayo de tipo preliminar el realizado por o de parte de un organismo de certificación con el fin de certificación.

- Ensayo de verificación del proceso de fabricación

Ensayo realizado por el fabricante sobre componentes, uniones, etc. a intervalos especificados para confirmar que el proceso de fabricación es capaz de producir componentes conformes con los requisitos de la norma correspondiente.

- Ensayo de recepción

Ensayo realizado de forma periódica sobre componentes para comprobar que cumplen los requisitos establecidos previamente.

El sistema de gestión de calidad de cualquier empresa relacionada con la fabricación de los componentes que integran las redes de abastecimiento o con la ejecución de las mismas deberá ser conforme a las normas UNE-EN ISO 9000 y UNE-EN ISO 9001.

Asimismo, los organismos que actúen como entidades certificadoras o laboratorios de ensayo deberán ser conformes a lo establecido en las normas UNE-EN 45011, UNE-EN ISO/IEC 17021 y UNE-EN ISO/IEC 17025.

Para cada uno de los componentes de la red de abastecimiento, los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión podrán solicitar la documentación que permita verificar el

cumplimiento de los estándares mínimos de calidad especificados en estas Normas, como pueden ser:

- Certificado de producto emitido por empresa certificadora acreditada por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) u organismo equivalente para la norma de producto de referencia. Adicionalmente, se podrá solicitar el informe de ensayos efectuados para la obtención de dicho certificado
- Certificado de producto emitido por empresa certificadora no acreditada por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) u organismo equivalente para la norma de producto de referencia. Adicionalmente, se podrá solicitar el informe de ensayos efectuados para la obtención de dicho certificado
- Relación de ensayos según normativa de referencia realizados por laboratorio acreditado por ENAC u organismo equivalente
- Relación de ensayos según normativa de referencia realizados por laboratorio competente
- Otros requisitos para verificar la suficiencia

En cada caso los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión valorarán la validez y suficiencia de la documentación anterior.

En cuanto a la calidad del agua, ninguno de los componentes en contacto con el agua de consumo humano debe producir alteración alguna en las características físicas, químicas, bacteriológicas y organolépticas del agua, teniendo en cuenta el tiempo y los tratamientos físico-químicos a que ésta haya podido ser sometida.

Así pues, los fabricantes deberán declarar la composición de todos los materiales utilizados en la fabricación de sus componentes así como el cumplimiento de los requerimientos de la normativa vigente de productos en contacto con el agua para consumo humano.

V.2 Control de la fabricación de los componentes

El fabricante deberá asegurar la calidad de sus productos durante la fabricación mediante un sistema de control de las materias primas y del proceso de fabricación, que garantice el cumplimiento de las prescripciones técnicas de la norma de referencia utilizada para la producción de los componentes de las redes de abastecimiento.

A petición de Canal de Isabel II Gestión, el fabricante deberá facilitar la documentación relativa a cada uno de los componentes suministrados, al objeto de conocer las características técnicas, materias primas, proceso de fabricación, control de calidad durante el mismo, certificaciones de producto y recomendaciones de instalación y manipulación de los mismos.

Todos los componentes, con independencia del tipo de material, deberán ser sometidos a una inspección visual al finalizar el proceso de fabricación, de forma que se verifique la uniformidad en el color y el aspecto de los mismos, y que tanto la superficie exterior como la interior estén libres de irregularidades que puedan afectar negativamente al cumplimiento de los requisitos previstos. Igualmente serán sometidos a una comprobación de sus características geométricas para verificar que todas sus dimensiones son correctas.

Cuando alguna directiva de la Unión Europea obligue a que determinados componentes a instalar en las redes vayan identificados con el distintivo "CE" (declaración del fabricante de que el producto cumple con el contenido de una norma europea armonizada), se atenderá a lo dispuesto en ella.

En concreto se deberá cumplir lo indicado en los apartados siguientes para las conducciones de los diferentes materiales.

V.2.1 Fundición dúctil (FD)

Será de aplicación lo especificado en la norma UNE-EN 545, cuyo contenido se resume en la Tabla 66.

Tabla 66. Control de calidad de tubos y piezas especiales de fundición dúctil (UNE-EN 545)

Tipo de control		Apartados
Control de materiales	Tracción	6.3; 4.4.1
	Dureza Brinell	6.4; 4.4.2
Características geométricas	Diámetro exterior	6.1.2; 4.3.2.1
	Diámetro interior	6.1.3; 4.3.2.2
	Espesor de la pared	6.1.1; 4.3.1
	Longitud	6.1.4; 4.3.3
Características mecánicas	Rectitud	6.2; 4.3.4
	Resistencia a flexión longitudinal	Anexo B
	Rigidez diametral	Anexo C
Control de los revestimientos	Estanquidad bajo presión	6.5; 4.8
	Masa de recubrimiento de cinc	6.6; 4.5.2.2
	Resistencia a compresión del recubrimiento de mortero de cemento	7.1; 4.5.3.2
	Espesor del recubrimiento del mortero de cemento	6.8; 4.5.3.3
Control de las uniones	Espesor de recubrimiento de pintura	6.7; 4.6.2.2
	Estanquidad de las uniones flexibles a la presión interna positiva	7.2.2; 4.8; 5.2.2
	Estanquidad de las uniones flexibles a la presión interna negativa	7.2.3; 4.8; 5.2.2
	Estanquidad de las uniones automáticas a la presión externa positiva	7.2.4; 4.8; 5.2.2
	Estanquidad de las uniones flexibles a la presión interna cíclica	7.2.5; 4.8; 5.2.2
Estanquidad y resistencia mecánica de las uniones embridadas	7.3; 4.8; 5.4	

V.2.2 Hormigón (HC/HT)

Será de aplicación lo especificado en las normas UNE-EN 639, UNE-EN 641 y UNE-EN 642 cuyo contenido se resume en la Tabla 67, Tabla 68 y Tabla 69 respectivamente.

Tabla 67. Control de calidad de tubos de hormigón, incluyendo juntas y accesorios (UNE-EN 639)

Tipo de control		Apartados
Control de materiales		5
Geometría y dimensiones		6.1
Métodos de ensayo	Diámetro interior	6.4.1
	Longitud interior del cuerpo del cilindro	6.4.2
	Rectitud y estado de la superficie	6.4.3
	Escuadrado	6.4.4
	Espesor de la pared	6.4.5
	Boquillas	6.4.6
	Prueba hidráulica de la camisa de chapa	6.4.7
	Prueba de líquidos penetrantes	6.4.8
	Elementos de sellado (anillos de elastómero)	6.4.9
	Resistencia del hormigón	6.4.10
	Fisuración del hormigón	6.4.11
	Ensayo de desviación angular y cortante	6.4.12
Control de recepción		7.2
Instalación y prueba		10

Tabla 68. Control de calidad de tubos de hormigón armado con camisa de chapa, incluyendo juntas y accesorios (UNE-EN 641)

Tipo de control		Apartados
Control de materiales		2
Ensayos en fábrica	Ensayos de hormigón	4.1
	Pruebas de los tubos	4.2

Tabla 69. Control de calidad de tubos de hormigón pretensado con camisa de chapa, incluyendo juntas, accesorios y prescripciones particulares relativos al acero de pretensar los tubos (UNE-EN 642)

<i>Tipo de control</i>		<i>Apartados</i>
Control de materiales		2
Ensayos en fábrica	Probetas cúbicas y cilíndricas	4.1
	Pruebas hidráulicas	4.2
	Ensayo de permeabilidad del revestimiento	4.3

V.2.3 Acero (AC)

Será de aplicación lo especificado en la norma UNE-EN 10224, cuyo contenido se resume en la Tabla 70.

Tabla 70. Control de calidad de tubos y accesorios de acero (UNE-EN 10224)

<i>Tipo de control</i>		<i>Apartados</i>
Control de materiales	Composición química	10.1
Características mecánicas	Ensayo de tracción	10.2.1
	Ensayo de aplastamiento	10.2.2
	Ensayo de avance expansivo	10.2.3
	Ensayo de doblado sobre la soldadura	10.2.4
Calidad interna	Estanquidad	10.3
	Soldadura	10.4; 10.5
Examen visual		10.6
Verificación dimensional		10.7

V.2.4 Polietileno (PE)

Será de aplicación lo especificado en la norma UNE-EN 12201, cuyo contenido se resume en la Tabla 71.

Tabla 71. Control de calidad del compuesto de PE para tubos y accesorios (UNE-EN 12201)

<i>Tipo de control</i>		<i>Apartados UNE-EN 12201-1</i>	<i>Apartados UNE-EN 12201-2</i>	<i>Apartados UNE-EN 12201-3</i>	
Control de materiales	Densidad del compuesto	4.4			
	Contenido en negro de carbono	4.4			
	Dispersión del negro de carbono	4.4			
	Dispersión del pigmento (compuesto azul)	4.4			
	Contenido en agua	4.4			
	Contenido en materias volátiles	4.4			
	Tiempo de inducción a la oxidación	4.4			
	Índice de fluidez en masa	4.4			
	Resistencia a la tracción en uniones a tope por fusión	4.4			
	Resistencia a la propagación lenta de fisuras - dimensión del tubo 110 mm SDR 11	4.4			
	Resistencia a la propagación rápida de fisuras MRS	4.4			
			4.6		
	Características geométricas			6	6
Características mecánicas	Resistencia hidrostática a 20 °C		7	7	
	Resistencia hidrostática a 80 °C		7	7	
Características físicas	Alargamiento en la rotura		7		
	Índice de fluidez en masa MFR		8	8	
	Tiempo de inducción a la oxidación		8	8	
	Resistencia a la descohesión para accesorios de electrofusión por embocadura			7	
	Resistencia a la tracción en uniones por fusión a tope de accesorios (accesorios con extremo macho)			7	

V.2.5 Policloruro de vinilo orientado molecularmente (PVC-O)

Será de aplicación lo especificado en la norma UNE-ISO 16422, cuyo contenido se resume en la Tabla 72.

Tabla 72. Control de calidad de tubos y piezas especiales de PVC-O (UNE-ISO 16422)

	Tipo de control	Apartados
Control de materiales	MRS	7.1
	Tª reblandecimiento Vicat	5.1
	Opacidad	9.2
Características geométricas		10
Características mecánicas	Resistencia a presión hidrostática	11.1
	Resistencia a impactos externos a 0 °C	11.2
	Rigidez anular	11.3
Características físicas	Resistencia a tracción	12
Control de uniones con juntas no resistentes al esfuerzo axial	Estanquidad a presión interna a corto plazo	13.2
	Estanquidad a presión negativa a corto plazo	13.3
	Estanquidad a presión a largo plazo	13.4
Control de uniones resistentes al esfuerzo axial	Ensayo de presión y flexión para estanquidad y resistencia	13.5

V.2.6 Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)

Será de aplicación lo especificado en la norma UNE-EN 1796, cuyo contenido se resume en la Tabla 73.

Tabla 73. Control de calidad de tubos y piezas especiales de PRFV (UNE-EN 1796)

	Tipo de control	Apartados
Control de materiales		4.2
Características geométricas		5.1
Características mecánicas	Rigidez circunferencial específica inicial	5.2.1
	Rigidez circunferencial específica a largo plazo en condiciones de humedad	5.2.2
	Resistencia inicial al fallo en flexión	5.2.3
	Resistencia al fallo, a largo plazo, en la carga última en condiciones de flexión	5.2.4
	Resistencia específica inicial en tracción longitudinal	5.2.5
	Presión de diseño inicial y de fallo para tubos de presión	5.2.6
	Presión de fallo a largo plazo	5.2.7
	Resistencia a tracción	12.1
Control de las juntas		7

V.3 Control de la ejecución de las obras

El control de calidad de la ejecución de las obras (recepción de los distintos componentes que integran la red de abastecimiento, instalación de los mismos, construcción de elementos complementarios...), se realizará atendiendo a lo expuesto a continuación. El personal que intervenga en las tareas de manipulación, montaje o manejo en general de la tubería durante cualquier fase de su instalación debe ser lo más experimentado posible y tener la capacitación adecuada.

- Transporte y almacenamiento de componentes

Las operaciones de transporte se realizarán en vehículos adecuados a las dimensiones de los componentes, garantizando su inmovilidad y colocando elementos de protección entre ellos y en sus extremos para evitar golpes.

El tiempo de almacenamiento se reducirá al mínimo y será recomendable, siempre que sea posible, realizarlo en las proximidades de la zona de trabajo.

- Recepción e inspección visual de componentes

Canal de Isabel II Gestión podrá solicitar a los suministradores la documentación que considere oportuna para comprobar que los componentes cumplen las condiciones técnicas y dimensionales determinadas en el proyecto y aprobadas por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.

La recepción podrá efectuarse directamente en obra o bien desplazándose una persona autorizada a fábrica. Las comprobaciones o ensayos podrán efectuarse por muestreo dentro de cada lote de fabricación. El resultado del muestreo se asignará al total del lote siendo significativo para su rechazo o aceptación global.

Una vez recibido cualquier componente, y previamente a su instalación, será sometido a un examen visual a fin de comprobar que no presenta deterioros perjudiciales producidos durante el transporte.

Se procederá a la devolución de aquellos componentes defectuosos que no superen la inspección visual o no cumplan las condiciones técnicas establecidas de forma previa al suministro.

Los tubos se reconocerán y limpiarán de cualquier cuerpo extraño vigilando especialmente que la superficie interior sea lisa, no admitiéndose más defectos de regularidad que los accidentales siempre que estén dentro de las tolerancias permitidas. Se comprobará asimismo que la superficie exterior no presente grietas, poros o daños en la protección o acabado. Los espesores deberán ser uniformes.

Todas las piezas constitutivas de mecanismos (llaves, válvulas, juntas mecánicas, etc.), deberán ser intercambiables para un mismo diámetro nominal y presión normalizada.

- Comprobaciones dimensionales

Siempre que se hagan operaciones de manipulado en obra en los tubos o en las piezas especiales, tales como corte de los mismos, deben realizarse posteriormente las oportunas comprobaciones dimensionales, al objeto de verificar que se cumplen las características geométricas y las tolerancias de las mismas establecidas para cada tipo de tubo en los respectivos apartados de este documento y las normas correspondientes.

- Ensayos de las soldaduras

Deben llevarse a cabo ensayos mediante la utilización de líquidos penetrantes, en todas las soldaduras realizadas en obra en los tubos de acero y en los de hormigón armado o pretensado con camisa de chapa. Para ello se recomienda seguir las indicaciones de la norma UNE-EN 571-1, no debiendo detectarse ningún poro durante el ensayo.

Además, se recomienda que, sobre el 10% o el 20% de las mismas, se realicen ensayos por otros procedimientos, tales como radiografías o partículas magnéticas, de forma, que si los fallos detectados exceden porcentajes de más del 5 o el 10%, este control radiográfico podría extenderse al 50% o incluso al 100% de las soldaduras.

En los tubos de PE, el control de las soldaduras en obra se recomienda realizarlo conforme lo especificado por las normas UNE 53394, UNE-EN 12814, DVS 2203, DVS 2206 y DVS 2207.

- Ensayos de los revestimientos

Cuando se apliquen revestimientos en obra, deben realizarse los ensayos de control de calidad que indique el correspondiente proyecto o los Servicios Técnicos de Canal

de Isabel II Gestión. En particular, para los tubos de fundición y de acero se aplicará lo indicado en los apartados II.2.2.7 y II.2.4.7 respectivamente.

- Comprobación de trazado y secciones tipo

Se procederá a la verificación de alineaciones y rasantes para que éstas sean conformes a lo establecido en el proyecto correspondiente. Asimismo, se efectuará la comprobación dimensional de las secciones tipo de zanjas definidas para cada tramo de la red.

- Control de calidad de materiales utilizados en camas de apoyo y rellenos

Los ensayos a efectuar en materiales utilizados en camas de apoyo y rellenos, así como el control de la ejecución de los mismos, deberán estar indicados en el proyecto de la red de abastecimiento, si bien se recomienda efectuar los que se enumeran en la Tabla 74.

Tabla 74. Ensayos recomendados por m³ o ml de zanja en camas de apoyo y rellenos.

Ensayo	Nº de ensayos	Aplicable a	Método de ensayo
Límites de Atterberg	2	Camas de material granular. Rellenos	UNE 103103
Granulometría	2		UNE 103104
Próctor normal	2		UNE 103101
Análisis de sulfatos (Tubos de hormigón)	2		UNE 103500
			UNE 103201
			UNE 103202
Densidad	2/3	Camas de material granular	
	6	Rellenos	UNE 103503
Humedad	6	Rellenos	UNE 103300

- Control de la instalación de las conducciones y ejecución de uniones

Se comprobará que la conducción está convenientemente colocada sobre el lecho de asiento, que no haya sufrido ningún desperfecto durante la manipulación y que las uniones cumplen lo especificado en el correspondiente capítulo de estas Normas.

- Control de la construcción de los elementos complementarios de la red.

En los elementos complementarios de la red (macizos de anclaje, arquetas, cámaras de válvulas, etc.) debe realizarse, en primer lugar, un examen visual, al objeto de comprobar que su aspecto general es satisfactorio. Posteriormente, han de efectuarse las oportunas comprobaciones dimensionales y demás especificaciones que figuren en el proyecto.

Dentro de este control de calidad de la instalación cobra especial importancia la realización de las conocidas como pruebas de la tubería instalada, que no son sino un ensayo de estanquidad mediante presión hidráulica interior por tramos de la conducción una vez montada. Dichas pruebas, por su importancia singular, se describen en el apartado V.4.

Por otra parte, en el caso de que en la red se instalen depósitos, también será necesario realizar el control de calidad específico de este tipo de estructuras, que se describe en el apartado V.5.

V.4 Pruebas de la tubería instalada

La prueba de la tubería instalada se realizará conforme a la metodología general de la norma UNE-EN 805. Dicha metodología, desarrollada en los siguientes apartados, es de

aplicación para las conducciones de cualquiera de los materiales incluidos en estas Normas. Para las tuberías de comportamiento viscoelástico, como las de PE, se recomienda seguir el procedimiento de verificación descrito en el anexo A.27 de dicha norma, que tiene en cuenta la fluencia que caracteriza al material.

Las pruebas se efectuarán de forma previa a la ejecución de acometidas y podrán realizarse por muestreo de los diversos tramos de que conste la instalación, según las indicaciones de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.

Antes del comienzo de las pruebas, se realizarán las operaciones de relleno y anclaje, así como la selección y llenado de los tramos de prueba, en caso de que la conducción no sea probada en su totalidad. La longitud de los tramos de prueba dependerá de las características particulares de cada uno de ellos (podrá oscilar entre 250 y 1.000 o incluso 2.000 metros), debiendo ser aprobada por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión. Para la selección de los tramos de prueba se pueden seguir, junto con otras, las indicaciones dadas en la propia UNE-EN 805. En particular se recomienda que:

- 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
- En la medida de lo posible, sus extremos coincidan con válvulas de paso de la tubería

Para todas las conducciones, la presión de prueba, STP, se calculará a partir de la presión máxima de diseño, MDP, considerando los siguientes dos casos:

- Golpe de ariete calculado en detalle:

$$STP = MDP_c + 0,1 \quad (\text{MPa})$$

- Golpe de ariete estimado o no calculado en detalle, el menor valor de los siguientes:

$$STP = MDP_a + 0,5 \quad (\text{MPa})$$

$$STP = 1,5 \cdot MDP_a \quad (\text{MPa})$$

Siendo:

MDP_c Presión máxima de diseño con golpe de ariete calculado en detalle (MPa).

MDP_a Presión máxima de diseño con golpe de ariete estimado o no calculado en detalle (MPa).

En los casos de impulsiones y grandes diámetros, deberá calcularse en detalle el valor del golpe de ariete. Sólo en caso de redes de distribución por gravedad puede ser estimado como $MDP_a = 1,2 \cdot DP$, debiendo cumplir $MDP_a \geq DP + 0,2 \text{ MPa}$.

El procedimiento de prueba debe ser especificado por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión y, conforme a la metodología general indicada en la norma UNE-EN 805, puede llevarse a cabo en tres fases:

- Prueba preliminar
- Prueba de purga
- Prueba principal o de puesta en carga

Las fases necesarias serán fijadas en cada caso por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión, que asimismo deberán aprobar el desarrollo de las mismas.

V.4.1 Prueba preliminar

De forma general, la prueba preliminar puede realizarse conforme se detalla a continuación.

Se comenzará llenando lentamente de agua el tramo objeto de la prueba. Se dejarán abiertos todos los elementos que puedan dar salida al aire, para después ir cerrando cada uno de ellos sucesivamente de aguas abajo a arriba. Una vez llena de agua se debe mantener la tubería en esta situación al menos 24 horas.

A continuación, se aumentará la presión hidráulica de forma constante y gradual hasta alcanzar un valor comprendido entre MDP y STP, de forma que el incremento de presión no supere 0,1 MPa por minuto, manteniendo estos límites durante un tiempo, que dependerá del material de la conducción y será establecido por el proyectista considerando las normas del producto aplicables.

Durante este período de tiempo no debe haber pérdidas apreciables de agua, ni movimientos aparentes de la conducción.

V.4.2 Prueba de purga

La presencia de aire en la conducción produce datos erróneos y reduce la precisión de la prueba principal de presión. Los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión deberán especificar si la prueba de purga debe llevarse a cabo. Un método para realizar el ensayo y los cálculos necesarios se describe en el anexo A.26 de la norma UNE-EN 805, que es el desarrollado en este apartado en los siguientes pasos:

- Se presuriza la conducción hasta alcanzar la presión de prueba de la red (STP), prestando atención a que la purga del equipo de prueba se complete.
- Se extrae un volumen de agua a contabilizar ΔV de la conducción midiéndose la caída de presión correspondiente ΔP .
- Se compara el volumen de agua extraído con el volumen de la pérdida de agua admisible ΔV_{\max} correspondiente a la caída de presión medida ΔP , calculada según la siguiente fórmula:

$$\Delta V_{\max} = 1,5 \cdot V \cdot \Delta P \cdot \left(\frac{1}{E_w} + \frac{ID}{e \cdot E} \right)$$

Siendo:

ΔV_{\max}	Pérdida de agua admisible (l).
V	Volumen del tramo de conducción en prueba (l).
ΔP	Caída de presión medida durante la prueba (MPa).
E	Módulo de elasticidad del material de la conducción (MPa), (ver Tabla 75).
E_w	Módulo de compresibilidad del agua ($2,1 \cdot 10^3$ MPa).
ID	Diámetro interior de la conducción (mm).
e	Espesor nominal de la conducción (mm).
1,5	Factor de corrección que considera la cantidad de aire restante admisible antes de la prueba principal de presión.

Tabla 75. Módulo de elasticidad del material de la tubería

Material	E (MPa)	
Fundición	1,70 x 10 ⁵	
Acero	2,10 x 10 ⁵	
Hormigón	2,00 x 10 ⁴ – 4,00 x 10 ⁴	
PVC-O	3.500	
PE	1.000 (corto plazo)	150 (largo plazo)
PRFV	1,0 x 10 ⁴ – 3,9 x 10 ⁴	

V.4.3 Prueba principal o de puesta en carga

La prueba principal de presión no debe comenzar hasta que hayan sido completadas satisfactoriamente la prueba preliminar y la prueba de purga especificada, en caso de ser requeridas.

Se admiten dos métodos de prueba básicos:

- El método de prueba de caída o pérdida de presión.
- El método de prueba de pérdida de agua.

Los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión especificarán el método a utilizar, cuyo desarrollo se deberá ajustar a lo siguiente:

- Método de prueba de caída o pérdida de presión

Para evaluar la pérdida de presión, la presión hidráulica interior se aumentará de forma constante y gradual mediante bombeo, de forma que el incremento de presión no supere 0,1 MPa por minuto, hasta alcanzar el valor de STP.

Alcanzado dicho valor, se desconectará el bombeo y no se admitirá la entrada de agua en al menos una hora. Transcurrido este tiempo, se medirá con un manómetro el descenso de presión durante dicho intervalo, que deberá ser inferior a 0,02 MPa.

- Método de prueba de pérdida de agua

Para medir la pérdida de agua se pueden emplear dos métodos equivalentes: medida del volumen evacuado o medida del volumen bombeado.

En ambos métodos se incrementará la presión regularmente mediante bombeo hasta alcanzar el valor de STP en la conducción. Posteriormente se mantendrá la STP mediante bombeo, si es necesario, durante un periodo no inferior a una hora.

Para el método de medida del volumen evacuado, se desconectará la bomba y no se permitirá que entre más agua en la conducción durante un periodo de prueba de al menos una hora. Al final de este periodo se medirá la presión reducida y se procederá a recuperar la STP bombeando. Se medirá la pérdida, evacuando agua hasta que se alcance nuevamente la anterior presión reducida.

Para el método de medida del volumen bombeado, se medirá la cantidad de agua que es necesario inyectar para mantener la presión de prueba de la red durante el periodo de tiempo indicado anteriormente.

El volumen final evacuado o suministrado durante la primera hora de prueba no deberá exceder el valor dado por la siguiente expresión:

$$\Delta V_{\max} = 1,2 \cdot V \cdot \Delta P \cdot \left(\frac{1}{E_w} + \frac{ID}{e \cdot E} \right)$$

Siendo:

ΔV_{\max}	Pérdida de agua admisible (l).
V	Volumen del tramo de conducción en prueba (l).
ΔP	Caída admisible de presión durante la prueba (0,02 MPa).
E	Módulo de elasticidad del material de la conducción (MPa), (ver Tabla 75).
E_w	Módulo de compresibilidad del agua ($2,1 \cdot 10^3$ MPa).
ID	Diámetro interior de la conducción (mm).
e	Espesor nominal de la conducción (mm).
1,2	Factor de corrección que, entre otros aspectos, tiene en cuenta el efecto del aire residual existente en la conducción.

Cuando, durante la realización de esta prueba principal o de puesta en carga, el descenso de presión o las pérdidas de agua sean superiores a los valores admisibles antes indicados, se analizarán las causas y se corregirán los defectos observados.

Para las actas de las pruebas se utilizarán formularios similares a los que se incluyen a continuación:

ACTA DE PRUEBAS DE CAÍDA DE PRESIÓN O PÉRDIDA DE AGUA EN CONDUCCIONES BAJO PRESIÓN CON GOLPE DE ARIETE CALCULADO

DEPARTAMENTO:
DIVISIÓN:

FECHA:

OBRA:
CONTRATISTA:
DIRECTOR DE OBRA:
PROMOTOR:

CÓDIGO DE MANÓMETRO/CAUDALÍMETRO UTILIZADO:

ASISTENTES:

D. En representación de:
D. En representación de:
D. En representación de:

PRUEBA DE CAÍDA DE PRESIÓN O PÉRDIDA DE AGUA PARA GOLPE DE ARIETE CALCULADO (Según UNE-EN 805. Apartado 11.3)

Ø: Diámetro (mm).

L: Longitud del tramo de conducción en prueba (m).

A: Presión Máxima de Diseño, MDPc, con golpe de ariete calculado (MPa).

B: Presión de prueba de la red, STP, con golpe de ariete calculado (MPa).

$$STP = MDPc + 0,1$$

C: Caída de presión real medida en una hora (MPa).

ΔV: Volumen final suministrado (l).

ΔV_{máx}: Pérdida admisible (l).

$$\Delta V_{\max} = 1,2 \cdot V \cdot \Delta P \cdot \left(\frac{1}{E_w} + \frac{ID}{e \cdot E} \right)$$

V Volumen del tramo de conducción en prueba (l).
 ΔP Caída admisible de presión durante la prueba (0,02 MPa).
 E Módulo de elasticidad del material de la conducción (MPa).
 E_w Módulo de compresibilidad del agua (2,1·10³ MPa).
 ID Diámetro interior de la conducción (mm).
 e Espesor nominal de la conducción (mm).
 1,2 Factor de corrección que, entre otros aspectos, tiene en cuenta el efecto del aire residual existente en la conducción.

CRITERIOS DE VALIDEZ

Prueba de caída de presión: C ≤ 0,02 MPa
 Prueba de pérdida de agua: ΔV ≤ ΔV_{máx}

Tramo	Tubería			Presión (MPa)			Volumen (l)		Observaciones
	Material	Ø (mm)	L (m)	A	B	C	ΔV	ΔV _{máx}	

FIRMAS

ACTA DE PRUEBAS DE CAÍDA DE PRESIÓN O PÉRDIDA DE AGUA EN CONDUCCIONES BAJO PRESIÓN CON GOLPE DE ARIETE ESTIMADO

DEPARTAMENTO:
DIVISIÓN:

FECHA:

OBRA:
CONTRATISTA:
DIRECTOR DE OBRA:
PROMOTOR:

CÓDIGO DE MANÓMETRO/CAUDALÍMETRO UTILIZADO:

ASISTENTES:

D. En representación de:
D. En representación de:
D. En representación de:

PRUEBA DE CAÍDA DE PRESIÓN O PÉRDIDA DE AGUA PARA GOLPE DE ARIETE ESTIMADO (Según UNE-EN 805. Apartado 11.3)

Ø: Diámetro (mm).

L: Longitud del tramo de conducción en prueba (m).

A: Presión Máxima de Diseño, MDPa, con golpe de ariete estimado (MPa).

B: Presión de prueba de la red, STP, con golpe de ariete estimado (MPa).

El menor de los valores siguientes:

$$STP = MDPa + 0,5$$

$$STP = MDPa \times 1,5$$

C: Caída de presión real medida en una hora (MPa).

ΔV: Volumen final suministrado (l).

ΔV_{máx}: Pérdida admisible (l).

$$\Delta V_{\max} = 1,2 \cdot V \cdot \Delta P \cdot \left(\frac{1}{E_w} + \frac{ID}{e \cdot E} \right)$$

V Volumen del tramo de conducción en prueba (l).

ΔP Caída admisible de presión durante la prueba (0,02 MPa).

E Módulo de elasticidad del material de la conducción (MPa).

E_w Módulo de compresibilidad del agua (2,1·10³ MPa).

ID Diámetro interior de la conducción (mm).

e Espesor nominal de la conducción (mm).

1,2 Factor de corrección que, entre otros aspectos, tiene en cuenta el efecto del aire residual existente en la conducción.

CRITERIOS DE VALIDEZ

Prueba de caída de presión: C ≤ 0,02 MPa

Prueba de pérdida de agua: ΔV ≤ ΔV_{máx}

Tramo	Tubería			Presión (MPa)			Volumen (l)		Observaciones
	Material	Ø (mm)	L (m)	A	B	C	ΔV	ΔV _{máx}	

FIRMAS

V.5 Control de la recepción de los depósitos

Para comprobar que se cumple lo establecido en el proyecto en lo relativo a la construcción de los depósitos, se realizará el control de calidad de la recepción, que incluirá al menos los siguientes aspectos:

- Estructural: Control de movimientos y fisuración.
- Funcional: Estanquidad y funcionamiento de equipos.
- Higiénico: Limpieza y desinfección del depósito y control de calidad del agua.

Todos ellos se pueden analizar en una prueba consistente en el llenado total de todos los compartimentos que conforman el depósito y la realización de mediciones, tanto en la situación de depósito vacío como en la de depósito lleno.

Para evitar en lo posible el desperdicio de agua, se estudiará detenidamente el protocolo de llenado y vaciado de los vasos, de tal modo que resulte compatible con las pautas de consumo de la población abastecida. En el caso de depósitos con vasos múltiples puede emplearse la misma masa de agua para el llenado sucesivo de los distintos vasos. Por la misma razón, conviene que antes de la realización de la prueba se proceda a la limpieza y desinfección del depósito y de sus instalaciones para asegurar la calidad del agua almacenada.

En caso de no pasar la prueba satisfactoriamente, se estudiarán posibles soluciones y se realizará una nueva prueba de llenado tras las reparaciones.

Antes de efectuar el llenado del depósito, se comprobará el correcto funcionamiento de todos los aparatos y equipos del depósito, tales como:

- Valvulería, bombas y conducciones de actuación manual, motorizada o remota.
- Limnímetros, caudalímetros y otros equipos de medición.
- Sistemas de transmisión de datos y de telemando.
- Equipos de limpieza, desinfección y de análisis de calidad del agua.
- Iluminación, cuadros de control y sistemas de suministro eléctrico normal y de emergencia.
- Equipos de ventilación.
- Equipos de vigilancia de las instalaciones.
- Accesibilidad a los distintos espacios y elementos de seguridad en dichos accesos.

V.5.1 Control de movimientos

Los principales parámetros a tener en cuenta son los correspondientes a los movimientos de los muros y a las aperturas de juntas y fisuras, debiendo comprobarse la inexistencia de deformaciones y pérdidas de agua inadmisibles.

Con el fin de evitar movimientos en el depósito, la velocidad de llenado no deberá superar los 2 m cada 24 horas, y el llenado deberá hacerse en lo posible a velocidad constante. Si el depósito se encuentra semienterrado y el movimiento de los muros debido a los primeros metros de llenado puede suponerse despreciable frente a la flexión total, se podrá acelerar el llenado de esos primeros metros del depósito.

V.5.2 Ensayos de estanquidad

Estos ensayos se basarán fundamentalmente en comprobar la estanquidad de los muros, la solera y la cubierta del depósito.

Pese a no existir una normativa española al respecto, en estas Normas se recoge un procedimiento basado en la norma inglesa BS 8007, de común aceptación para estos ensayos.

V.5.2.1 Estanquidad de los muros y la solera del depósito

Previamente a la finalización de la construcción se deberá:

- Asegurar que los dispositivos adecuados de evacuación del agua están operativos.
- Limpiar cuidadosamente las superficies interiores.
- Aislar y asegurar todas las conducciones de entrada y salida.
- Llenar despacio el compartimento con agua hasta el nivel de lleno total.
- Permitir un período de absorción donde sea apropiado, para conseguir la saturación de las superficies mojadas y si fuera necesario, llenar con agua al final de dicho período.

El procedimiento de ensayo será el siguiente:

- Medir y registrar el nivel de agua al comienzo del ensayo mediante un punto de referencia fijo.
- Observar y medir el caudal en el drenaje subterráneo.
- Medir el nivel de agua a intervalos durante la ejecución del ensayo. Hacer un seguimiento del estado de las superficies exteriores, incluyendo las paredes divisorias, para detectar pérdidas.
- Al final de período de ensayo medir el nivel final del agua.
- Calcular las pérdidas de agua.
- Completar el informe del ensayo.

Para la realización de esta prueba, el llenado del vaso se realizará a una velocidad no superior a los 2 m de lámina de agua cada 24 horas. Durante la fase de llenado y posteriores, se registrarán detalladamente la eventual aparición de humedades y flujos de agua a través de fisuras, debiendo detenerse el ensayo si las filtraciones resultasen peligrosas para la integridad de la estructura.

En ningún caso se admitirán las pérdidas vistas.

Para distinguir entre las pérdidas debidas a la absorción inicial de la superficie de hormigón y a fisuras autosellantes del resto de las filtraciones existentes, se mantendrá el depósito lleno durante un periodo de tiempo suficiente en el que se controlará la velocidad de vaciado del mismo, aportándose el agua consumida. Esta primera fase de absorción tendrá una duración comprendida entre una semana, para aquellos depósitos calculados con una anchura máxima de fisura inferior a 0,1 mm, y tres semanas, para anchura máxima de fisura mayor o igual a 0,2 mm.

Durante esta fase de estabilización se registrarán los caudales filtrados recogidos por la red de drenaje bajo solera. También se indicará si las fisuras registradas durante el llenado y la fase de estabilización se han sellado o si, por el contrario, siguen provocando filtraciones.

Una vez finalizada la fase de absorción inicial, se mantendrá el depósito lleno sin aportación adicional de agua durante al menos 7 días más, en los que se registrará el nivel del depósito y las filtraciones recogidas por la red de drenaje. Salvo que en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del depósito se establezca otra especificación, el descenso de la lámina de agua debido a las filtraciones que se recojan durante esta segunda fase no debe superar los siguientes límites:

- 2‰ de la capacidad total del vaso estudiado.
- 10 mm de descenso absoluto de la lámina de agua.

Para ajustar en lo posible la cifra real de pérdidas por filtración, podrán restarse las pérdidas de agua debidas a la evaporación.

En caso de no resultar favorable la prueba, se propondrá una solución que asegure la estanquidad del depósito y se realizará otro ensayo tras la ejecución de los trabajos de impermeabilización, que puede igualmente requerir una primera fase de estabilización.

Las reparaciones de fisuras, juntas, etc. deberán efectuarse desde la cara en contacto con el agua. El material empleado ha de tener la flexibilidad adecuada, no reaccionar con el agua y ser compatible con el posterior uso del agua almacenada según lo indicado en el apartado del control de calidad del agua (ver apartado V.5.3).

V.5.2.2 Estanquidad de la cubierta del depósito

Previamente a la realización del ensayo se deberá:

- Asegurar que el compartimento está vacío de agua.
- Si se trata de una cubierta plana, realizar provisiones temporales para sellar cualquier pérdida en la cubierta.
- Realizar los ajustes temporales para conseguir la profundidad de agua necesaria en la cubierta.

El procedimiento de ensayo será el siguiente:

- Mojar o inundar la cubierta.
- Se mojará con agua por aspersión o inundación sobre el área completa.
- Observar la parte inferior de la cubierta para detectar las pérdidas.
- Completar el informe del ensayo.

La cubierta del depósito deberá ser impermeable para evitar la contaminación del agua almacenada por la lluvia y los arrastres de la suciedad acumulada en la misma. Siempre que sea posible, se deberá comprobar la estanquidad de la cubierta inundándola con una lámina de agua de al menos 25 mm durante no menos de 24 horas, para detectar eventuales filtraciones.

Cuando la geometría de la cubierta impida su inundación, se procederá al regado por aspersión durante al menos 6 horas.

Si apareciesen filtraciones, goteras o manchas de humedad en la cara inferior de la cubierta o en el contacto de ésta con los muros perimetrales durante el ensayo de estanquidad o inmediatamente después, deberá proponerse una solución de impermeabilización de la cubierta y repetirse el ensayo de estanquidad en las zonas afectadas una vez efectuadas las reparaciones.

V.5.3 Control de la calidad del agua

Para el procedimiento de control de calidad del agua se seguirá el establecido por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.

Normativa citada

En los diferentes apartados de estas Normas se hace referencia a una serie de disposiciones legales y normativas que han servido de base para su redacción y que se deben tener en cuenta para su aplicación.

La relación de las versiones correspondientes a las disposiciones aplicables en cada caso, con referencia a su fecha de aprobación, es la que se indica a continuación.

Legislación europea

Directiva 2004/108/CE	Aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros relativas a la compatibilidad electromagnética.
Directiva 2006/42/CE	Máquinas.
Directiva 2006/95/CE	Aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.

Legislación nacional

Ley 16/1985	Ley del Patrimonio Histórico Español.
Ley 25/1988	Ley de Carreteras.
Ley 3/1995	Ley de Vías Pecuarias.
Ley 54/1997	Ley del Sector Eléctrico.
Ley 39/2003	Ley del Sector Ferroviario.
RD Leg 1/2001	Texto Refundido de la Ley de Aguas.
RD 3275/1982	Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
RD 1812/1994	Reglamento General de Carreteras.
RD 849/1996	Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

RD 486/1997	Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
RD 614/2001	Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
RD 842/2002	Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT) e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 a BT 51.
RD 997/2002	Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSE-02).
RD 140/2003	Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
RD 2387/2004	Reglamento del Sector Ferroviario.
RD 314/2006	Código Técnico de la Edificación.
RD 956/2008	Instrucción para la recepción de cementos (RC-08).
RD 1247/2008	Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
RD 1664/1998	Planes Hidrológicos de cuenca.
RD 2060/2008	Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
RD 2032/2009	Unidades legales de medida.
RD 751/2011	Instrucción de Acero Estructural (EAE).
Decreto 2922/1975	Reglamento para el servicio y distribución de las aguas del Canal de Isabel II.
Orden de 6 de julio de 1984	por la que se aprueban las instrucciones técnicas complementarias del reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación (MIE-RAT).
Orden de 13 de agosto de 1999	por la que se dispone la publicación de las determinaciones de contenido normativo del Plan Hidrológico de cuenca del Tajo, aprobado por el Real Decreto 1664/1998.
Orden FOM/1382/2002, de 16 mayo,	por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes relativos a la construcción de explanaciones, drenajes y cimentaciones (PG-3).
Orden SCO/1591/2005	Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo.
Orden SAS/1915/2009	Sustancias para el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano.

Legislación autonómica

Ley 3/1991	Ley de Carreteras de la Comunidad de Madrid.
Decreto 29/1993	Reglamento de la Ley de Carreteras de la Comunidad de Madrid.

Normas UNE

UNE 21089-1:2002	Identificación de los conductores aislados de los cables.
UNE 21123	Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV.
21123-1:2010	Parte 1: Cables con aislamiento y cubierta de policloruro de vinilo.
21123-2:2010	Parte 2: Cables con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de policloruro de vinilo.
21123-3:2011	Parte 3: Cables con aislamiento de etileno-propileno y cubierta de policloruro de vinilo.
21123-4:2010	Parte 4: Cables con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de poliolefina.
21123-5:2011	Parte 5: Cables con aislamiento de etileno propileno y cubierta de poliolefina.
UNE 36068:2011	Barras corrugadas de acero soldable para uso estructural en armaduras de hormigón armado.
UNE 36092	Mallas electrosoldadas de acero para armaduras de hormigón armado.
36092:1996	
36092:1997 ERRATUM	
UNE 36094	Alambres y cordones de acero para armaduras de hormigón pretensado.
36094:1997	
36094:1997 ERRATUM	
UNE 53331 IN	Plásticos. Tuberías 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.
53331:1997 IN	
53331:2002 IN ERRATUM	
UNE 53394:2006 IN	Materiales plásticos. Código de instalación y manejo de tubos de polietileno (PE) para conducción de agua a presión. Técnicas recomendadas.
UNE 53994:2011	Plásticos. Tubos y accesorios termoplásticos y termoplástico reforzado con fleje metálico para drenaje enterrado en obras de edificación e ingeniería civil.
UNE 103101:1995	Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

UNE 103103:1994	Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande.
UNE 103104:1993	Determinación del límite plástico de un suelo.
UNE 103201	Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo.
103201:1996 103201:2003 ERRATUM	
UNE 103202:1995	Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo.
UNE 103300:1993	Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa.
UNE 103500:1994	Geotecnia. Ensayo de compactación. Próctor normal.
UNE 103503:1995	Determinación "in situ" de la densidad de un suelo por el método de la arena.
UNE 127917:2005	Pozos de registro y cámaras de inspección de hormigón en masa, de hormigón con fibra de acero y de hormigón armado. Complemento nacional a la Norma UNE-EN 1917.

Normas UNE-EN

UNE-EN 124	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.
124:1995 124:2000 ERRATUM	
UNE-EN 287-1:2011	Cualificación de soldadores. Soldeo por fusión. Parte 1: Aceros.
UNE-EN 545:2011	Tubos, racores y accesorios de fundición dúctil y sus uniones para canalizaciones de agua. Requisitos y métodos de ensayo.
UNE-EN 571-1:1997	Ensayos no destructivos. Ensayo por líquidos penetrantes. Parte 1: Principios generales.
UNE-EN 639:1995	Prescripciones comunes para tubos de presión de hormigón incluyendo juntas y accesorios.
UNE-EN 641:1995	Tubos de presión de hormigón armado, con camisa de chapa, incluyendo juntas y accesorios.
UNE-EN 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.

UNE-EN 681

681-1:1996
 681-1/AC:2002
 681-1/A1:1999
 681-1/A2:2002
 681-1:1996/A3:2006
 681-2:2001
 681-2:2001/A1:2002
 681-2:2001/A2:2006
 681-3:2001
 681-3:2001/A1:2002
 681-3:2001/A2:2006
 681-4:2001
 681-4/A1:2002
 681-4:2001/A2:2006

Juntas elastoméricas. Requisitos de los materiales para juntas de estanquidad de tuberías empleadas en canalizaciones de agua y drenaje.

Parte 1. Caucho vulcanizado.
 Parte 2. Elastómeros termoplásticos.
 Parte 2. Elastómeros termoplásticos.
 Parte 2. Elastómeros termoplásticos.
 Parte 3. Materiales celulares de caucho vulcanizado.
 Parte 3. Materiales celulares de caucho vulcanizado.
 Parte 3. Materiales celulares de caucho vulcanizado.
 Parte 4. Elementos de estanquidad de poliuretano moldeado.
 Parte 4. Elementos de estanquidad de poliuretano moldeado.
 Parte 4. Elementos de estanquidad de poliuretano moldeado.

UNE-EN 736

736-1:1996
 736-2:1998
 736-3:2008

Válvulas. Terminología.

Parte 1. Definición de los tipos de válvulas.
 Parte 2. Definición de los componentes de las válvulas.
 Parte 3: Definición de términos.

UNE-EN 805:2000**Abastecimiento de agua. Especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes.****UNE-EN 837**

837-1:1997
 837-1/AC:1998
 837-2:1998
 837-3:1997

Manómetros.

Parte 1: Manómetros de tubo Bourdon. Dimensiones, metrología, requisitos y ensayos.
 Parte 1: Manómetros de tubo Bourdon. Dimensiones, metrología, requisitos y ensayos.
 Parte 2: Recomendaciones para la selección e instalación de manómetros.
 Parte 3: Manómetros de membrana y manómetros de cápsula. Dimensiones, metrología, requisitos y ensayos.

UNE-EN 809**Bombas y grupos motobombas para líquidos. Requisitos comunes de seguridad.**

809:1999+A1:2010
 809:1999+A1:2010/AC:2010

UNE-EN 1074**Válvulas para el suministro de agua. Requisitos de aptitud al uso y ensayos de verificación apropiados.**

1074-1:2001
 1074-1:2001 ERRATUM:2008
 1074-2:2001
 1074-2:2004/A1:2004
 1074-3:2001
 1074-4:2001
 1074-5:2001
 1074-6:2011

Parte 1. Requisitos generales.
 Parte 1. Requisitos generales.
 Parte 2. Válvulas de seccionamiento.
 Parte 2. Válvulas de seccionamiento.
 Parte 3. Válvulas antirretorno.
 Parte 4. Purgadoras y ventosas.
 Parte 5. Válvulas de control.
 Parte 6. Hidrantes.

UNE-EN 1092**Bridas y sus uniones. Bridas circulares para tuberías, grifería, accesorios y piezas especiales, designación PN.**

1092-1:2008
 1092-2:1998

Parte 1: Bridas de acero.
 Parte 2: Bridas de fundición.

1092-3:2004	Parte 3: Bridas de aleación de cobre.
1092-3/AC:2004	Parte 3: Bridas de aleación de cobre.
1092-3:2004/AC:2007	Parte 3: Bridas de aleación de cobre.
1092-4:2002	Parte 4: Bridas de aleaciones de aluminio.
UNE-EN 1401	Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado sin presión. Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U).
1401-1:2009	Parte 1: Especificaciones para tubos, accesorios y el sistema.
UNE-ENV 1401-2:2001	Parte 2: Guía para la evaluación de la conformidad.
UNE-ENV 1401-3:2002	Parte 3: Práctica recomendada para la instalación.
UNE-EN 1412:1996	Cobre y aleaciones de cobre. Sistema europeo de designación numérica.
UNE-EN 1503	Válvulas. Materiales para los cuerpos, caperuzas y cubiertas.
1503-1:2001	Parte 1. Aceros especificados en las normas Europeas.
1503-2:2001	Parte 2. Aceros distintos de los especificados en las normas europeas.
1503-3:2001	Parte 3. Fundiciones especificadas en las normas europeas.
1503-4:2003	Parte 4. Aleaciones de cobre especificadas en las normas europeas.
UNE-EN 1508:1999	Abastecimiento de agua. Requisitos para sistemas y componentes para el almacenamiento de agua.
UNE-EN 1514	Bridas y sus complementos. Medidas de las juntas para bridas designadas por la PN.
1514-1:1997	Parte 1. Juntas planas no metálicas con o sin insertos.
1514-2:2005	Parte 2. Juntas en espiral para su utilización con bridas de acero.
1514-3:1997	Parte 3. Juntas no metálicas con envoltorio de PTFE.
1514-4:1997	Parte 4. Juntas metálicas onduladas, planas o estriadas y juntas metaloplásticas para bridas de acero.
1514-6:2004	Parte 6. Juntas metálicas en diente de sierra revestidas para bridas de acero.
1514-7:2004	Parte 7. Juntas metaloplásticas revestidas para bridas de acero.
1514-8:2005	Parte 8. Juntas tóricas poliméricas para bridas ranuradas.
UNE-EN 1515	Bridas y sus uniones.
1515-1:2000	Parte 1: Selección de la tornillería.
1515-2:2002	Parte 2: Clasificación de materiales para bulones utilizados en bridas de acero, designación PN.
1515-3:2006	Parte 3: Clasificación de materiales para bulones utilizados en bridas de acero, designación por clase.
1515-4:2010	Parte 4: Selección de los bulones para los equipos sometidos a la Directiva de Equipos a Presión 97/23/CE.
UNE-EN 1563:2012	Fundición. Fundición de grafito esferoidal.
UNE-EN 1591	Bridas y sus uniones. Reglas de diseño de las uniones de bridas circulares con junta de estanquidad.
1591-1:2002+A1:2009	Parte 1. Método de cálculo.
1591-1:2002+A1:2009 / AC:2011	Parte 1. Método de cálculo.
1591-2:2010	Parte 2. Parámetros de la junta de estanquidad.

UNE-EN 1796:2006+A1:2009	Sistemas de canalización en materiales plásticos para suministro de agua con o sin presión. Plásticos termoestables reforzados con fibra de vidrio (PRFV) basados en resina de poliéster insaturada (UP).
UNE-EN 1917:2008	Pozos de registro y cámaras de inspección de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibras de acero.
UNE-EN 1982:2009	Cobre y aleaciones de cobre. Lingotes y piezas fundidas.
UNE-EN 10020:2001	Definición y clasificación de los tipos de aceros.
UNE-EN 10025	Productos laminados en caliente de aceros para estructuras.
10025-1:2006	Parte 1: Condiciones técnicas generales de suministro.
10025-2:2006	Parte 2: Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales no aleados.
10025-2:2006 ERRATUM 2012	Parte 2: Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales no aleados.
UNE-EN 10028	Productos planos de acero para aplicaciones a presión.
10028-1:2009+A1:2009	Parte 1: Prescripciones generales.
10028-1:2007+A1:2009/AC:2010	Parte 1: Prescripciones generales.
10028-2:2010	Parte 2: Aceros no aleados y aleados con propiedades especificadas a altas temperaturas.
UNE-EN 10088	Aceros inoxidables.
10088-1:2006	Parte 1: Relación de aceros inoxidables.
10088-2:2008	Parte 2: Condiciones técnicas de suministro para chapas y bandas de acero resistentes a la corrosión para usos generales.
10088-3:2008	Parte 3: Condiciones técnicas de suministro para productos semi-acabados, barras, alambroón, alambre, perfiles y productos calibrados de aceros resistentes a la corrosión para usos generales.
10088-4:2010	Parte 4: Condiciones técnicas de suministro para chapas y bandas de aceros resistentes a la corrosión para usos en construcción.
10088-5:2010	Parte 5: Condiciones técnicas de suministro para barras, alambroón, alambre, perfiles y productos brillantes de aceros resistentes a la corrosión para usos en construcción.
UNE-EN 10224	Tubos y accesorios en acero no aleado para el transporte de líquidos acuosos, incluido agua para consumo humano. Condiciones técnicas de suministro.
10224:2003	
10224:2003/A1:2006	
UNE-EN 10290:2003	Tubos y accesorios de acero para canalizaciones enterradas y sumergidas. Recubrimientos externos de poliuretano o poliuretano modificado aplicados en estado líquido.
UNE-EN 10311:2006	Uniones para la conexión de tubos de acero y sus accesorios para la conducción de agua y otros líquidos acuosos.
UNE-EN 10329:2008	Tubos de acero y sus accesorios para conducciones enterradas o sumergidas. Revestimientos externos de las juntas realizados en obra.

UNE-EN 12068:1999	Protección catódica. Recubrimientos orgánicos exteriores para la protección contra la corrosión de tubos de aceros enterrados o sumergidos, empleados en conjunción con la protección catódica. Cintas y materiales retráctiles.
UNE-EN 12165:1999	Cobre y aleaciones de cobre. Productos y semiproductos para forja.
UNE-EN 12201	Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua y saneamiento con presión. Polietileno (PE).
12201-1:2012	Parte 1: Generalidades.
12201-2:2012	Parte 2: Tubos.
12201-3:2012	Parte 3: Accesorios.
12201-4:2012	Parte 4: Válvulas.
12201-5:2012	Parte 5: Aptitud al uso del sistema.
UNE-CEN/TS 12201-7:2007 EX	Parte 7: Guía para la evaluación de la conformidad.
UNE-EN 12501	Protección de materiales metálicos contra la corrosión-Probabilidad de corrosión en el suelo.
12501-1:2003	Parte 1 Generalidades.
12501-2:2003	Parte 2 Materiales ferrosos de baja aleación y no aleados.
UNE-EN 12560	Bridas y sus juntas. Juntas para las bridas designadas por Clase.
12560-1:2001	Parte 1. Juntas planas no metálicas con y sin insertos.
12560-2:2001	Parte 2. Juntas en espiral para bridas de acero.
12560-3:2001	Parte 3. Juntas no metálicas con envolventes PTFE.
12560-4:2001	Parte 4. Juntas metálicas corrugadas, planas o estriadas y juntas metaloplásticas para bridas de acero.
12560-5:2001	Parte 5. Juntas anulares metálicas para bridas de acero.
12560-6:2004	Parte 6. Juntas metálicas en diente de sierra revestidas para bridas de acero.
12560-7:2004	Parte 7. Juntas metaloplásticas revestidas para bridas de acero.
UNE-EN 12814	Ensayo de uniones soldadas en productos termoplásticos semi-acabados.
12814-1:2000	Parte 1: Ensayo de curvatura.
12814-1/AC:2003	Parte 1: Ensayo de curvatura.
12814-2:2001	Parte 2: Ensayo de tracción.
12814-3:2001	Parte 3: Ensayo de fluencia en tracción.
12814-3:2001/A1:2006	Parte 3: Ensayo de fluencia en tracción.
12814-4:2002	Parte 4: Ensayo de pelado.
12814-5:2001	Parte 5: Examen macroscópico.
12814-6:2001	Parte 6: Ensayo de tracción a baja temperatura.
12814-7:2003	Parte 7: Ensayos de tracción con probetas con entalla en U.
12814-8:2002	Parte 8: Requisitos.
12814-8/AC:2003	Parte 8: Requisitos.
UNE-EN 12842:2001	Accesorios de fundición dúctil para sistemas de tuberías de PVC-U o PE. Requisitos y métodos de ensayo.
UNE-EN 12954:2002	Protección catódica de estructuras metálicas enterradas o sumergidas. Principios generales y aplicación para tuberías.

UNE-EN 13101:2003	Pates para pozos de registro enterrados. Requisitos, marcado, ensayos y evaluación de conformidad.
UNE-EN 13252	Geotextiles y productos relacionados. Requisitos para su uso en sistemas de drenaje.
13252:2001 13252:2002 ERRATUM 13252:2001/A1:2005	
UNE-EN 13331	Sistemas de entibación de zanjas.
13331-1:2002 13331-2:2002	Parte 1. Especificaciones del producto. Parte 2. Evaluación por cálculo o por ensayo.
UNE-EN 13509:2003	Técnicas de medida en protección catódica.
UNE-EN 13969	Láminas flexibles para impermeabilización. Láminas anticapilaridad bituminosas incluyendo láminas bituminosas para la estanquidad de estructuras enterradas. Definiciones y características.
13969:2005 13969:2005/A1:2007	
UNE-EN 14396:2004	Escaleras fijas para pozos de registro.
UNE-EN 14505:2006	Protección catódica de estructuras complejas.
UNE-EN 45011:1998	Requisitos generales para entidades que realizan la certificación de producto.
UNE-EN 50085	Sistemas de canales para cables y sistemas de conductos cerrados de sección no circular para instalaciones eléctricas.
50085-1:1997 50085-1/A1:1999 50085-1:2006 50085-2-1:2008 50085-2-1:2008/A1:2012 50085-2-2:2009 50085-2-3:2000 50085-2-3:2010 50085-2-4:2009	Parte 1: Requisitos generales. Parte 1: Requisitos generales. Parte 1: Requisitos generales. Parte 2-1: Sistemas de canales para cables y sistemas de conductos cerrados de sección no circular para montaje en paredes y techos. Parte 2-1: Sistemas de canales para cables y sistemas de conductos cerrados de sección no circular para montaje en paredes y techos. Parte 2-2: Requisitos particulares para sistemas de canales y sistemas de conductos cerrados de sección no circular destinados a ser montados bajo suelo, enrasados con el suelo o sobre suelo. Parte 2-3: Requisitos particulares para sistemas de canales ranuradas destinados a la instalación en armarios eléctricos. Parte 2-3: Requisitos particulares para sistemas de canales ranuradas destinados a la instalación en armarios eléctricos. Parte 2-4: Requisitos particulares para columnas y torretas.
UNE-EN 50086	Sistemas de tubos para la conducción de cables.
50086-1:1995 50086-1 CORR:2001 50086-1:1995 ERRATUM:2010 50086-2-4:1995 50086-2-4 CORR:2001 50086-2-4/A1:2001	Parte 1: Requisitos generales. Parte 1: Requisitos generales. Parte 1: Requisitos generales. Parte 2-4: requisitos particulares para sistemas de tubos enterrados. Parte 2-4: Requisitos particulares para sistemas de tubos enterrados. Parte 2-4: Requisitos particulares para sistemas de tubos enterrados.

UNE-EN 50122-2

Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Parte 2. Medidas de protección contra los efectos de las corrientes vagabundas producidas por los sistemas de tracción de corriente continua.

50122-2:1999
50122-2:2000 ERRATUM
50122-2 CORR:2002
50122-2/A1:2002
50122-2:2011

UNE-EN 50162:2005

Protección contra la corrosión de corrientes vagabundas de los sistemas de corriente continua.

UNE-EN 55011

Equipos industriales, científicos y médicos. Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medición.

55011:2011
55011:2011/A1:2011

UNE-EN 60034

Máquinas eléctricas rotativas.

60034-1:2005 Parte 1. Características asignadas y características de funcionamiento.

60034-1:2011 Parte 1. Características asignadas y características de funcionamiento.

60034-2:1997 Parte 2. Métodos para la determinación de las pérdidas y del rendimiento de las máquinas eléctricas rotativas a partir de los ensayos (excepto las máquinas para vehículos de tracción).

60034-2/A1:1998 Parte 2. Métodos para la determinación de las pérdidas y del rendimiento de las máquinas eléctricas rotativas a partir de los ensayos (excepto las máquinas para vehículos de tracción).

60034-2/A2:1997 Parte 2. Métodos para la determinación de las pérdidas y del rendimiento de las máquinas eléctricas rotativas a partir de los ensayos (excepto las máquinas para vehículos de tracción).

60034-2-1:2009 Parte 2-1: Métodos normalizados para la determinación de las pérdidas y del rendimiento a partir de ensayos (excepto las máquinas para vehículos de tracción).

60034-3:2008 Parte 3. Reglas específicas para las turbomáquinas síncronas.

EN 60034-4:2008 Part 4: Methods for determining synchronous machine quantities from tests.

60034-5:2003 Parte 5. Grados de protección proporcionados por el diseño integral de las máquinas eléctricas rotativas (código IP). Clasificación.

60034-5:2003 ERRATUM:2005 Parte 5. Grados de protección proporcionados por el diseño integral de las máquinas eléctricas rotativas (código IP). Clasificación.

60034-5:2003/A1:2007 Parte 5. Grados de protección proporcionados por el diseño integral de las máquinas eléctricas rotativas (código IP). Clasificación.

60034-6:1997 Parte 6. Métodos de refrigeración (Código IC).

60034-7:1997 Parte 7. Clasificación de los tipos de construcción, de las disposiciones de montaje y posición de la caja de bornes (código IM).

60034-7:1998 ERRATUM Parte 7. Clasificación de los tipos de construcción, de las disposiciones de montaje y posición de la caja de bornes (código IM).

60034-7/A1:2003 Parte 7: Clasificación de los tipos de construcción, de las disposiciones de montaje y posición de la caja de bornes (código IM).

60034-8:2008 Parte 8. Marcas de los bornes y sentido de giro.

60034-9:2006 Parte 9. Límites de ruido.

60034-9:2006/A1:2008 Parte 9. Límites de ruido.

60034-11:2005 Parte 11. Protección térmica.

60034-12:2003	Parte 12. Características de arranque de los motores trifásicos de inducción de jaula con una sola velocidad para tensiones de alimentación iguales o inferiores a 690 V, 50 Hz.
60034-12:2003/A1:2008	Parte 12. Características de arranque de los motores trifásicos de inducción de jaula con una sola velocidad para tensiones de alimentación iguales o inferiores a 690 V, 50 Hz.
60034-14:2004	Parte 14. Vibraciones mecánicas de determinadas máquinas con altura de eje igual o superior a 56 mm. Medición, evaluación y límites de la intensidad de vibración.
60034-14:2004/A1:2007	Parte 14. Vibraciones mecánicas de determinadas máquinas con altura de eje igual o superior a 56 mm. Medición, evaluación y límites de la intensidad de vibración.
60034-15:2010	Parte 15. Niveles de tensión soportada con impulso de las máquinas rotativas de corriente alterna con bobinas de estator preformadas.
60034-16-1:1996	Parte 16: Sistemas de excitación para máquinas síncronas. Capítulo 1: Definiciones.
60034-16-1:2012	Parte 16-1: Sistemas de excitación para máquinas síncronas. Definiciones.
60034-16:1996	Parte 16. Sistemas de excitación para máquinas síncronas.
60034-18-1:1997	Parte 18: Evaluación funcional de los sistemas de aislamiento. Sección 1: Principios directores generales.
60034-18-1/A1:1997	Parte 18: Evaluación funcional de los sistemas de aislamiento. Sección 1: Principios directores generales.
60034-18-21:1996	Parte 18: Evaluación funcional de los sistemas de aislamiento. Sección 21: Procedimientos de ensayo para devanados de hilo. Evaluación térmica y clasificación.
60034-18-21/A1:1997	Parte 18: Evaluación funcional de los sistemas de aislamiento. Sección 21: Procedimientos de ensayo para devanados de hilo. Evaluación térmica y clasificación.
60034-18-21/A2:1997	Parte 18: Evaluación funcional de los sistemas de aislamiento. Sección 21: Procedimientos de ensayo para devanados de hilo. Evaluación térmica y clasificación.
60034-18-22:2003	Parte 18: Evaluación funcional de los sistemas de aislamiento. Sección 22: Procedimientos de ensayo para devanados de hilo. Clasificación de las modificaciones y de la sustitución de componentes del aislamiento.
60034-18-31:1997	Parte 18: Evaluación funcional de los sistemas de aislamiento. Sección 31: Procedimientos de ensayo para devanados preformados - Evaluación térmica y clasificación de los sistemas de aislamiento utilizados en máquinas hasta 50 MVA y 15 kV inclusive.
60034-18-31/A1:1997	Parte 18: Evaluación funcional de los sistemas de aislamiento. Sección 31: Procedimientos de ensayo para devanados preformados. Evaluación térmica y clasificación de los sistemas de aislamiento utilizados en máquinas hasta 50 MVA y 15 kV, inclusive.
EN 60034-18-32:2010	Part 18-32: Functional evaluation of insulation systems - Test procedures for form-wound windings - Evaluation by electrical endurance.
60034-22:1998	Parte 22: Generadores de corriente alterna para grupos electrógenos accionados por motores de combustión interna y de pistones.
60034-22:2010	Parte 22: Generadores de corriente alterna para grupos electrógenos accionados por motores de combustión interna de pistones.
60034-26:2008	Parte 26: Efectos de las tensiones desequilibradas en el funcionamiento de los motores trifásicos de inducción de jaula.
60034-28:2008	Parte 28: Métodos de ensayo para determinar las magnitudes de los esquemas del circuito equivalente para motores de inducción de jaula trifásicos de baja tensión.
60034-29:2009	Parte 29: Técnicas de carga equivalente y de superposición. Ensayos indirectos para determinar el calentamiento.
60034-30:2010	Parte 30: Clases de rendimiento para los motores trifásicos de inducción de jaula de velocidad única (código IE).

UNE-EN 60228

60228:2005
60228:2005 CORR:2005
60228:2005 ERRATUM:2011

Conductores de cables aislados

Conductores de cables aislados
Conductores de cables aislados
Conductores de cables aislados

UNE-EN 60947

60947-1:2008
60947-1:2008/A1:2011
60947-2:2007
60947-2:2007/A1:2011
60947-3:2009
60947-3:2009 ERRATUM:2010
60947-4-1:2002
60947-4-1:2002 ERRATUM
60947-4-1/A1:2003
60947-4-1:2002/A2:2006
60947-4-1:2011
60947-4-2:2002
60947-4-2/A1:2003
60947-4-2:2002/A2:2007
60947-4-2:2002 ERRATUM:2008
60947-4-3:2002
60947-4-3:2002/A1:2007
60947-5-1:2005
60947-5-1:2005/A1:2009
60947-5-2:2008
60947-5-3:2000
60947-5-3:2000/A1:2006
60947-5-4:2005
60947-5-5:1999

Aparamenta de baja tensión.

Parte 1: Reglas generales.
Parte 1: Reglas generales.
Parte 2: Interruptores automáticos. (IEC 60947-2:2006)
Parte 2: Interruptores automáticos.
Parte 3: Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores y combinados fusibles.
Parte 3: Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores y combinados fusibles.
Parte 4-1: Contactores y arrancadores de motor. Contactores y arrancadores electromecánicos.
Parte 4-1: Contactores y arrancadores de motor. Contactores y arrancadores electromecánicos.
Parte 4-1: Contactores y arrancadores de motor. Contactores y arrancadores electromecánicos.
Parte 4-1: Contactores y arrancadores de motor. Contactores y arrancadores electromecánicos (IEC 60947-4-1:2000/A2:2005).
Parte 4-1: Contactores y arrancadores de motor. Contactores y arrancadores electromecánicos.
Parte 4-2: Contactores y arrancadores de motor. Controladores y arrancadores semiconductores de motores de corriente alterna.
Parte 4-2: Contactores y arrancadores de motor. Controladores y arrancadores semiconductores de motores de corriente alterna.
Parte 4-2: Contactores y arrancadores de motor. Controladores y arrancadores semiconductores de motores de corriente alterna. (IEC 60947-4-2:1999/A2:2006).
Parte 4-2: Contactores y arrancadores de motor. Controladores y arrancadores semiconductores de motores de corriente alterna.
Parte 4-3: Contactores y arrancadores de motor. Reguladores y contactores semiconductores para cargas, distintas de los motores, de corriente alterna.
Parte 4-3: Contactores y arrancadores de motor. Reguladores y contactores semiconductores para cargas, distintas de los motores, de corriente alterna. (IEC 60947-4-3:1999/A1:2006).
Parte 5-1: Aparatos y elementos de conmutación para circuitos de mando. Aparatos electromecánicos para circuitos de mando.
Parte 5-1: Aparatos y elementos de conmutación para circuitos de mando. Aparatos electromecánicos para circuitos de mando.
Parte 5-2: Aparatos y elementos de conmutación para circuitos de mando. Detectores de proximidad.
Parte 5: Aparatos y elementos de conmutación para circuitos de mando. Sección 3: Requisitos para dispositivos de detección de proximidad con comportamiento definido en condiciones de defecto (PDF).
Parte 5-3: Aparatos y elementos de conmutación para circuitos de mando. Requisitos para dispositivos de detección de proximidad con comportamiento definido en condiciones de defecto (PDF).
Parte 5-4: Aparatos y elementos de conmutación para circuitos de mando. Método de evaluación de la aptitud para la función de los contactos de baja energía. Ensayos especiales.
Parte 5-5: Aparatos y elementos de conmutación para circuitos de mando. Aparato de parada de emergencia eléctrico con enclavamiento mecánico.

60947-5-5:1999/A1:2006	Parte 5-5: Aparatos y elementos de conmutación para circuitos de mando. Dispositivos de parada de emergencia eléctrica con enclavamiento mecánico.
60947-5-6:2001	Parte 5-6: Aparatos y elementos de conmutación para circuitos de mando. Interfaz de corriente continua para sensores de proximidad y amplificadores de conmutación (NAMUR).
60947-5-7:2005	Parte 5-7: Aparatos y elementos de conmutación para circuitos de mando. Requisitos para detectores de proximidad con salida analógica.
60947-5-8:2007	Parte 5-8: Aparatos y elementos de conmutación para circuitos de mando. Interruptores de mando de validación de tres posiciones. (IEC 60947-5-8:2006).
60947-5-9:2008	Parte 5-9: Aparatos de control de circuitos y elementos de conmutación. Detectores de caudal.
60947-6-1:2006	Parte 6-1: Equipos de funciones múltiples. Equipos de conexión de transferencia automática (IEC 60947-6-1:2005).
60947-6-2:2005	Parte 6-2: Materiales de funciones múltiples. Aparatos (o material) de conexión de mando y de protección (ACP).
60947-6-2:2005/A1:2008	Parte 6-2: Materiales de funciones múltiples. Aparatos (o material) de conexión de mando y de protección (ACP). (IEC 60947-6-2:2002/A1:2007).
60947-7-1:2010	Parte 7-1: Equipos auxiliares. Bloques de conexión para conductores de cobre.
60947-7-2:2010	Parte 7-2: Equipos auxiliares. Bloques de conexión de conductores de protección para conductores de cobre.
60947-7-3:2011	Parte 7-3: Equipos auxiliares. Requisitos de seguridad para bloques de conexión fusibles.
60947-8:2005	Parte 8: Unidades de control para protección térmica incorporada a máquinas eléctricas rotativas.
60947-8:2005/A1:2007	Parte 8: Unidades de control para protección térmica incorporada a máquinas eléctricas rotativas (IEC 60947-8:2003/A1:2006).
UNE-EN 61000-6	Compatibilidad electromagnética.
61000-6-1:2007	Parte 6-1: Normas genéricas. Inmunidad en entornos residenciales, comerciales y de industria ligera.
61000-6-2:2006	Parte 6-2: Normas genéricas. Inmunidad en entornos industriales.
61000-6-2:2006 ERRATUM:2009	Parte 6-2: Normas genéricas. Inmunidad en entornos industriales.
61000-6-3:2007	Parte 6-3: Normas genéricas. Norma de emisión en entornos residenciales, comerciales y de industria ligera.
61000-6-3:2007/A1:2012	Parte 6-3: Normas genéricas. Norma de emisión en entornos residenciales, comerciales y de industria ligera.
61000-6-4:2007	Parte 6-4: Normas genéricas. Norma de emisión en entornos industriales.
61000-6-4:2007 ERRATUM:2008	Parte 6-4: Normas genéricas. Norma de emisión en entornos industriales.
61000-6-4:2007/A1:2011	Parte 6-4: Normas genéricas. Norma de emisión en entornos industriales.
UNE-EN 61010	Requisitos de seguridad de equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio.
61010-1:2002	Parte 1: Requisitos generales.
61010-1:2011	Parte 1: Requisitos generales.
61010-1 CORR:2003	Parte 1: Requisitos generales.
61010-2-010:2004	Parte 2-010: Requisitos particulares para equipos de laboratorio utilizados para el calentamiento de materiales.
61010-2-010:2004 ERRATUM:2005	Parte 2-010: Requisitos particulares para equipos de laboratorio utilizados para el calentamiento de materiales.
61010-2-020:2007	Parte 2-020: Requisitos particulares para centrifugadoras de laboratorio. (IEC 61010-2-020:2006).

61010-2-030:2011	Parte 2-030: Requisitos particulares para circuitos de ensayo y de medida.
61010-2-032:2004	Parte 2-032: Requisitos particulares para captadores de corriente portátiles o utilizados a mano para medidas y ensayos eléctricos.
61010-2-040:2006	Parte 2-040: Requisitos particulares para esterilizadores y para equipos de lavado y desinfección usados para tratamientos de materiales médicos. (IEC 61010-2-040:2005).
61010-2-051:2004	Parte 2-051: Requisitos particulares para equipos de laboratorio para mezcla, golpeteo y agitación.
61010-2-061:2004	Parte 2-061: Requisitos particulares para espectrómetros de laboratorio con vaporización e ionización térmicas.
61010-2-061:2004 ERRATUM	Parte 2-061: Requisitos particulares para espectrómetros de laboratorio con vaporización e ionización térmica.
61010-2-081:2003	Parte 2-081: Requisitos particulares para equipos de laboratorio, automáticos o semiautomáticos, para análisis y otros fines.
61010-2-081/A1:2004	Parte 2-081: Requisitos particulares para los equipos de laboratorio automáticos y semiautomáticos, para análisis y otros fines.
61010-2-101:2004	Parte 2-101: Requisitos particulares para equipos médicos para diagnóstico in vitro (DIV).
UNE-IEC/TR 61010-3:2006 IN	Parte 3: Protocolo para la elaboración del informe de verificación de conformidad de la segunda edición de la serie IEC 61010.
UNE-IEC/TR 61010-3-1:2006 IN	Parte 3-1: Informe de verificación de la conformidad de la Norma IEC 61010-1:2001. Requisitos generales (IEC/TR 61010-3-1:2003)
61010-031:2004	Parte 031: Requisitos de seguridad para sondas manuales para medidas y ensayos eléctricos.
61010-031:2004 ERRATUM	Parte 031: Requisitos de seguridad para sondas manuales para medidas y ensayos eléctricos.
61010-031:2004/A1:2008	Parte 031: Requisitos de seguridad para sondas manuales para medidas y ensayos eléctricos.

UNE-EN 61800

Accionamientos eléctricos de potencia de velocidad variable.

61800-1:1999	Parte 1. Especificaciones de dimensionamiento para sistemas de accionamiento de potencia en corriente continua y baja tensión.
EN 61800-3:2004	Parte 3. Norma de producto relativa a CEM incluyendo métodos de ensayo específicos.
EN 61800-3:2004/A1:2012	Parte 3. Norma de producto relativa a CEM incluyendo métodos de ensayo específicos.

Eurocódigos

UNE-EN 1990 (Eurocódigo 0)

Eurocódigos. Bases de cálculo de estructuras.

1990:2003
1990:2003/A1:2010

UNE-EN 1991 (Eurocódigo 1)

Acciones en estructuras.

1991-1-1:2003	Parte 1-1. Acciones generales. Pesos específicos, pesos propios, y sobrecargas de uso en edificios.
1991-1-1:2003/AC:2010	Parte 1-1. Acciones generales. Pesos específicos, pesos propios, y sobrecargas de uso en edificios.
1991-1-2:2004	Parte 1-2: Acciones generales. Acciones en estructuras expuestas al fuego.
1991-1-2:2004/AC:2010	Parte 1-2: Acciones generales. Acciones en estructuras expuestas al fuego.
1991-1-3:2004	Parte 1-3: Acciones generales. Cargas de nieve.
1991-1-3:2004/AC:2010	Parte 1-3: Acciones generales. Cargas de nieve.

1991-1-4:2007	Parte 1-4: Acciones generales. Acciones de viento.
1991-1-4:2007/AC:2010	Parte 1-4: Acciones generales. Acciones de viento.
1991-1-4:2007/A1:2010	Parte 1-4: Acciones generales. Acciones de viento.
1991-1-5:2004	Parte 1-5: Acciones generales. Acciones térmicas
1991-1-5:2004/AC:2010	Parte 1-5: Acciones generales. Acciones térmicas.
1991-1-6:2010	Parte 1-6: Acciones generales. Acciones durante la ejecución.
1991-1-7:2010	Parte 1-7: Acciones generales. Acciones accidentales.
1991-4:2011	Parte 4: Silos y depósitos.
UNE-EN 1992 (Eurocódigo 2)	Proyecto de estructuras de hormigón.
1992-1-1:2010	Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
1992-1-1:2010 ERRATUM:2011	Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
1992-3:2011	Parte 3: Depósitos y estructuras de contención.
UNE-EN 1993 (Eurocódigo 3)	Proyecto de estructuras de acero.
1993-1-1:2008	Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificios.
1993-1-1:2008/AC:2010	Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificios.
1993-1-2:2011	Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
1993-1-3:2012	Parte 1-3: Reglas generales. Reglas adicionales para perfiles y chapas de paredes delgadas conformadas en frío.
1993-1-5:2011	Parte 1-5: Placas planas cargadas en su plano.
1993-1-8:2011	Parte 1-8: Uniones.
1993-1-9:2008	Parte 1-9: Fatiga.
1993-1-9:2008 ERRATUM:2011	Parte 1-9: Fatiga.
1993-1-10:2009	Parte 1-10: Tenacidad de fractura y resistencia transversal.
1993-1-12:2010	Parte 1-12: Reglas adicionales para la aplicación de la Norma EN 1993 hasta aceros de grado S700.
UNE-EN 1997 (Eurocódigo 7)	Proyecto geotécnico.
1997-1:2010	Parte 1: Reglas generales.
UNE-ENV 1997-2:2001	Parte 2: Proyecto asistido por ensayos de laboratorio.
UNE-ENV 1997-3:2002	Parte 3: Proyecto asistido por ensayos de campo.
UNE-EN 1998 (Eurocódigo 8)	Proyecto de estructuras sismorresistentes.
1998-1:2011	Parte 1: Reglas generales, acciones sísmicas y reglas para edificación.
1998-2:2012	Parte 2: Puentes.
UNE-ENV 1998-3:2000	Parte 3: Torres, mástiles y chimeneas.
1998-3:2012	Parte 3: Evaluación y adecuación sísmica de edificios.
UNE-ENV 1998-4:2004	Parte 4: Silos, depósitos y tuberías.
1998-5:2011	Parte 5: Cimentaciones, estructuras de contención y aspectos geotécnicos.
<u>Normas UNE-CEN/TS</u>	
UNE-CEN/TS 15280:2007 IN	Evaluación del riesgo de corrosión por corriente alterna de las tuberías enterradas. Aplicación a las tuberías protegidas catódicamente.

Normas UNE-HD

UNE-HD 603

603-0:2007
603-1:2007
603-5N:2007

603-5X:2007

Cables de distribución de tensión asignada 0,6/1 kV.

Parte 0: Índice
Parte 1: Requisitos generales.
Parte 5: Cables con aislamiento de XLPE, sin armadura. Sección N: Cables sin conductor concéntrico y con cubierta de PVC (Tipo 5N).
Parte 5: Cables con aislamiento de XLPE, sin armadura. Sección X: Cables sin conductor concéntrico y con cubierta de poliolefina (Tipo 5X-1).

Normas UNE-EN ISO

UNE-EN ISO 9000:2005

Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario (ISO 9000:2005).

UNE-EN ISO 9001

Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos.

9001:2008
9001:2008/AC:2009

(ISO 9001:2008).
(ISO 9001:2008/Cor 1:2009).

UNE-EN ISO 11295:2011

Clasificación e información sobre el diseño de sistemas de canalización en materiales plásticos utilizados en la renovación. (ISO 11295:2010).

UNE-EN ISO 11298

Sistemas de canalización en materiales plásticos para la renovación de redes de conducción de agua enterradas.

11298-1:2011
11298-3:2011

Parte 1: Generalidades. (ISO 11298-1:2010).
Parte 3: Entubado con tubos ajustados. (ISO 11298-3:2010).

UNE-EN ISO 12100

Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño.

12100-1:2004
12100-1:2004/A1:2010

12100-2:2004
12100-2:2004/A1:2010

Parte 1. Terminología básica, metodología (ISO 12100-1:2003).
Parte 1. Terminología básica, metodología. Modificación 1 (ISO 12100-1:2003/Amd 1:2009).
Parte 2. Principios técnicos (ISO 12100-2:2003).
Parte 2. Principios técnicos. Modificación 1 (ISO 12100-2:2003/Amd 1:2009).

UNE-EN ISO 15607:2004

Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Reglas generales (ISO 15607:2003).

UNE-EN ISO 15609-1:2005

Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Especificación del procedimiento de soldeo. Parte 1: Soldeo por arco (ISO 15609-1:2004).

UNE-EN ISO 15614-1	Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo. Parte 1: Soldeo por arco y con gas de aceros y soldeo por arco de níquel y sus aleaciones.
15614-1:2005	(ISO 15614-1:2004).
15614-1:2005/1M:2009	Modificación 1. (ISO 15614-1:2004/Amd 1:2008).
15614-1:2005/A2:2012	Modificación 2. (ISO 15614-1:2004/Amd 2:2012).

Normas PNE-EN ISO

PNE-EN ISO 12696	Protección catódica del acero en el hormigón.
-------------------------	--

Normas UNE-EN ISO/IEC

UNE-EN ISO/IEC 17021:2011	Evaluación de la conformidad. Requisitos para los organismos que realizan la auditoría y la certificación de sistemas de gestión.
----------------------------------	--

UNE-EN ISO/IEC 17025	Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.
-----------------------------	---

17025:2005	(ISO/IEC 17025:2005/Cor. 1:2006)
17025:2005 ERRATUM:2006	

Normas UNE-ISO

UNE-ISO 1629:2007	Cauchos y látex. Nomenclatura. (ISO 1629:1995 + Amd.1:2007)
--------------------------	--

UNE-ISO 16422:2008	Tubos y uniones de poli(cloruro de vinilo) orientado (PVC-O) para conducción de agua a presión. Especificaciones.
---------------------------	--

Normas ISO

ISO 161-1:1996	Thermoplastics pipes for the conveyance of fluids. Nominal outside diameters and nominal pressures. Part 1: Metric series.
-----------------------	---

ISO 2531	Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water applications.
-----------------	---

2531:2009	
2531:2009/Cor 1:2010	

ISO 3183:2007	Petroleum and natural gas industries. Steel pipe for pipeline transportation systems.
----------------------	--

ISO 4200:1991	Plain end steel tubes, welded and seamless. General tables of dimensions and masses per unit length.
----------------------	---

ISO 8501-1:2007	Preparation of steel substrates before application of paints and related products. Visual assessment of surface cleanliness. Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings.
ISO 21809-1:2011	Petroleum and natural gas industries. External coatings for buried or submerged pipelines used in pipeline transportation systems. Part 1: Polyolefin coatings (3-layer PE and 3-layer PP).

Otras normas

ACI 318-11	Building code requirements for structural concrete and commentary.
ANSI/API Spec 5L	Specification for Line Pipe. 2007. Errata and Addendums 1 (2009), 2 (2010), and 3 (2011).
ANSI/AWWA C208-07	Dimensions for Fabricated Steel Water Pipe Fittings.
ANSI/AWWA C208-07	Erratum (2009).
AWWA C210-07	Liquid epoxy coating systems for the interior and exterior of steel water pipelines.
AWWA C222-08	Polyurethane coatings for the interior and exterior of steel water pipe and fittings.
AWWA M11	Steel pipe: a guide for design and installation. Año 2004.
AWWA M45	Fiberglass pipe design. Año 2005.
BS 8007:1987	Design of concrete structures for retaining aqueous liquids.
DIN 30670:2012	Polyethylen coatings of steel pipes and fittings. Requirements and testing.
DIN 30672:2000	Tape and shrinkable materials for the corrosion protection of buried or underwater pipelines without cathodic protection for use at operating temperatures up to 50 °C.
DVS 2203	Testing of welded joints of thermoplastic.
DVS 2206	Testing of building components and structures of thermoplastics.
DVS 2207	Welding of thermoplastics.
NLT-204/72	Determinación de densidad mínima de una arena.

Documentación técnica

Canal de Isabel II. Normas para el Abastecimiento de Agua. NAACYII-2004. Madrid, 2004.

Canal de Isabel II. Anexo 1M. NAACYII-001.2010. Anclaje de conducciones a presión. Madrid, 2010.

Canal de Isabel II. Normas para Redes de Reutilización. NRRCYII-2007. Madrid, 2007.

Canal de Isabel II. Normas para Redes de Saneamiento. NRSCYII-2006. Madrid, 2006.

Canal de Isabel II. Especificación Técnica de acometidas de agua para Consumo humano. ETC-2011. Madrid, 2011.

Canal de Isabel II. Especificación Técnica de elementos de elementos de maniobra y control. Válvulas de Compuerta. ETVC-2012. Madrid, 2012.

Canal de Isabel II. Normas Técnicas de Elementos de Maniobra y Control. Válvulas de Aeración. Madrid, 1994.

Canal de Isabel II. Normas Técnicas de Elementos de Maniobra y Control. Válvulas de Mariposa. Madrid, 1996.

Canal de Isabel II. Normas Técnicas de Elementos de Maniobra y Control. Válvulas de Regulación y Seguridad. Madrid, 1996.

Canal de Isabel II. Norma Técnica para instalaciones de tritubo de polietileno en conducciones enterradas de comunicaciones de Canal de Isabel II. Madrid.

Canal de Isabel II. Especificaciones y plantillas para la digitalización de redes de abastecimiento de Canal de Isabel II. Madrid.

CEDEX. Guía técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión. Madrid, 2003.

CEDEX. Guía técnica sobre depósitos para abastecimiento de agua potable. Madrid, 2009.

CEDEX. Guía técnica sobre redes de saneamiento y drenaje urbano. Madrid, 2007.

Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS). Manual de corrosión y protección de tuberías. 2001.

Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Instrucción del Instituto Eduardo Torroja para tubos de hormigón armado o pretensado (IET). Madrid, 2007.

Anexo 1. Dimensiones y armado de los macizos de anclaje

Codos Horizontales 11° 15'

CODO HORIZONTAL 11° 15'								
P _{cal} : 1,6 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	0,16	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,25	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	0,39	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	0,57	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	1,01	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	1,57	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	2,26	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	3,08	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	4,02	0,80	1,60	2,05	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	1Φ12 (1,13)
500	0,55	6,28	0,90	1,80	2,92	4Φ16 (8,04)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	9,05	1,05	2,10	4,63	5Φ16 (10,05)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	12,31	1,15	2,30	6,08	6Φ16 (12,06)	5Φ16 (10,05)	2Φ16 (4,02)
800	0,70	16,08	1,30	2,60	8,79	7Φ16 (14,07)	6Φ16 (12,06)	2Φ16 (4,02)
900	0,75	20,35	1,40	2,80	10,98	6Φ20 (18,85)	7Φ16 (14,07)	2Φ20 (6,28)
1000	0,80	25,13	1,50	3,00	13,50	7Φ20 (21,99)	8Φ16 (16,08)	3Φ20 (9,42)

CODO HORIZONTAL 11° 15'								
P _{cal} : 2,0 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	0,20	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,31	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	0,49	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	0,71	0,45	0,90	0,36	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	1,26	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	1,96	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	2,83	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	3,85	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	5,03	0,85	1,70	2,46	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	1Φ12 (1,13)
500	0,55	7,85	1,00	2,00	4,00	5Φ16 (10,05)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	11,31	1,15	2,30	6,08	5Φ16 (10,05)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	15,39	1,25	2,50	7,81	6Φ16 (12,06)	5Φ16 (10,05)	2Φ16 (4,02)
800	0,70	20,10	1,40	2,80	10,98	6Φ20 (18,85)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	25,44	1,50	3,00	13,50	6Φ20 (18,85)	7Φ16 (14,07)	2Φ20 (6,28)
1000	0,80	31,41	1,65	3,30	17,97	7Φ20 (21,99)	8Φ16 (16,08)	3Φ20 (9,42)

CODO HORIZONTAL 11° 15'								
P _{cal} : 2,5 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	0,25	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,39	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	0,61	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	0,88	0,45	0,90	0,36	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	1,57	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	2,45	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	3,53	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	4,81	0,85	1,70	2,46	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	6,28	0,95	1,90	3,43	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	1Φ12 (1,13)
500	0,55	9,82	1,10	2,20	5,32	5Φ16 (10,05)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	14,13	1,25	2,50	7,81	6Φ16 (12,06)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	19,24	1,35	2,70	9,84	7Φ16 (14,07)	5Φ16 (10,05)	2Φ16 (4,02)
800	0,70	25,13	1,50	3,00	13,50	6Φ20 (18,85)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	31,80	1,65	3,30	17,97	7Φ20 (21,99)	7Φ16 (14,07)	2Φ20 (6,28)
1000	0,80	39,26	1,75	3,50	21,44	8Φ20 (25,13)	8Φ16 (16,08)	3Φ20 (9,42)

Codos Horizontales 22° 30'

CODO HORIZONTAL 22° 30'								
P _{cal} : 1,6 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	0,32	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,50	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	0,78	0,45	0,90	0,36	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	1,13	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	2,00	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	3,13	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	4,50	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	6,13	0,90	1,80	2,92	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	8,00	1,00	2,00	4,00	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	1Φ12 (1,13)
500	0,55	12,50	1,20	2,40	6,91	5Φ16 (10,05)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	18,00	1,35	2,70	9,84	6Φ16 (12,06)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	24,51	1,50	3,00	13,50	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	2Φ16 (4,02)
800	0,70	32,01	1,65	3,30	17,97	7Φ20 (21,99)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	40,51	1,80	3,60	23,33	7Φ20 (21,99)	7Φ16 (14,07)	2Φ20 (6,28)
1000	0,80	50,01	1,90	3,85 (**)	28,16	9Φ20 (28,27)	8Φ16 (16,08)	3Φ20 (9,42)

CODO HORIZONTAL 22° 30'								
P _{cal} : 2,0 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	0,40	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,63	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	0,98	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	1,41	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	2,50	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	3,91	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	5,63	0,90	1,80	2,92	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	7,66	1,00	2,00	4,00	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	10,00	1,10	2,20	5,32	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	1Φ12 (1,13)
500	0,55	15,63	1,25	2,50	7,81	6Φ16 (12,06)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	22,51	1,45	2,90	12,19	7Φ16 (14,07)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	30,63	1,60	3,20	16,38	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	2Φ16 (4,02)
800	0,70	40,01	1,75	3,50	21,44	7Φ20 (21,99)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	50,64	1,90	3,85 (**)	28,16	8Φ20 (25,13)	7Φ16 (14,07)	2Φ20 (6,28)
1000	0,80	62,52	2,05	4,20 (**)	36,16	8Φ25 (39,27)	8Φ16 (16,08)	3Φ25 (14,73)

CODO HORIZONTAL 22° 30'								
P _{cal} : 2,5 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	0,50	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,78	0,45	0,90	0,36	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	1,22	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	1,76	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	3,13	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	4,88	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	7,03	0,95	1,90	3,43	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	9,57	1,05	2,10	4,63	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	12,50	1,20	2,40	6,91	7Φ12 (7,92)	4Φ12 (4,52)	1Φ12 (1,13)
500	0,55	19,54	1,40	2,80	10,98	6Φ16 (12,06)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	28,13	1,55	3,10	14,90	7Φ16 (14,07)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	38,29	1,75	3,50	21,44	7Φ20 (21,99)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	50,01	1,90	3,85 (**)	28,16	8Φ20 (25,13)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	63,30	2,10	4,25 (**)	37,93	8Φ25 (39,27)	7Φ16 (14,07)	2Φ25 (9,82)
1000	0,80	78,14	2,25	4,60 (**)	47,61	9Φ25 (44,18)	8Φ16 (16,08)	3Φ25 (14,73)

(**) Macizos en los que, manteniendo los criterios generales de dimensionamiento, se ha aumentado la superficie de la base para que la tensión resultante no supere la admisible, 10 t/m²

Codos Horizontales 45°

CODO HORIZONTAL 45°								
P _{cal} : 1,6 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	0,63	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,98	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	1,53	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	2,21	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	3,92	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	6,13	0,90	1,80	2,92	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	8,83	1,05	2,10	4,63	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	12,02	1,15	2,30	6,08	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	15,70	1,25	2,50	7,81	7Φ12 (7,92)	4Φ12 (4,52)	1Φ12 (1,13)
500	0,55	24,53	1,50	3,00	13,50	6Φ16 (12,06)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	35,32	1,70	3,40	19,65	7Φ20 (21,99)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	48,07	1,90	3,80	27,44	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	62,79	2,10	4,20	37,04	8Φ20 (25,13)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	79,46	2,25	4,60 (**)	47,61	9Φ20 (28,27)	7Φ16 (14,07)	2Φ20 (6,28)
1000	0,80	98,10	2,45	5,05 (**)	62,48	10Φ25 (49,09)	8Φ16 (16,08)	3Φ25 (14,73)

CODO HORIZONTAL 45°								
P _{cal} : 2,0 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	0,78	0,45	0,90	0,36	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,23	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	1,92	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	2,76	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	4,91	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	7,66	1,00	2,00	4,00	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	11,04	1,15	2,30	6,08	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	15,02	1,25	2,50	7,81	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	19,62	1,40	2,80	10,98	6Φ16 (12,03)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	30,66	1,60	3,20	16,38	7Φ16 (14,07)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	44,15	1,85	3,70	25,33	8Φ16 (16,09)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	60,09	2,05	4,10	34,46	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	78,48	2,25	4,60 (**)	47,61	9Φ20 (28,27)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	99,33	2,45	5,05 (**)	62,48	10Φ20 (31,42)	7Φ16 (14,07)	2Φ20 (6,28)
1000	0,80	122,63 (*)						

CODO HORIZONTAL 45°								
P _{cal} : 2,5 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	0,98	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,53	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	2,40	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	3,45	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	6,13	0,90	1,80	2,92	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	9,58	1,05	2,10	4,63	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	13,80	1,20	2,40	6,91	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	18,78	1,35	2,70	9,84	6Φ16 (12,03)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	24,53	1,50	3,00	13,50	6Φ16 (12,03)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	38,32	1,75	3,50	21,44	7Φ16 (14,07)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	55,18	2,00	4,00	32,00	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	75,11	2,20	4,50 (**)	44,55	9Φ20 (28,27)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	98,10	2,45	5,00 (**)	61,25	10Φ20 (31,42)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	124,16 (*)						
1000	0,80	153,29 (*)						

(*) Macizos en los que se requiere un estudio específico debido a que deben soportar empujes de valor superior a 100 t

(**) Macizos en los que, manteniendo los criterios generales de dimensionamiento, se ha aumentado la superficie de la base para que la tensión resultante no supere la admisible, 10 t/m².

Codos Horizontales 90°

CODO HORIZONTAL 90°								
P _{cal} : 1,6 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	1,16	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,81	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	2,83	0,70	1,40	1,37	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	4,08	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	7,25	0,95	1,90	3,43	5Φ12 (5,66)	3Φ12 (3,39)	
250	0,43	11,33	1,15	2,30	6,08	5Φ12 (5,66)	3Φ12 (3,39)	
300	0,45	16,31	1,30	2,60	8,79	5Φ16 (10,05)	3Φ12 (3,39)	
350	0,48	22,21	1,45	2,90	12,19	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	29,00	1,60	3,20	16,38	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	45,32	1,85	3,70	25,33	7Φ16 (14,07)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	65,26	2,10	4,25 (**)	37,93	9Φ16 (18,09)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	88,82	2,35	4,80 (**)	54,14	9Φ20 (28,27)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	116,01 (*)						
900	0,75	146,83 (*)						
1000	0,80	181,27 (*)						

CODO HORIZONTAL 90°								
P _{cal} : 2,0 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	1,45	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	2,27	0,65	1,30	1,10	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	3,54	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	5,10	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	9,06	1,05	2,10	4,63	5Φ12 (5,65)	3Φ12 (3,39)	
250	0,43	14,16	1,25	2,50	7,81	5Φ16 (10,05)	3Φ12 (3,39)	
300	0,45	20,39	1,40	2,80	10,98	7Φ16 (14,07)	3Φ12 (3,39)	
350	0,48	27,76	1,55	3,10	14,90	8Φ16 (16,08)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	36,25	1,70	3,40	19,65	7Φ20 (21,99)	4Φ12 (4,52)	1Φ20 (3,14)
500	0,55	56,65	2,00	4,00	32,00	8Φ20 (25,31)	4Φ16 (8,04)	1Φ20 (3,14)
600	0,60	81,57	2,30	4,65 (**)	49,73	9Φ25 (44,18)	4Φ16 (8,04)	1Φ25 (4,91)
700	0,65	111,03 (*)						
800	0,70	145,02 (*)						
900	0,75	183,54 (*)						
1000	0,80	226,59 (*)						

CODO HORIZONTAL 90°								
P _{cal} : 2,5 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	1,81	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	2,83	0,70	1,40	1,37	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	4,43	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	6,37	0,95	1,90	3,43	5Φ12 (5,66)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	11,33	1,15	2,30	6,08	5Φ12 (5,66)	3Φ12 (3,39)	
250	0,43	17,70	1,35	2,70	9,84	5Φ16 (10,05)	3Φ12 (3,39)	
300	0,45	25,49	1,50	3,00	13,50	8Φ16 (16,08)	3Φ12 (3,39)	
350	0,48	34,70	1,70	3,40	19,65	7Φ20 (21,99)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	45,32	1,85	3,70	25,33	8Φ20 (25,31)	4Φ12 (4,52)	1Φ20 (3,14)
500	0,55	70,81	2,20	4,40	42,59	8Φ25 (39,27)	4Φ16 (8,04)	1Φ25 (4,91)
600	0,60	101,96 (*)						
700	0,65	138,78 (*)						
800	0,70	181,27 (*)						
900	0,75	229,42 (*)						
1000	0,80	283,23 (*)						

(*) Macizos en los que se requiere un estudio específico debido a que deben soportar empujes de valor superior a 100 t

(**) Macizos en los que, manteniendo los criterios generales de dimensionamiento, se ha aumentado la superficie de la base para que la tensión resultante no supere la admisible, 10 t/m²

Derivaciones

DERIVACIONES								
P _{cal} : 1,6 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	0,82	0,45	0,90	0,36	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,28	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	2,00	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	2,88	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	5,13	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	8,01	1,00	2,00	4,00	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	11,54	1,15	2,30	6,08	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	15,70	1,30	2,60	8,79	7Φ12 (7,92)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	20,51	1,40	2,80	10,98	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	32,04	1,65	3,30	17,97	7Φ16 (14,07)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	46,14	1,85	3,70	25,33	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	62,81	2,10	4,20	37,04	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	82,03	2,30	4,65 (**)	49,73	9Φ20 (28,27)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	103,82 (*)						
1000	0,80	128,18 (*)						

DERIVACIONES								
P _{cal} : 2,0 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	1,03	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,60	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	2,50	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	3,60	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	6,41	0,95	1,90	3,43	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	10,01	1,10	2,20	5,32	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	14,42	1,25	2,50	7,81	6Φ12 (6,78)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	19,63	1,40	2,80	10,98	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	25,64	1,50	3,00	13,50	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	40,06	1,80	3,60	23,33	7Φ16 (14,07)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	46,14	1,85	3,70	25,33	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	78,51	2,25	4,55 (**)	46,58	9Φ20 (28,27)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	102,54 (*)						
900	0,75	129,78 (*)						
1000	0,80	160,22 (*)						

DERIVACIONES								
P _{cal} : 2,5 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	1,28	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	2,00	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	3,13	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	4,51	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	8,01	1,00	2,00	4,00	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	12,52	1,20	2,40	6,91	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	18,02	1,35	2,70	9,84	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	24,53	1,50	3,00	13,50	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	32,04	1,70	3,40	19,65	7Φ16 (14,07)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	50,07	1,95	3,90	29,66	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
600	0,60	72,10	2,20	4,40	42,59	9Φ20 (28,27)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	98,14	2,45	5,00 (**)	61,25	10Φ20 (31,42)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	128,18 (*)						
900	0,75	162,22 (*)						
1000	0,80	200,28 (*)						

(*) Macizos en los que se requiere un estudio específico debido a que deben soportar empujes de valor superior a 100 t

(**) Macizos en los que, manteniendo los criterios generales de dimensionamiento, se ha aumentado la superficie de la base para que la tensión resultante no supere la admisible, 10 t/m².

Válvulas de seccionamiento y extremos finales

VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO Y EXTREMOS FINALES								
P _{cal} : 1,6 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	0,82	0,45	0,90	0,36	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,28	0,55	1,10	0,67	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	2,00	0,60	1,20	0,86	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	2,88	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	5,13	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	8,01	1,00	2,00	4,00	6Φ12 (6,78)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	11,54	1,15	2,30	6,08	6Φ12 (6,78)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	15,70	1,30	2,60	8,79	8Φ12 (9,04)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	20,51	1,40	2,80	10,98	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	32,04	1,65	3,30	17,97	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	46,14	1,85	3,70	25,33	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	62,81	2,10	4,20	37,04	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	82,03	2,30	4,65 (**)	49,73	10Φ20 (31,42)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	103,82 (*)						
1000	0,80	128,18 (*)						

VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO Y EXTREMOS FINALES								
P _{cal} : 2,0 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	1,03	0,50	1,00	0,50	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,60	0,55	1,10	0,67	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	2,50	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	3,60	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	6,41	0,95	1,90	3,43	6Φ12 (6,78)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	10,01	1,10	2,20	5,32	6Φ12 (6,78)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	14,42	1,25	2,50	7,81	6Φ12 (6,78)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	19,63	1,40	2,80	10,98	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	25,64	1,50	3,00	13,50	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	40,06	1,80	3,60	23,33	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	46,14	1,85	3,70	25,33	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	78,51	2,25	4,55 (**)	46,58	10Φ20 (31,42)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	102,54 (*)						
900	0,75	129,78 (*)						
1000	0,80	160,22 (*)						

VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO Y EXTREMOS FINALES								
P _{cal} : 2,5 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	1,28	0,50	1,00	0,50	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	2,00	0,60	1,20	0,86	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	3,13	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	4,51	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	8,01	1,00	2,00	4,00	6Φ12 (6,78)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	12,52	1,20	2,40	6,91	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	18,02	1,35	2,70	9,84	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	24,53	1,50	3,00	13,50	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	32,04	1,70	3,40	19,65	8Φ16 (16,08)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	50,07	1,95	3,90	29,66	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
600	0,60	72,10	2,20	4,40	42,59	10Φ20 (31,42)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	98,14	2,45	5,00 (**)	61,25	10Φ20 (31,42)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	128,18 (*)						
900	0,75	162,22 (*)						
1000	0,80	200,28 (*)						

(*) Macizos en los que se requiere un estudio específico debido a que deben soportar empujes de valor superior a 100 t

(**) Macizos en los que, manteniendo los criterios generales de dimensionamiento, se ha aumentado la superficie de la base para que la tensión resultante no supere la admisible, 10 t/m².

Conos de reducción

CONOS DE REDUCCIÓN								
P _{cal} : 1,6 MPa								
ID1/ID2 (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80/40	0,34	0,62	0,40	0,80	0,26	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
80/60	0,34	0,36	0,40	0,80	0,26	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
80/65	0,34	0,28	0,40	0,80	0,26	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100/60	0,35	0,82	0,45	0,90	0,36	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100/80	0,35	0,46	0,40	0,80	0,26	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125/60	0,36	1,54	0,55	1,10	0,67	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125/80	0,36	1,18	0,50	1,00	0,50	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125/100	0,36	0,72	0,45	0,90	0,36	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150/80	0,38	2,06	0,60	1,20	0,86	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150/100	0,38	1,60	0,55	1,10	0,67	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150/125	0,38	0,88	0,45	0,90	0,36	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200/100	0,40	3,85	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200/125	0,40	3,12	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200/150	0,40	2,24	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
250/125	0,43	6,01	0,90	1,80	2,92	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
250/200	0,43	2,88	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
300/150	0,45	8,65	1,05	2,10	4,63	6Φ12 (6,79)	3Φ12 (3,39)	
300/200	0,45	6,41	0,95	1,90	3,43	6Φ12 (6,79)	3Φ12 (3,39)	
300/250	0,45	3,52	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
350/200	0,48	10,57	1,10	2,20	5,32	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
350/250	0,48	7,69	1,00	2,00	4,00	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
350/300	0,48	4,17	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
400/250	0,50	12,50	1,20	2,40	6,91	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
400/300	0,50	8,97	1,05	2,10	4,63	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	1Φ12 (0,95)
400/350	0,50	4,81	0,85	1,70	2,46	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	1Φ12 (0,95)
450/350	0,53	10,25	1,10	2,20	5,32	6Φ12 (6,79)	5Φ12 (5,66)	1Φ16 (2,01)
450/400	0,53	5,45	0,90	1,80	2,92	6Φ12 (6,79)	5Φ12 (5,66)	1Φ12 (0,95)
500/350	0,55	16,34	1,30	2,60	8,79	6Φ12 (6,79)	6Φ12 (6,79)	1Φ16 (2,01)
500/400	0,55	11,54	1,15	2,30	6,08	6Φ12 (6,79)	6Φ12 (6,79)	1Φ16 (2,01)
600/400	0,60	25,64	1,50	3,10 (**)	14,42	8Φ16 (16,08)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
600/500	0,60	14,10	1,25	2,50	7,81	6Φ16 (12,06)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
700/500	0,65	30,76	1,60	3,35 (**)	17,96	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	2Φ16 (4,02)
700/600	0,65	16,66	1,30	2,60	8,79	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	2Φ16 (4,02)
800/600	0,70	35,89	1,70	3,60 (**)	22,03	8Φ16 (16,08)	5Φ20 (15,71)	2Φ20 (6,28)
800/700	0,70	19,23	1,35	2,75 (**)	10,21	6Φ20 (18,85)	5Φ20 (15,71)	2Φ20 (6,28)
900/700	0,75	41,02	1,80	3,85 (**)	26,68	8Φ20 (25,13)	5Φ20 (15,71)	2Φ20 (6,28)
900/800	0,75	21,79	1,45	2,95 (**)	12,62	6Φ20 (18,85)	5Φ20 (15,71)	2Φ20 (6,28)
1000/800	0,80	46,14	1,85	4,05 (**)	30,34	10Φ20 (31,42)	6Φ20 (18,85)	3Φ20 (9,43)
1000/900	0,80	24,35	1,50	3,05 (**)	13,95	8Φ20 (25,13)	6Φ20 (18,85)	3Φ20 (9,43)

(**) Macizos en los que, manteniendo los criterios generales de dimensionamiento, se ha aumentado la superficie de la base para que la tensión resultante no supere la admisible, 10 t/m²

Conos de reducción

CONOS DE REDUCCIÓN								
P _{cal} : 2,0 MPa								
ID1/ID2 (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80/40	0,34	0,77	0,45	0,90	0,36	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
80/60	0,34	0,45	0,40	0,80	0,26	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
80/65	0,34	0,35	0,40	0,80	0,26	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100/60	0,35	1,03	0,50	1,00	0,50	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100/80	0,35	0,58	0,40	0,80	0,26	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125/60	0,36	1,93	0,60	1,20	0,86	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125/80	0,36	1,48	0,55	1,10	0,67	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125/100	0,36	0,90	0,45	0,90	0,36	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150/80	0,38	2,58	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150/100	0,38	2,00	0,60	1,20	0,86	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150/125	0,38	1,10	0,50	1,00	0,50	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200/100	0,40	4,81	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
200/125	0,40	3,91	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
200/150	0,40	2,80	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250/125	0,43	7,51	1,00	2,00	4,00	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
250/200	0,43	3,60	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
300/150	0,45	10,81	1,10	2,20	5,32	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
300/200	0,45	8,01	1,00	2,00	4,00	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
300/250	0,45	4,41	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
350/200	0,48	13,22	1,20	2,40	6,91	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
350/250	0,48	9,61	1,05	2,10	4,63	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
350/300	0,48	5,21	0,85	1,70	2,46	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
400/250	0,50	15,62	1,30	2,60	8,79	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
400/300	0,50	11,22	1,15	2,30	6,08	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
400/350	0,50	6,01	0,90	1,80	2,92	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	1Φ12 (0,95)
450/350	0,53	12,82	1,20	2,40	6,91	8Φ12 (9,04)	5Φ12 (5,66)	1Φ12 (0,95)
450/400	0,53	6,81	0,95	1,90	3,43	6Φ12 (6,79)	5Φ12 (5,66)	1Φ12 (0,95)
500/350	0,55	20,43	1,40	2,80	10,98	6Φ16 (12,06)	6Φ12 (6,79)	1Φ16 (2,01)
500/400	0,55	14,42	1,25	2,50	7,81	6Φ16 (12,06)	6Φ12 (6,79)	1Φ16 (2,01)
600/400	0,60	32,04	1,65	3,40 (**)	19,07	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600/500	0,60	17,62	1,35	2,70	9,84	6Φ16 (12,06)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700/500	0,65	38,45	1,75	3,70 (**)	23,96	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
700/600	0,65	20,83	1,40	2,85 (**)	11,37	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	2Φ16 (4,21)
800/600	0,70	44,86	1,85	3,95 (**)	28,86	8Φ20 (25,13)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
800/700	0,70	24,03	1,50	3,05 (**)	13,95	8Φ20 (25,13)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900/700	0,75	51,27	1,95	4,20 (**)	34,40	10Φ20 (31,42)	6Φ20 (18,85)	2Φ20 (6,28)
900/800	0,75	27,24	1,55	3,20 (**)	15,87	8Φ20 (25,13)	6Φ20 (18,85)	2Φ20 (6,28)
1000/800	0,80	57,68	2,00	4,45 (**)	39,61	10Φ25 (49,09)	6Φ20 (18,85)	3Φ25 (14,73)
1000/900	0,80	30,44	1,60	3,35 (**)	17,96	8Φ20 (25,13)	6Φ20 (18,85)	3Φ20 (9,43)

(**) Macizos en los que, manteniendo los criterios generales de dimensionamiento, se ha aumentado la superficie de la base para que la tensión resultante no supere la admisible, 10 t/m²

Conos de reducción

CONOS DE REDUCCIÓN								
P _{cal} : 2,5 MPa								
ID1/ID2 (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80/40	0,34	0,96	0,45	0,90	0,36	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
80/60	0,34	0,56	0,40	0,80	0,26	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
80/65	0,34	0,44	0,40	0,80	0,26	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100/60	0,35	1,28	0,55	1,10	0,67	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100/80	0,35	0,72	0,45	0,90	0,36	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125/60	0,36	2,41	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125/80	0,36	1,85	0,60	1,20	0,86	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125/100	0,36	1,13	0,50	1,00	0,50	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150/80	0,38	3,22	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150/100	0,38	2,50	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150/125	0,38	1,38	0,55	1,10	0,67	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200/100	0,40	6,01	0,90	1,80	2,92	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
200/125	0,40	4,88	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
200/150	0,40	3,50	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250/125	0,43	9,39	1,05	2,10	4,63	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
250/200	0,43	4,51	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
300/150	0,45	13,52	1,20	2,40	6,91	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
300/200	0,45	10,01	1,10	2,20	5,32	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
300/250	0,45	5,51	0,90	1,80	2,92	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
350/200	0,48	16,52	1,30	2,60	8,79	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
350/250	0,48	12,02	1,15	2,30	6,08	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
350/300	0,48	6,51	0,95	1,90	3,43	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
400/250	0,50	19,53	1,40	2,80	10,98	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
400/300	0,50	14,02	1,25	2,50	7,81	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
400/350	0,50	7,51	1,00	2,00	4,00	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
450/350	0,53	16,02	1,30	2,60	8,79	6Φ16 (12,06)	5Φ12 (5,66)	1Φ16 (2,01)
450/400	0,53	8,51	1,05	2,10	4,63	6Φ16 (12,06)	5Φ12 (5,66)	1Φ16 (2,01)
500/350	0,55	25,54	1,50	3,10 (**)	14,42	7Φ16 (14,07)	6Φ12 (6,79)	1Φ16 (2,01)
500/400	0,55	18,02	1,35	2,70	9,84	6Φ16 (12,06)	6Φ12 (6,79)	1Φ16 (2,01)
600/400	0,60	40,06	1,80	3,75 (**)	25,31	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600/500	0,60	22,03	1,45	2,90	12,19	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700/500	0,65	48,07	1,90	4,10 (**)	31,94	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
700/600	0,65	26,04	1,50	3,10 (**)	14,42	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800/600	0,70	56,08	2,00	4,40 (**)	38,72	10Φ20 (31,42)	6Φ20 (18,85)	2Φ20 (6,28)
800/700	0,70	30,04	1,60	3,35 (**)	17,96	8Φ20 (25,13)	6Φ20 (18,85)	2Φ20 (6,28)
900/700	0,75	64,09	2,10	4,65 (**)	45,41	10Φ20 (31,42)	6Φ20 (18,85)	2Φ20 (6,28)
900/800	0,75	34,05	1,65	3,50 (**)	20,21	8Φ20 (25,13)	6Φ20 (18,85)	2Φ20 (6,28)
1000/800	0,80	72,10	2,15	4,90 (**)	51,62	10Φ25 (49,08)	6Φ20 (18,85)	3Φ25 (14,73)
1000/900	0,80	38,05	1,75	3,70 (**)	23,96	8Φ20 (25,13)	6Φ20 (18,85)	3Φ20 (9,43)

(**) Macizos en los que, manteniendo los criterios generales de dimensionamiento, se ha aumentado la superficie de la base para que la tensión resultante no supere la admisible, 10 t/m²

Codos verticales descendentes 11° 15'

CODO VERTICAL DESCENDENTE 11° 15'								
P _{cal} : 1,6 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	0,16	0,30	0,60	0,11	2Φ12 (2,26)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,25	0,35	0,70	0,17	2Φ12 (2,26)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	0,39	0,40	0,80	0,26	2Φ12 (2,26)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	0,57	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	1,01	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
250	0,43	1,57	0,65	1,30	1,10	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
300	0,45	2,26	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
350	0,48	3,08	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	4,02	0,90	1,80	2,92	4Φ16 (8,04)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	6,28	1,05	2,10	4,63	4Φ16 (8,04)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	9,05	1,15	2,30	6,08	5Φ16 (10,05)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	12,31	1,30	2,60	8,79	5Φ20 (15,71)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	16,08	1,40	2,80	10,98	6Φ20 (18,85)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	20,35	1,50	3,00	13,50	6Φ20 (18,85)	6Φ20 (18,85)	2Φ20 (6,28)
1000	0,80	25,13	1,60	3,20	16,38	7Φ20 (21,99)	6Φ20 (18,85)	3Φ20 (9,42)

CODO VERTICAL DESCENDENTE 11° 15'								
P _{cal} : 2,0 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	0,20	0,35	0,70	0,17	2Φ12 (2,26)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,31	0,40	0,80	0,26	2Φ12 (2,26)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	0,49	0,45	0,90	0,36	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	0,71	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	1,26	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
250	0,43	1,96	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
300	0,45	2,83	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
350	0,48	3,85	0,90	1,80	2,92	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	5,03	0,95	1,90	3,43	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	7,85	1,10	2,20	5,32	5Φ16 (10,05)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	11,31	1,25	2,50	7,81	6Φ16 (12,06)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	15,39	1,40	2,80	10,98	6Φ20 (18,85)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	20,10	1,50	3,00	13,50	6Φ20 (18,85)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	25,44	1,65	3,30	17,97	7Φ20 (21,99)	7Φ16 (14,07)	2Φ20 (6,28)
1000	0,80	31,41	1,75	3,50	21,44	8Φ20 (25,13)	8Φ16 (16,08)	3Φ20 (9,42)

CODO VERTICAL DESCENDENTE 11° 15'								
P _{cal} : 2,5 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	0,25	0,40	0,80	0,26	2Φ12 (2,26)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,39	0,40	0,80	0,26	2Φ12 (2,26)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	0,61	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	0,88	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	1,57	0,65	1,30	1,10	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
250	0,43	2,45	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
300	0,45	3,53	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
350	0,48	4,81	0,95	1,90	3,43	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	6,28	1,05	2,10	4,63	4Φ16 (8,04)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	9,82	1,20	2,40	6,91	5Φ16 (10,05)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	14,13	1,35	2,70	9,84	6Φ16 (12,06)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	19,24	1,50	3,00	13,50	6Φ20 (18,85)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	25,13	1,60	3,20	16,38	6Φ20 (18,85)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	31,80	1,75	3,50	21,44	7Φ20 (21,99)	7Φ16 (14,07)	2Φ20 (6,28)
1000	0,80	39,26	1,90	3,80	27,44	8Φ20 (25,13)	8Φ16 (16,08)	3Φ20 (9,42)

Codos verticales descendentes 22° 30'

CODO VERTICAL DESCENDENTE 22° 30'								
P _{cal} : 1,6 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	0,32	0,40	0,80	0,26	2Φ12 (2,26)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,50	0,45	0,90	0,36	2Φ12 (2,26)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	0,78	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	1,13	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	2,00	0,70	1,40	1,37	3Φ12 (3,39)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	3,13	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	4,50	0,90	1,80	2,92	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	6,13	1,00	2,00	4,00	4Φ16 (8,04)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	8,00	1,10	2,20	5,32	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	12,50	1,30	2,60	8,79	5Φ16 (10,05)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	18,00	1,45	2,90	12,19	6Φ20 (18,85)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	24,51	1,60	3,20	16,38	6Φ20 (18,85)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	32,01	1,75	3,50	21,44	7Φ20 (21,99)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	40,51	1,90	3,80	27,44	8Φ20 (25,13)	7Φ16 (14,07)	2Φ20 (6,28)
1000	0,80	50,01	2,00	4,00	32,00	8Φ25 (39,27)	8Φ16 (16,08)	3Φ25 (14,73)

CODO VERTICAL DESCENDENTE 22° 30'								
P _{cal} : 2,0 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	0,40	0,40	0,80	0,26	2Φ12 (2,26)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,63	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	0,98	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	1,41	0,65	1,30	1,10	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	2,50	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	3,91	0,90	1,80	2,92	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	5,63	1,00	2,00	4,00	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	7,66	1,10	2,20	5,32	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	10,00	1,20	2,40	6,91	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	15,63	1,40	2,80	10,98	6Φ16 (12,06)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	22,51	1,55	3,10	14,90	6Φ20 (18,85)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	30,63	1,70	3,50	21,44	7Φ20 (21,99)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	40,01	1,90	3,90	29,66	7Φ20 (21,99)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	50,64	2,05	4,20	37,04	8Φ25 (39,27)	7Φ16 (14,07)	2Φ25 (9,82)
1000	0,80	62,52	2,20	4,50	45,56	8Φ25 (39,27)	8Φ16 (16,08)	3Φ25 (14,73)

CODO VERTICAL DESCENDENTE 22° 30'								
P _{cal} : 2,5 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	0,50	0,45	0,90	0,36	2Φ12 (2,26)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,78	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	1,22	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	1,76	0,70	1,40	1,37	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	3,13	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	4,88	0,95	1,90	3,43	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	7,03	1,05	2,10	4,63	4Φ16 (8,04)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	9,57	1,20	2,40	6,91	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	12,50	1,30	2,60	8,79	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	19,54	1,50	3,00	13,50	6Φ16 (12,06)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	28,13	1,70	3,40	19,65	7Φ20 (21,99)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	38,29	1,85	3,70	25,33	7Φ20 (21,99)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	50,01	2,00	4,00	32,00	8Φ20 (25,13)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	63,30	2,20	4,40	42,59	8Φ25 (39,27)	7Φ16 (14,07)	2Φ25 (9,82)
1000	0,80	78,14	2,35	4,70	51,91	9Φ25 (44,18)	8Φ16 (16,08)	3Φ25 (14,73)

Codos verticales descendentes 45°

CODO VERTICAL DESCENDENTE 45°								
P _{cal} : 1,6 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	0,63	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,98	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	1,53	0,65	1,30	1,10	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	2,21	0,70	1,40	1,37	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	3,92	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	6,13	1,00	2,00	4,00	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	8,83	1,10	2,20	5,32	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	12,02	1,25	2,50	7,81	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	15,70	1,35	2,70	9,84	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	24,53	1,55	3,10	14,90	6Φ16 (12,06)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	35,32	1,80	3,60	23,33	7Φ20 (21,99)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	48,07	2,00	4,00	32,00	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	62,79	2,20	4,40	42,59	8Φ20 (25,13)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	79,46	2,40	4,80	55,30	9Φ25 (44,18)	7Φ16 (14,07)	2Φ25 (9,82)
1000	0,80	98,10	2,55	5,10	66,33	9Φ25 (44,18)	8Φ16 (16,08)	3Φ25 (14,73)

CODO VERTICAL DESCENDENTE 45°								
P _{cal} : 2,0 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	0,78	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,23	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	1,92	0,70	1,40	1,37	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	2,76	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	4,91	0,95	1,90	3,43	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	7,66	1,05	2,10	4,63	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	11,04	1,20	2,40	6,91	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	15,02	1,35	2,70	9,84	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	19,62	1,45	2,90	12,19	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	30,66	1,70	3,40	19,65	7Φ16 (14,07)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	44,15	1,95	3,90	29,66	7Φ20 (21,99)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	60,09	2,15	4,30	39,75	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	78,48	2,35	4,70	51,91	9Φ20 (28,27)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	99,33	2,55	5,10	66,33	9Φ25 (44,18)	7Φ16 (14,07)	2Φ25 (9,82)
1000	0,80	122,63 (*)						

CODO VERTICAL DESCENDENTE 45°								
P _{cal} : 2,5 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	0,98	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,53	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	2,40	0,70	1,40	1,37	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	3,45	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	6,13	0,95	1,90	3,43	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	9,58	1,15	2,30	6,08	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	13,80	1,30	2,60	8,79	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	18,78	1,45	2,90	12,19	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	24,53	1,60	3,20	16,38	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	38,32	1,90	3,80	27,44	7Φ16 (14,07)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	55,18	2,10	4,20	37,04	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	75,11	2,35	4,70	51,91	9Φ20 (28,27)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	98,10	2,60	5,20	70,30	10Φ20 (31,41)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	124,16 (*)						
1000	0,80	153,29 (*)						

(*) Macizos en los que se requiere un estudio específico debido a que deben soportar empujes de valor superior a 100 t

Codos verticales descendentes 90°

CODO VERTICAL DESCENDENTE 90°								
P _{cal} : 1,6 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	1,16	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,81	0,65	1,30	1,10	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	2,83	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	4,08	0,90	1,80	2,92	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	7,25	1,10	2,20	5,32	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	11,33	1,25	2,50	7,81	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	16,31	1,45	2,90	12,19	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	22,21	1,60	3,20	16,38	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	29,00	1,75	3,50	21,44	7Φ16 (14,07)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	45,32	2,05	4,10	34,46	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	65,26	2,35	4,70	51,91	10Φ16 (20,11)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	88,82	2,60	5,20	70,30	10Φ20 (31,42)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	116,01 (*)						
900	0,75	146,83 (*)						
1000	0,80	181,27 (*)						

CODO VERTICAL DESCENDENTE 90°								
P _{cal} : 2,0 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	1,45	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	2,27	0,70	1,40	1,37	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	3,54	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	5,10	0,95	1,90	3,43	5Φ12 (5,66)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	9,06	1,20	2,40	6,91	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	14,16	1,40	2,80	10,98	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	20,39	1,55	3,10	14,90	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	27,76	1,75	3,50	21,44	7Φ16 (14,07)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	36,25	1,90	3,80	27,44	7Φ16 (14,07)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	56,65	2,25	4,50	45,56	9Φ16 (18,09)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	81,57	2,55	5,10	66,33	11Φ16 (22,12)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	111,03 (*)						
800	0,70	145,02 (*)						
900	0,75	183,54 (*)						
1000	0,80	226,59 (*)						

CODO VERTICAL DESCENDENTE 90°								
P _{cal} : 2,5 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	1,81	0,65	1,30	1,10	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	2,83	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	4,43	0,90	1,80	2,92	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	6,37	1,05	2,10	4,63	5Φ12 (5,66)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	11,33	1,30	2,60	8,79	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	17,70	1,50	3,00	13,50	7Φ12 (7,92)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	25,49	1,70	3,40	19,65	7Φ16 (14,07)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	34,70	1,90	3,80	27,44	7Φ16 (14,07)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	45,32	2,10	4,20	37,04	8Φ16 (16,08)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	70,81	2,45	4,90	58,82	9Φ16 (18,09)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	101,96 (*)						
700	0,65	138,78 (*)						
800	0,70	181,27 (*)						
900	0,75	229,42 (*)						
1000	0,80	283,23 (*)						

(*) Macizos en los que se requiere un estudio específico debido a que deben soportar empujes de valor superior a 100 t

Alojamientos (Registros y Cámaras)

ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)								
P _{cal} : 1,6 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	0,82	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,28	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	2,00	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	2,88	0,95	1,90	3,43	6Φ12 (6,79)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	5,13	1,10	2,20	5,32	6Φ12 (6,79)	3Φ12 (3,39)	
250	0,43	8,01	1,30	2,60	8,79	6Φ12 (6,79)	3Φ12 (3,39)	
300	0,45	11,54	1,45	2,90	12,19	8Φ16 (16,08)	3Φ12 (3,39)	
350	0,48	15,70	1,60	3,20	16,38	8Φ16 (16,08)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	20,51	1,75	3,50	21,44	8Φ16 (16,08)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	32,04	2,05	4,10	34,46	8Φ16 (16,08)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	46,14	2,30	4,70 (**)	50,81	10Φ20 (31,42)	4Φ16 (8,04)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	62,81	2,55	5,50 (**)	77,14	10Φ20 (31,42)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	82,03	2,75	6,15 (**)	104,01	10Φ20 (31,42)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	103,82 (*)						
1000	0,80	128,18 (*)						

ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)								
P _{cal} : 2,0 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	1,03	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,60	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	2,50	0,90	1,80	2,92	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	3,60	1,00	2,00	4,00	6Φ12 (6,79)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	6,41	1,20	2,40	6,91	6Φ12 (6,79)	3Φ12 (3,39)	
250	0,43	10,01	1,40	2,80	10,98	6Φ12 (6,79)	3Φ12 (3,39)	
300	0,45	14,42	1,55	3,10	14,90	8Φ12 (9,05)	3Φ12 (3,39)	
350	0,48	19,63	1,75	3,50	21,44	8Φ16 (16,08)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	25,64	1,90	3,80	27,44	8Φ16 (16,08)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	40,06	2,20	4,40	42,59	8Φ16 (16,08)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	46,14	2,30	5,10 (**)	59,82	10Φ20 (31,42)	4Φ16 (8,04)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	78,51	2,75	6,05 (**)	100,66	10Φ20 (31,42)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	102,54 (*)						
900	0,75	129,78 (*)						
1000	0,80	160,22 (*)						

ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)								
P _{cal} : 2,5 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m ³)	S ₁ (cm ²)	S ₂ (cm ²)	S ₁ * (cm ²)
80	0,34	1,28	0,75	1,5	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	2,00	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	3,13	0,95	1,90	3,43	6Φ12 (6,79)	2Φ12 (2,26)	
150	0,38	4,51	1,05	2,10	5,08	6Φ12 (6,79)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	8,01	1,30	2,60	8,79	6Φ12 (6,79)	3Φ12 (3,39)	
250	0,43	12,52	1,50	3,00	13,50	6Φ16 (12,06)	3Φ12 (3,39)	
300	0,45	18,02	1,70	3,40	19,65	8Φ16 (16,08)	3Φ12 (3,39)	
350	0,48	24,53	1,85	3,70	25,33	8Φ16 (16,08)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	32,04	2,05	4,10	34,46	8Φ16 (16,08)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	50,07	2,35	4,85 (**)	55,28	10Φ16 (20,11)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	72,10	2,65	5,75 (**)	87,62	10Φ20 (31,42)	4Φ16 (8,04)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	98,14	2,95	6,75 (**)	134,41	12Φ20 (37,70)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	128,18 (*)						
900	0,75	162,22 (*)						
1000	0,80	200,28 (*)						

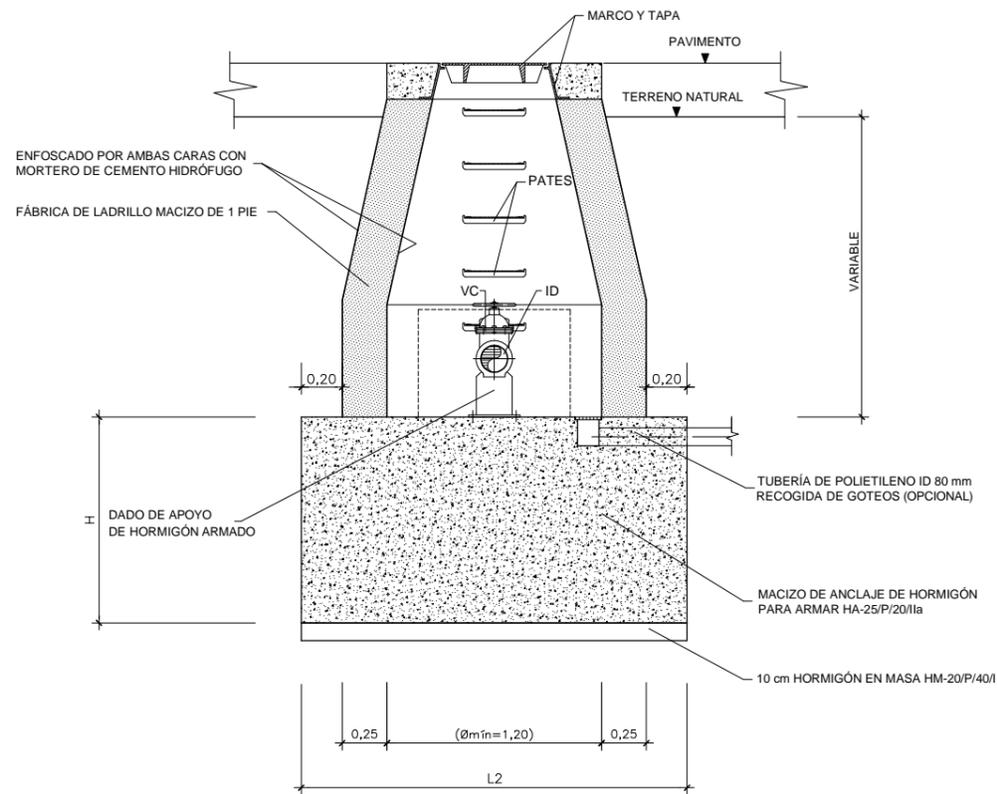
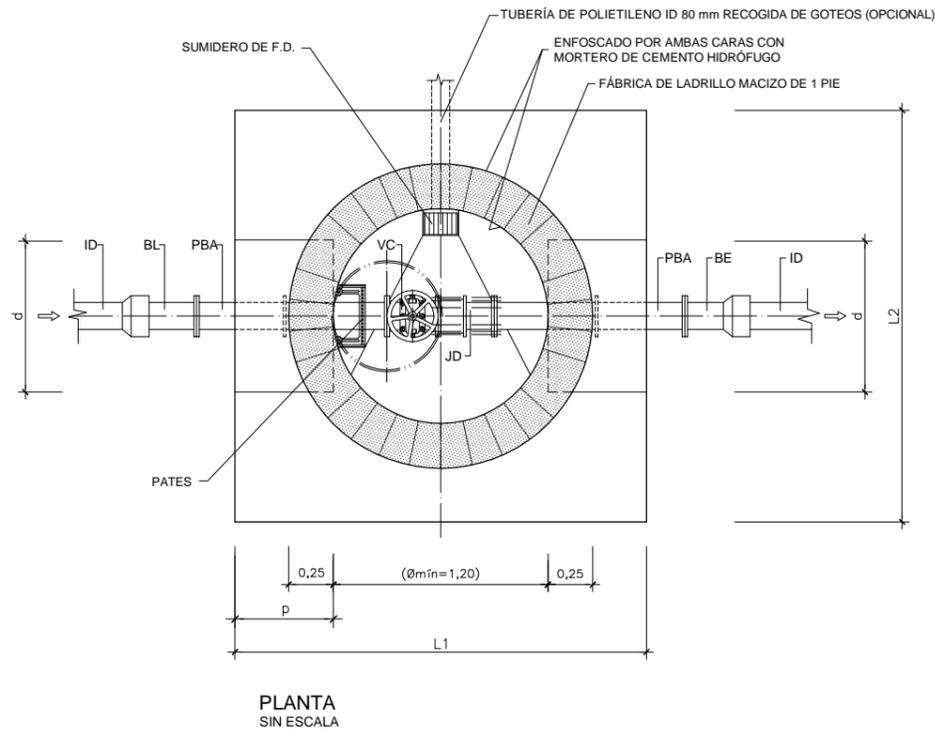
(*) Macizos en los que se requiere un estudio específico debido a que deben soportar empujes de valor superior a 100 t

(**) Macizos en los que, manteniendo los criterios generales de dimensionamiento, se ha aumentado la superficie de la base para que la tensión resultante no supere la admisible, 10 t/m²

Anexo 2. Planos de alojamientos (registros y cámaras)

Índice

- P 1. Registro para Válvula de Seccionamiento.
- P 2. Registro para Desagüe con Acometida.
- P 3. Registro para Válvula de Aeración.
- P 4. Cámara para Válvula de Aeración.
- P 5. Cámara para Desagüe con pozo de achique.
- P 6. Cámara para Válvula de Seccionamiento y dos Válvulas de Aeración.
- P 7. Cámara para Válvula de Seccionamiento, Válvula de Aeración y Desagüe.
- P 8. Cámara para Válvula de Seccionamiento con dos desagües.
- P 9. Cámara para Válvula de Seccionamiento con derivación y dos Válvulas de Aeración.
- P 10. Cámara para Válvula de Seccionamiento con Válvula de Aeración, derivación y Desagüe.
- P 11. Cámara para Válvula de Seccionamiento con derivación y dos Desagües.
- P 12. Cámara para Válvula de Seccionamiento con dos derivaciones y dos Válvulas de Aeración.
- P 13. Cámara para Válvula de Seccionamiento con dos derivaciones, Válvula de Aeración y Desagüe.
- P 14. Cámara para Válvula de Seccionamiento con dos derivaciones y dos Desagües.
- P 15. Cámara para instalación de Válvulas Reguladoras de Presión, disposición en paralelo.
- P 16. Cámara para instalación de Válvulas Reguladoras de Presión, disposición mixta serie / paralelo.
- P 17. Dispositivos de cierre en Registros y Cámaras. Cobijas.
- P 18.1. Dispositivos de cierre en Registros y Cámaras. Tapa y marco de fundición dúctil.
- P 18.2. Dispositivos de cierre en Registros y Cámaras. Tapa y marco mixtos.
- P 19. Hitos de señalización.

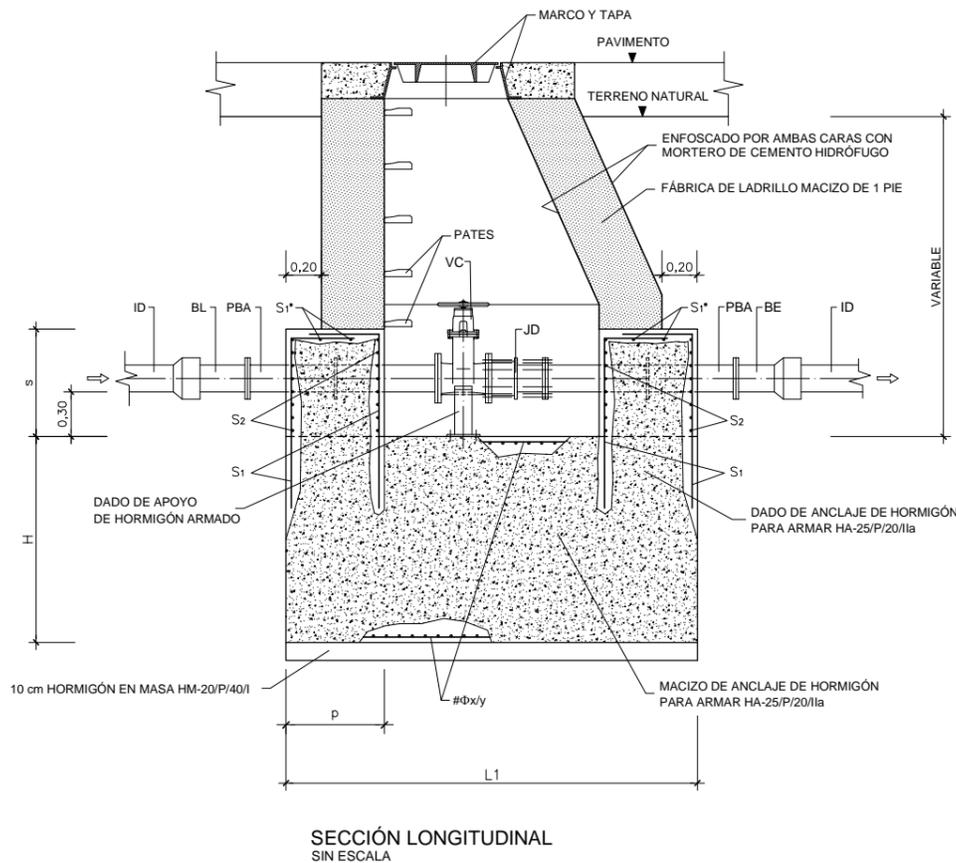


LEYENDA

- BL = TERMINAL BRIDA-LISO
- PBA = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE
- (*) VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
- (*) PARA ID=300 PUEDE INSTALARSE VÁLVULA DE MARIPOSA
- JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
- BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

EQUIPAMIENTO

- | UNIDADES | DENOMINACIÓN |
|--|------------------------------------|
| 1 | TERMINAL BRIDA-LISO ID |
| 2 | PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID |
| (*) 1 | VÁLVULA DE COMPUERTA ID |
| (*) PARA ID=300 PUEDE INSTALARSE VÁLVULA DE MARIPOSA | |
| 1 | JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID |
| 1 | TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID |



SECCIÓN TRANSVERSAL SIN ESCALA

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

TUBERÍA	MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE				
	P _{cal} 1,6 MPa				P _{cal} 2,0 MPa				P _{cal} 2,5 MPa				d (m)				
ID (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	p (m)	s (m)	P _{cal} 1,6 MPa	P _{cal} 2,0 MPa	P _{cal} 2,5 MPa
80	0,40	2,00	2,00	1,60	0,40	2,00	2,00	1,60	0,45	2,00	2,00	1,80	0,40	0,55	0,65	0,70	0,75
100	0,45	2,05	2,05	1,89	0,50	2,05	2,05	2,10	0,60	2,05	2,05	2,52	0,40	0,55	0,75	0,80	0,85
150	0,80	2,10	2,10	3,53	0,95	2,10	2,10	4,19	1,05	2,10	2,10	4,63	0,40	0,60	0,95	1,00	1,05
200	1,10	2,20	2,20	5,32	1,20	2,40	2,40	6,91	1,30	2,60	2,60	8,79	0,40	0,65	1,10	1,20	1,30
250	1,30	2,60	2,60	8,79	1,40	2,80	2,80	10,98	1,50	3,00	3,00	13,50	0,40	0,70	1,30	1,40	1,50
300	1,45	2,90	2,90	12,19	1,55	3,10	3,10	14,90	1,70	3,40	3,40	19,65	0,40	0,75	1,45	1,55	1,70

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID (mm)	P _{cal} 1,6 MPa						P _{cal} 2,0 MPa						P _{cal} 2,5 MPa						
	S ₁		S ₂		S ₁ *		S ₁		S ₂		S ₁ *		S ₁		S ₂		S ₁ *		
	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	# Φ x/y
80	4,52	4	12	3,39	3	12				4,52	4	12	3,39	3	12				# Φ 12/10
100	4,52	4	12	3,39	3	12				4,52	4	12	3,39	3	12				# Φ 12/10
150	6,79	6	12	3,39	3	12				6,79	6	12	3,39	3	12				# Φ 12/10
200	6,79	6	12	3,39	3	12				6,79	6	12	3,39	3	12				# Φ 12/10
250	6,79	6	12	3,39	3	12				6,79	6	12	3,39	3	12				# Φ 12/10
300	9,05	8	12	3,39	3	12				9,05	8	12	3,39	3	12				# Φ 12/10

NOTA: TANTO S₁ y S₁* COMO S₂ SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE

NOTAS

- Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
- Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
- El armado indicado en las tablas corresponde exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión.
- El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclajes y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.
- Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
- Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
- Se instalarán las escaleras y pasarelas necesarias para acceder a los distintos componentes.

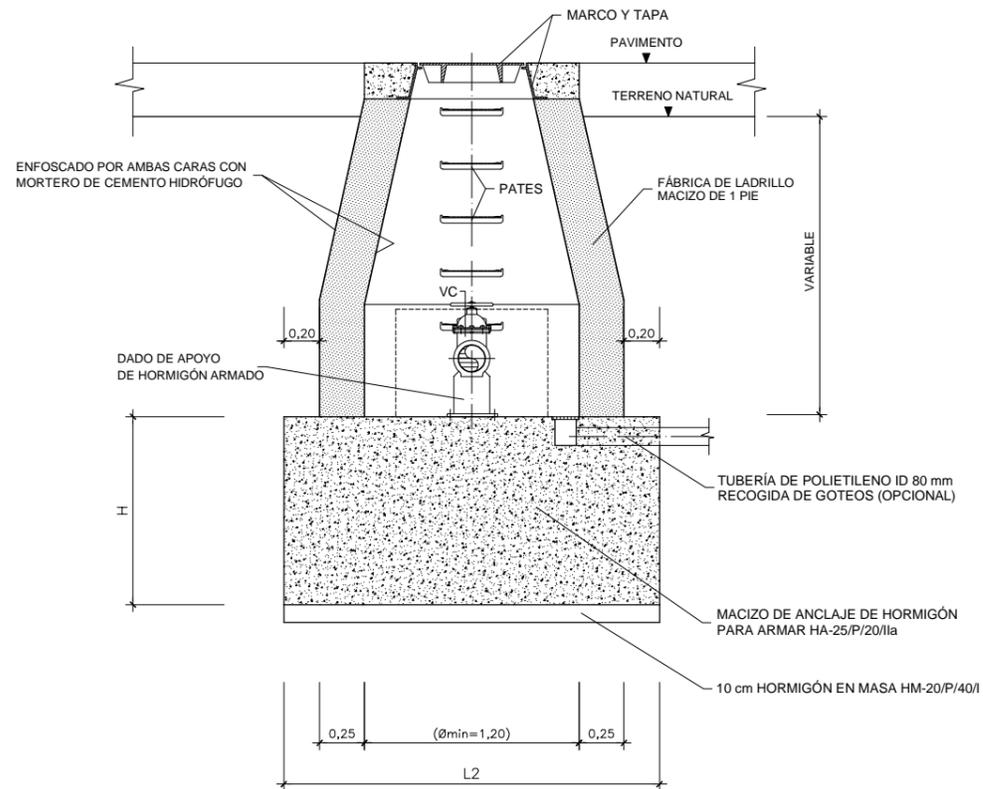
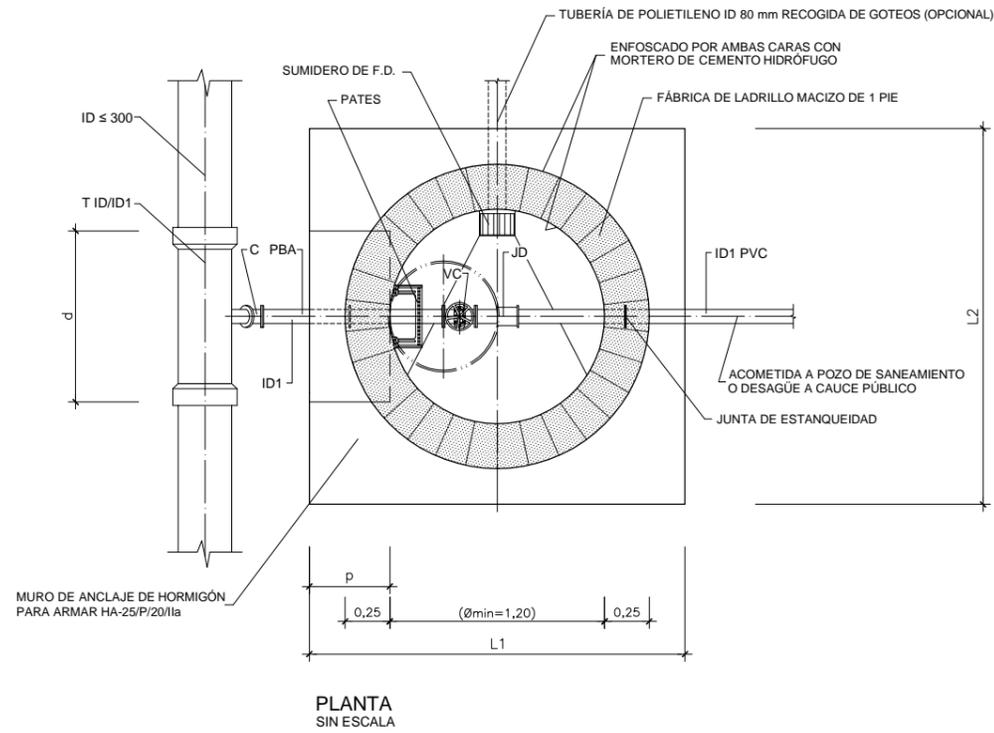


NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 2012.
ANEXO 2. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TÍTULO DEL PLANO: REGISTRO PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO

FECHA: ESCALAS: S/E N° DEL PLANO

COTAS EN m

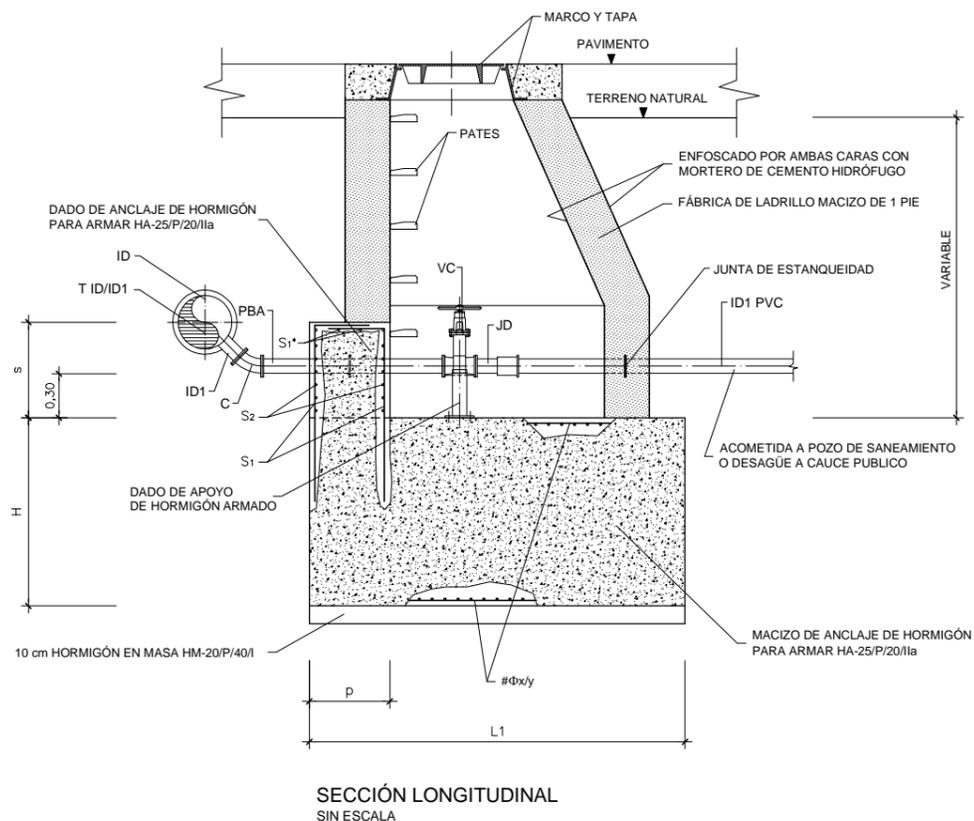


LEYENDA

- T = TE DE DOS ENCHUFES Y DERIVACIÓN EMBRIDADA
- C = CODO DE 1/8 EMBRIDADO
- PBA = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE
- VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
- JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE

EQUIPAMIENTO

UNIDADES	DENOMINACIÓN
1	TE DE DOS ENCHUFES Y DERIVACIÓN EMBRIDADA ID≤300/ID1
1	CODO DE 1/8 EMBRIDADO ID1
1	PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID1
1	VÁLVULA DE COMPUERTA ID1
1	JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID1



SECCIÓN TRANSVERSAL SIN ESCALA

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

TUBERÍA	MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE				
	P _{cal} 1,6 MPa				P _{cal} 2,0 MPa				P _{cal} 2,5 MPa				d (m)				
ID1 (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	p (m)	s (m)	P _{cal} 1,6 MPa	P _{cal} 2,0 MPa	P _{cal} 2,5 MPa
80	0,40	2,00	2,00	1,60	0,40	2,00	2,00	1,60	0,45	2,00	2,00	1,80	0,40	0,55	0,65	0,70	0,75
100	0,45	2,05	2,05	1,89	0,50	2,05	2,05	2,10	0,60	2,05	2,05	2,52	0,40	0,55	0,75	0,80	0,85

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID1 (mm)	P _{cal} 1,6 MPa						P _{cal} 2,0 MPa						P _{cal} 2,5 MPa					
	S ₁		S ₂		S ₁ *		S ₁		S ₂		S ₁ *		S ₁		S ₂		S ₁ *	
	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)
80	4,52	4	12	3,39	3	12				4,52	4	12	3,39	3	12			
100	4,52	4	12	3,39	3	12				4,52	4	12	3,39	3	12			

NOTA: TANTO S₁ Y S₁*, COMO S₂ SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE

NOTAS

- Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
- Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
- El armado indicado en las tablas corresponde exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión.
- El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclajes y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.
- Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
- Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
- Se instalarán las escaleras y pasarelas necesarias para acceder a los distintos componentes.

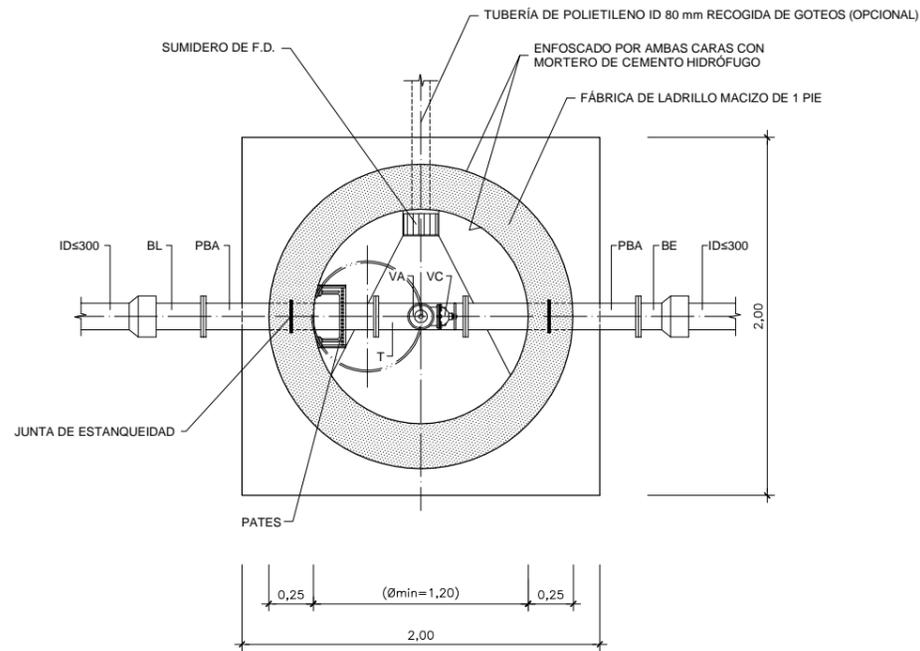


NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 2012.
ANEXO 2. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

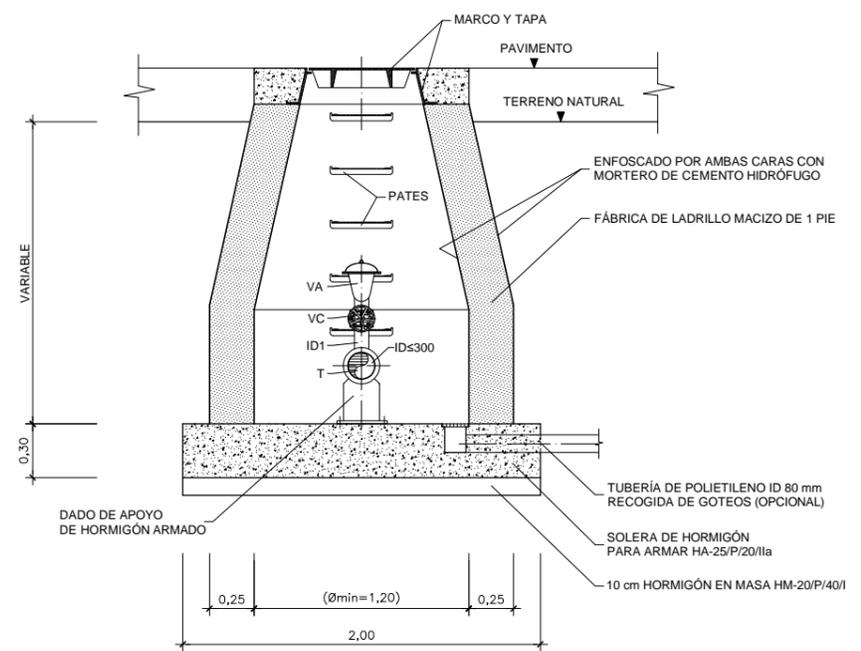
TÍTULO DEL PLANO: REGISTRO PARA DESAGÜE CON ACOMETIDA

FECHA: ESCALAS: S/E N° DEL PLANO

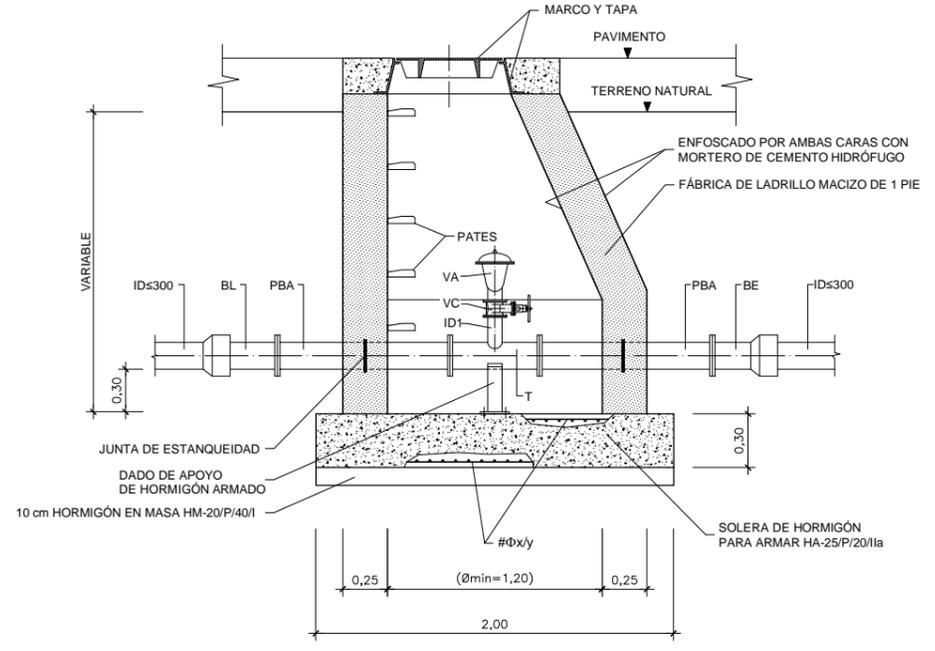
COTAS EN m



PLANTA
SIN ESCALA



SECCIÓN TRANSVERSAL
SIN ESCALA



SECCIÓN LONGITUDINAL
SIN ESCALA

LEYENDA

- BL = TERMINAL BRIDA-LISO
- PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
- T = TE EMBRIDADA
- VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
- VA = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL
- BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

EQUIPAMIENTO

UNIDADES	DENOMINACIÓN
1	TERMINAL BRIDA-LISO ID≤ 300
2	PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE ID≤ 300
1	TE EMBRIDADA ID≤ 300/ID1
1	VÁLVULA DE COMPUERTA ID1
1	VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL ID1
1	TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID≤ 300

NOTAS

1. Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
2. Las dimensiones son orientativas y deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
3. El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de losa y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.
4. Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
5. Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
6. Se instalarán las escaleras y pasarelas necesarias para acceder a los distintos componentes.
7. El diámetro de las válvulas de aeración es orientativo. Deberá verificarse la capacidad suficiente de aducción y evacuación de aire.

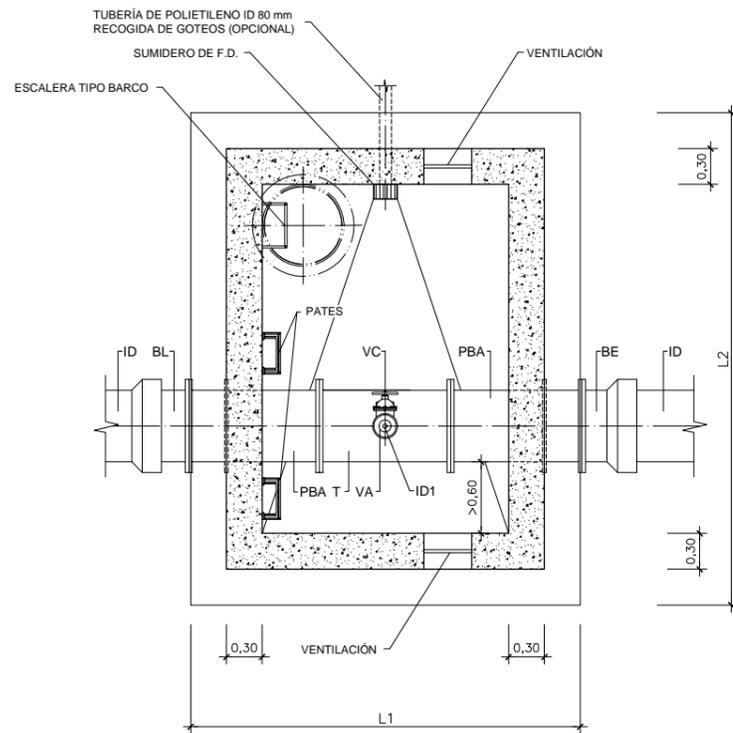


NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 2012.
ANEXO 2. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

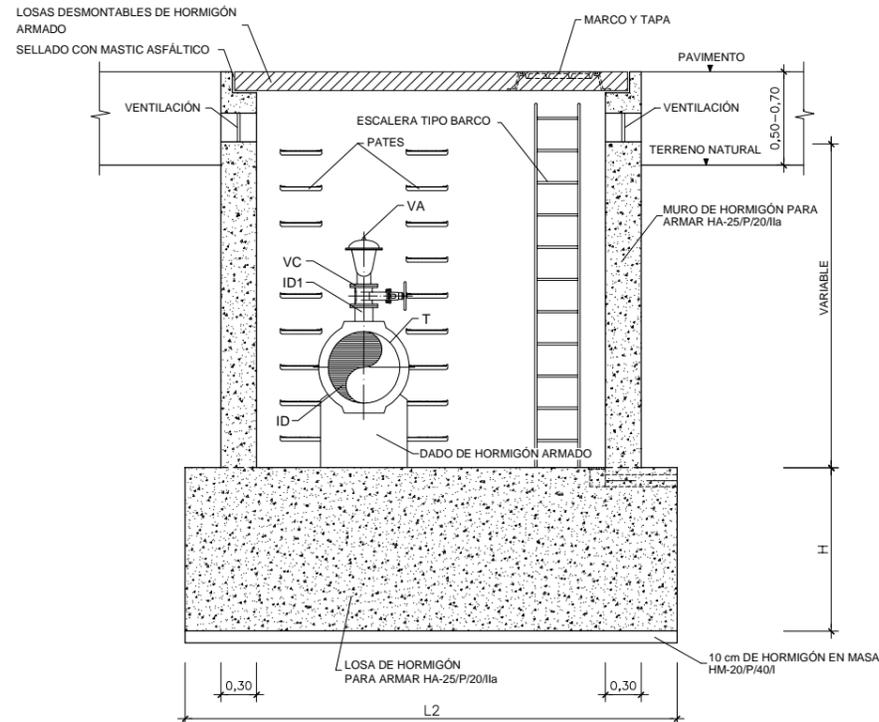
TÍTULO DEL PLANO: REGISTRO PARA VÁLVULA DE AERACIÓN

FECHA: ESCALAS: S/E N° DEL PLANO

COTAS EN m



PLANTA
SIN ESCALA



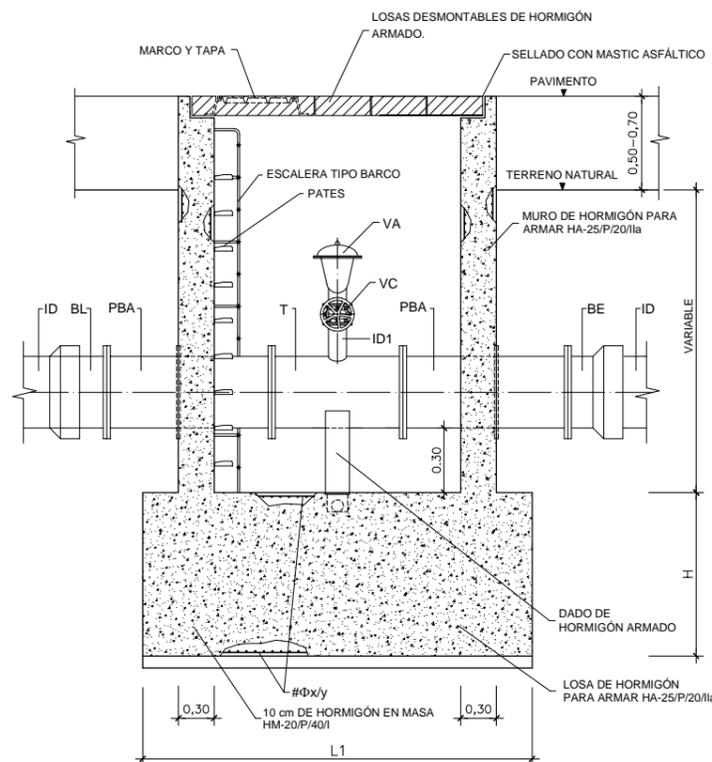
SECCIÓN TRANSVERSAL
SIN ESCALA

LEYENDA

- BL = TERMINAL BRIDA-LISO
- PBA = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE
- T = TE EMBRIDADA
- VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
- VA = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL
- BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

EQUIPAMIENTO

UNIDADES	DENOMINACIÓN
1	TERMINAL BRIDA-LISO ID
2	PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
1	TE EMBRIDADA ID/ID1
1	VÁLVULA DE COMPUERTA ID1
1	VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL ID1
1	TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID



SECCIÓN LONGITUDINAL
SIN ESCALA

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

TUBERÍA		DIMENSIONES LOSA	
ID (mm)	ID1 (mm)	L1 (m)	L2 (m)
300	80	1,85	2,25
400	100	2,10	2,35
500	100	2,35	2,45
600	150	2,70	2,55
800	200	3,10	2,75
1000	200	3,60	2,95

NOTAS

- Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
- Las dimensiones son orientativas y deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
- Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø12 a 10 cm, considerando: ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso específico del terreno de 1,8 t/m³.
- El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de losa y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.
- Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
- Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
- Se dispondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
- Las cámaras se impermeabilizarán exteriormente con lámina asfáltica y lámina drenante.
- Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejillas de ventilación.
- Se instalarán las escaleras y pasarelas necesarias para acceder a los distintos componentes.
- El diámetro de las válvulas de aeración es orientativo. Deberá verificarse la capacidad suficiente de aducción y evacuación de aire.

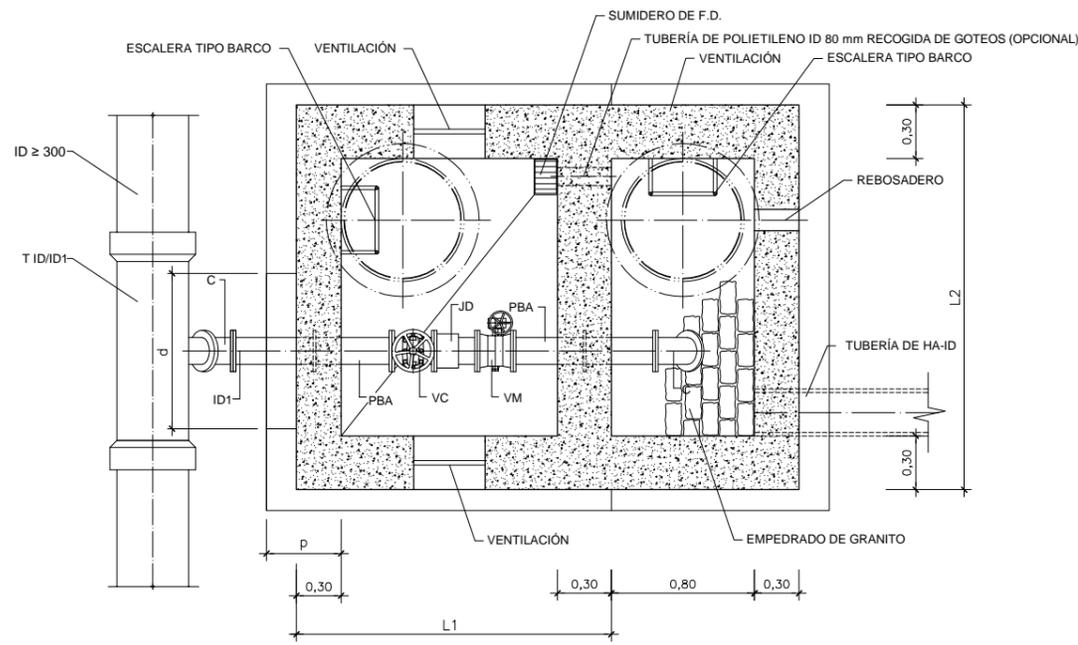


NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 2012.
ANEXO 2. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

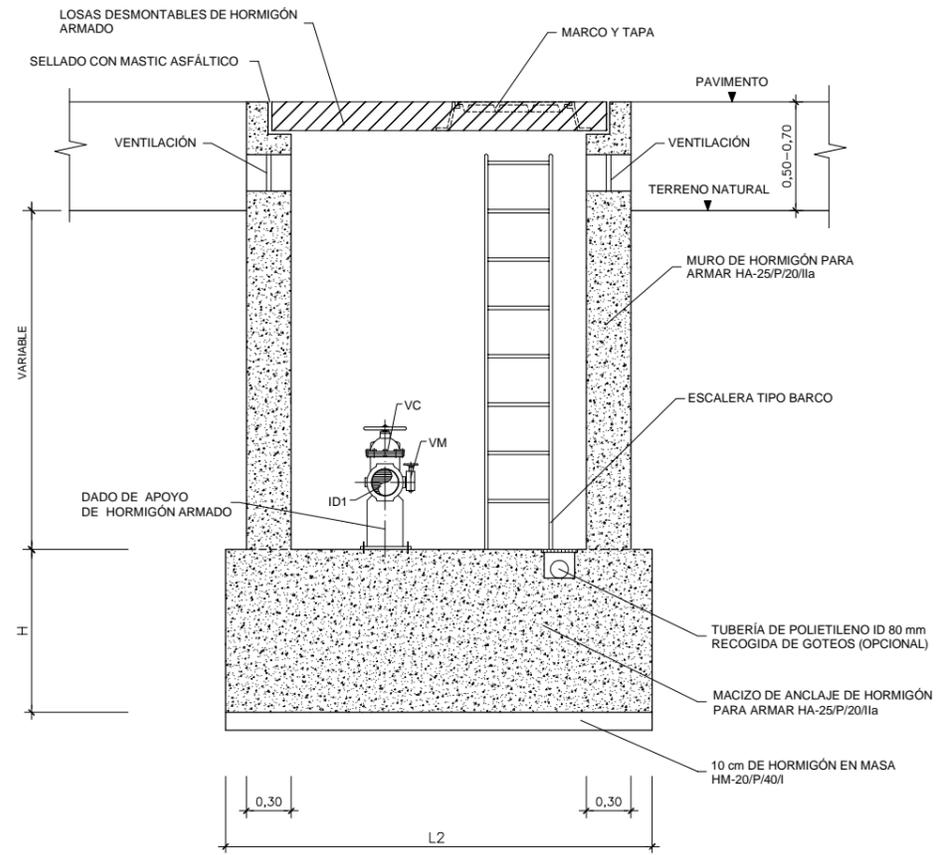
TÍTULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE AERACIÓN

FECHA: ESCALAS: S/E N° DEL PLANO

COTAS EN m



PLANTA SIN ESCALA



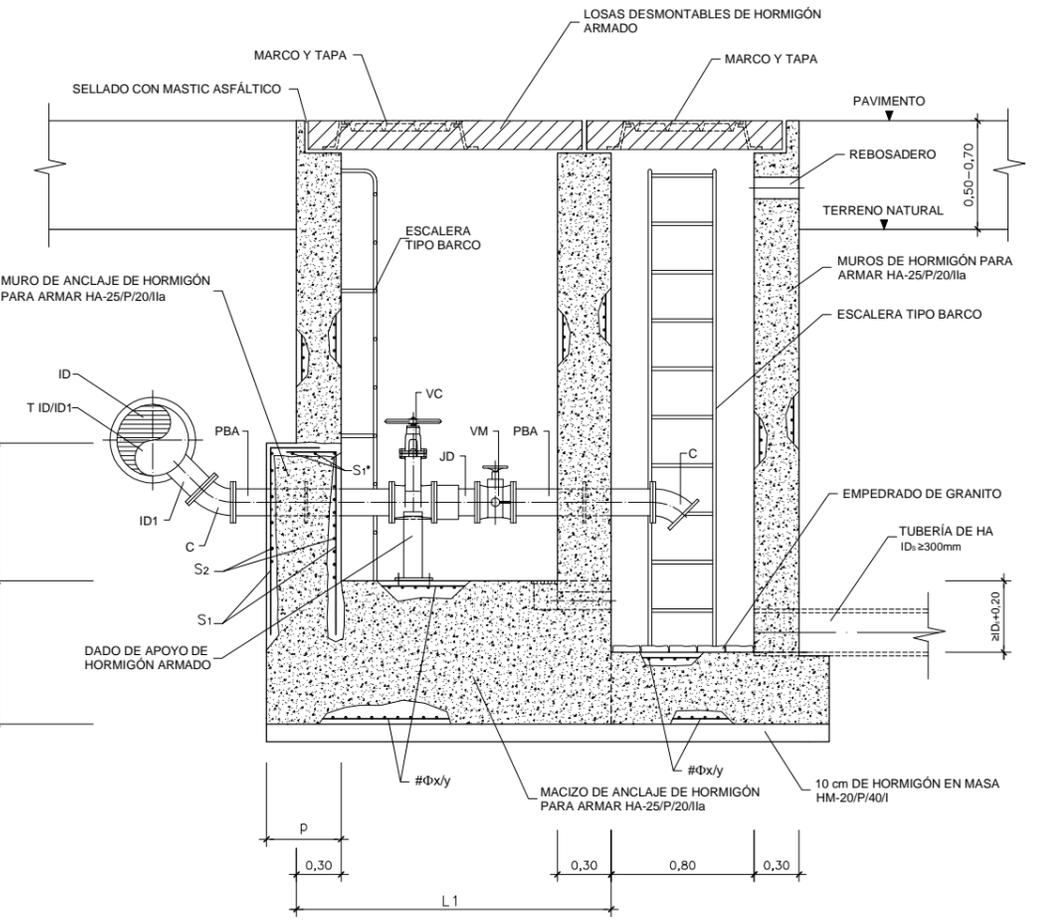
SECCIÓN TRANSVERSAL SIN ESCALA

LEYENDA

- T = TE DE DOS ENCHUFES Y DERIVACIÓN EMBRIDADA
- PBA = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE
- VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
- VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
- JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
- C = CODO DE 1/8 EMBRIDADO

EQUIPAMIENTO

UNIDADES	DENOMINACIÓN
1	TE DE DOS ENCHUFES Y DERIVACIÓN EMBRIDADA ID≥300/ID1
2	CODOS DE 1/8 EMBRIDADO ID1
2	PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID1
1	VÁLVULA DE COMPUERTA ID1
1	VÁLVULA DE MARIPOSA ID1
1	JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE



SECCIÓN LONGITUDINAL SIN ESCALA

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

TUBERÍA	MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE					
	P _{cal} 1,6 MPa				P _{cal} 2,0 MPa				P _{cal} 2,5 MPa				p (m)	s (m)	d (m)			
	ID (mm)	ID1 (mm)	H (m)	V (m³)	H (m)	V (m³)	H (m)	V (m³)	H (m)	V (m³)	H (m)	V (m³)			P _{cal} 1,6 MPa	P _{cal} 2,0 MPa	P _{cal} 2,5 MPa	
DE 80 A 200	80	0,40	1,80	1,95	1,40	0,40	1,80	1,95	1,40	0,50	1,80	1,95	1,76	0,40	0,55	0,65	0,70	0,75
DE 250 A 350	100	0,50	1,85	1,95	1,80	0,60	1,85	1,95	2,16	0,70	1,85	1,95	2,53	0,40	0,55	0,75	0,80	0,85
DE 400 A 600	150	0,85	2,10	2,00	3,57	1,00	2,10	2,00	4,20	1,15	2,10	2,00	4,83	0,40	0,60	0,95	1,00	1,05
DE 700 A 1.000	200	1,10	2,20	2,20	5,32	1,20	2,40	2,40	6,91	1,55	2,40	2,40	8,93	0,40	0,65	1,10	1,20	1,30

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID1 (mm)	P _{cal} 1,6 MPa						P _{cal} 2,0 MPa						P _{cal} 2,5 MPa								
	S ₁		S ₂		S ₁ *		S ₁		S ₂		S ₁ *		S ₁		S ₂		S ₁ *				
	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	# Φ x/y	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	# Φ x/y	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	# Φ x/y
80	4,52	4	12	3,39	3	12	# Φ 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12	# Φ 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12	# Φ 12/10
100	4,52	4	12	3,39	3	12	# Φ 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12	# Φ 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12	# Φ 12/10
150	6,79	6	12	3,39	3	12	# Φ 12/10	6,79	6	12	3,39	3	12	# Φ 12/10	6,79	6	12	3,39	3	12	# Φ 12/10
200	6,79	6	12	3,39	3	12	# Φ 12/10	6,79	6	12	3,39	3	12	# Φ 12/10	6,79	6	12	3,39	3	12	# Φ 12/10

NOTA: TANTO S₁ y S₁*, COMO S₂ SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE
 (*) EMPUJE DE VALOR SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO

NOTAS

1. Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
2. Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
3. El armado indicado en las tablas corresponde exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión.
4. Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø12 a 10 cm, considerando: ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso específico del terreno de 1,8 t/m³.
5. El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclajes y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.
6. Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
7. Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
8. Se dispondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
9. Las cámaras se impermeabilizarán exteriormente con lámina asfáltica y lámina drenante.
10. Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejillas de ventilación y rebosadero.
11. Se instalarán las escaleras y pasarelas necesarias para acceder a los distintos componentes.

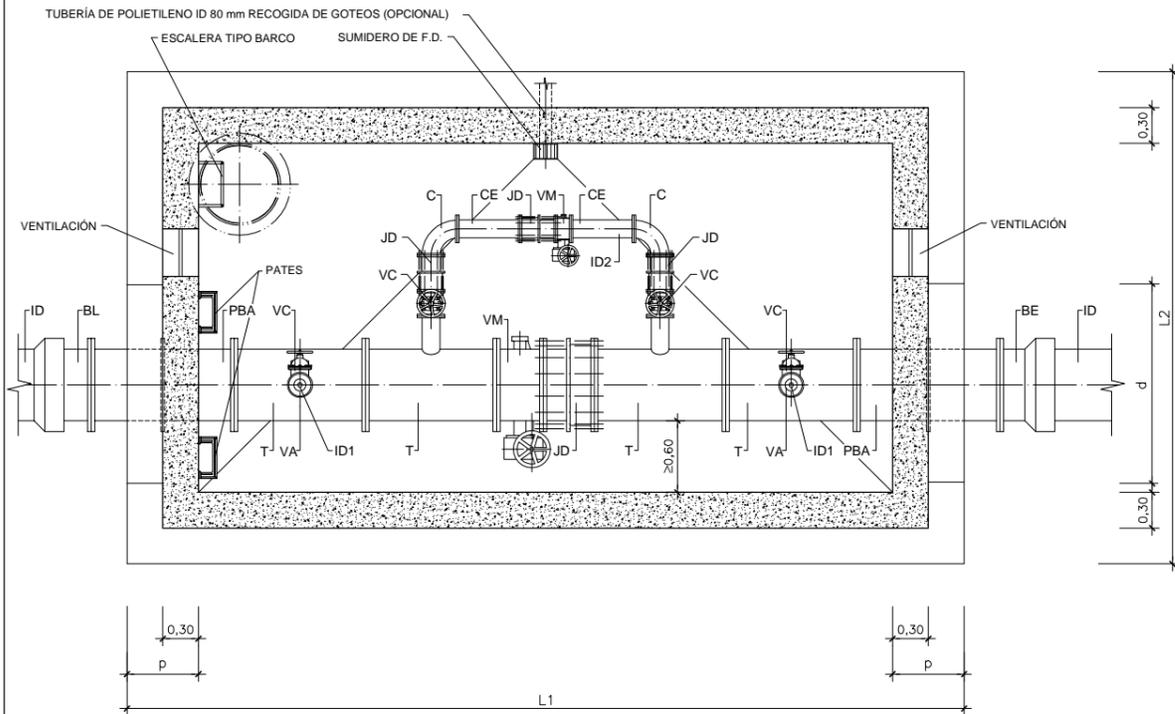


NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 2012.
 ANEXO 2. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

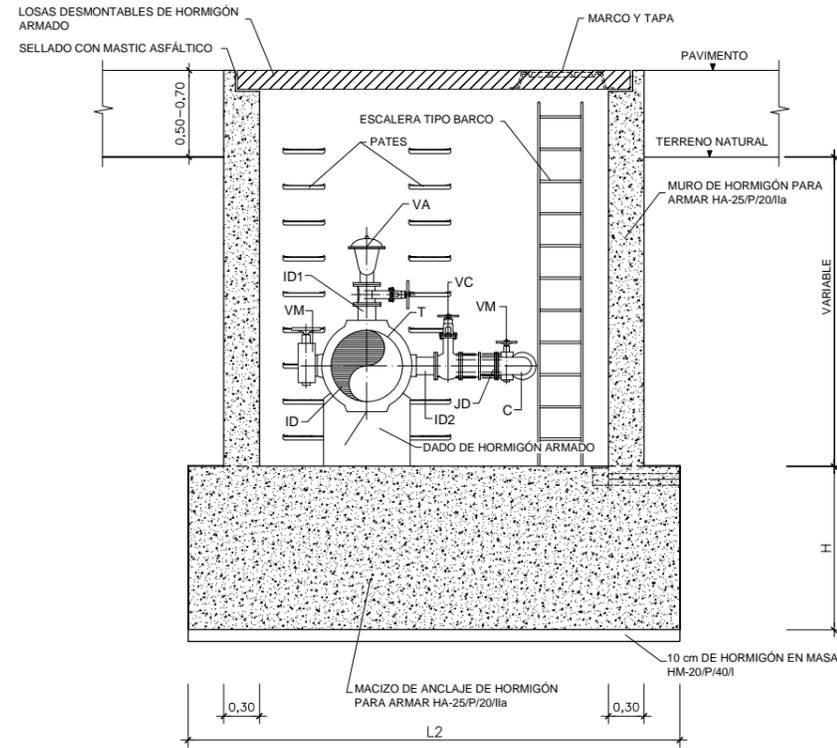
TÍTULO DEL PLANO: CÁMARA PARA DESAGÜE CON POZO DE ACHIQUE

FECHA: ESCALAS: S/E N° DEL PLANO

COTAS EN m



PLANTA
SIN ESCALA



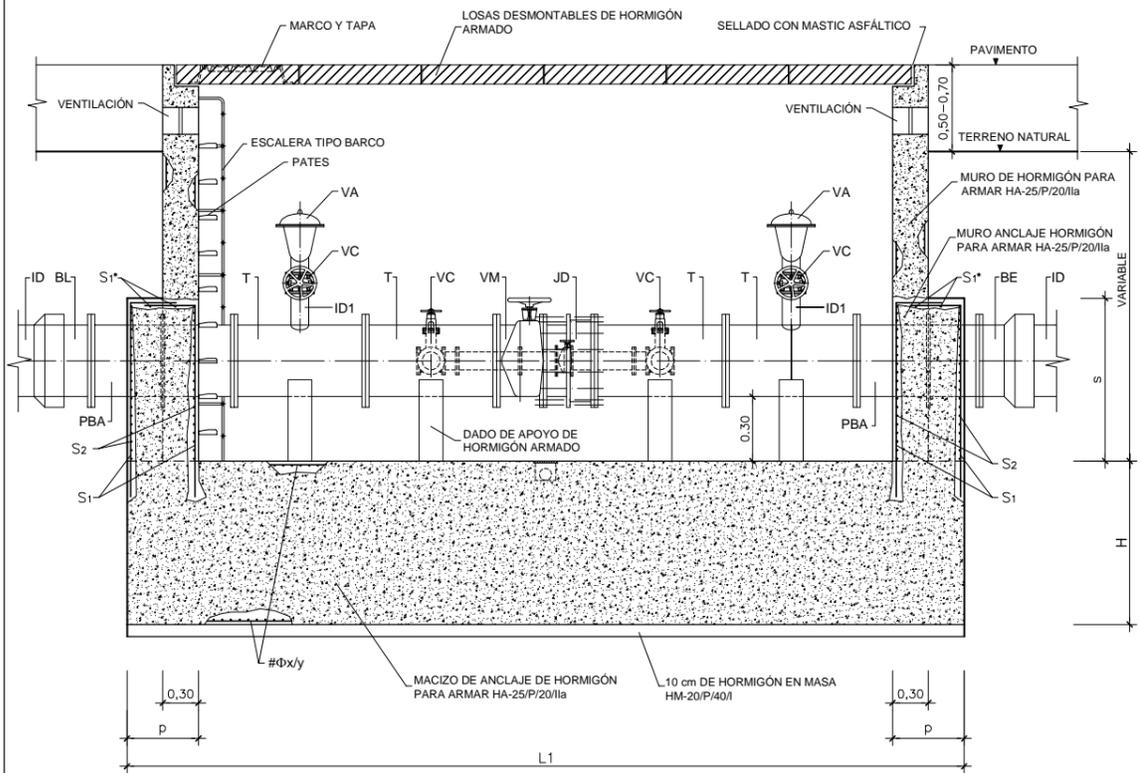
SECCIÓN TRANSVERSAL
SIN ESCALA

LEYENDA

- BL = TERMINAL BRIDA-LISO
- PBA = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE
- T = TE EMBRIDADA
- VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
- VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
- JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
- VA = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL
- C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
- CE = CARRETE EMBRIDADO
- BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

EQUIPAMIENTO

UNIDADES	DENOMINACIÓN
1	TERMINAL BRIDA-LISO ID
2	PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
2	TES EMBRIDADAS ID/ID1
2	TES EMBRIDADAS ID/ID2
1	VÁLVULA DE MARIPOSA ID
1	JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID
2	VÁLVULAS DE COMPUERTA ID1
2	VÁLVULAS DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL ID1
1	TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID
EN BY-PASS ID2(SOLO PARA ID₂≥600)	
2	CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID2
2	VÁLVULAS DE COMPUERTA ID2
3	JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID2
2	CARRETES EMBRIDADOS ID2
1	VÁLVULA DE MARIPOSA ID2



SECCIÓN LONGITUDINAL
SIN ESCALA

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

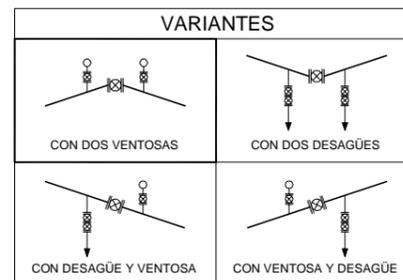
TUBERÍA		MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE					
ID (mm)	ID1 (mm)	ID2 (mm)	P _{cal} 1,6 MPa				P _{cal} 2,0 MPa				P _{cal} 2,5 MPa				p (m)	s (m)	d (m)		
			H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)			P _{cal} 1,6 MPa	P _{cal} 2,0 MPa	P _{cal} 2,5 MPa
300	80		1,45	2,90	2,90	12,19	1,55	3,10	3,10	14,90	1,70	3,40	3,40	19,65	0,40	0,75	1,45	1,55	1,70
400	100		1,75	3,50	3,50	21,44	1,90	3,80	3,80	27,44	2,05	4,10	4,10	34,46	0,50	0,85	1,75	1,90	2,05
500	100		2,05	4,10	4,10	34,46	2,20	4,40	4,40	42,59	2,35	4,85	4,85	55,28	0,60	0,95	2,05	2,20	2,35
600	150	200	2,05	5,55	4,70	53,47	2,20	5,55	4,70	57,39	2,65	5,75	5,75	87,62	0,70	1,05	2,30	2,30	2,65
800	200	200	2,75	6,15	6,15	104,01	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	0,90	1,25	2,75	(*)	(*)
1000	200	200	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,10	1,45	(*)	(*)	(*)

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID (mm)	P _{cal} 1,6 MPa												P _{cal} 2,0 MPa												P _{cal} 2,5 MPa											
	S ₁			S ₂			S ₁ *			# Φ x/y	S ₁			S ₂			S ₁ *			# Φ x/y	S ₁			S ₂			S ₁ *			# Φ x/y						
	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)		cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)		cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)		cm²	n	Φ (mm)			
300	9,05	8	12	3,39	3	12			# Φ 12/10	9,05	8	12	3,39	3	12			# Φ 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12			# Φ 12/10									
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Φ 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Φ 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Φ 12/10						
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Φ 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Φ 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Φ 12/10						
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Φ 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Φ 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Φ 12/10						
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Φ 12/10						
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Φ 12/10						

NOTA: TANTO S₁ Y S₁* COMO S₂ SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE
(*): EMPUJE DE VALOR SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

VARIANTES



NOTAS

- Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
- Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
- El armado indicado en las tablas corresponde exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión.
- Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø12 a 10 cm, considerando: ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso específico del terreno de 1,8 t/m³.
- El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclajes y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.
- Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
- Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
- Se dispondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
- Las cámaras se impermeabilizarán exteriormente con lámina asfáltica y lámina drenante.
- Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejillas de ventilación.
- Se instalarán las escaleras y pasarelas necesarias para acceder a los distintos componentes.
- El diámetro de las válvulas de aeración es orientativo. Deberá verificarse la capacidad suficiente de aducción y evacuación de aire.

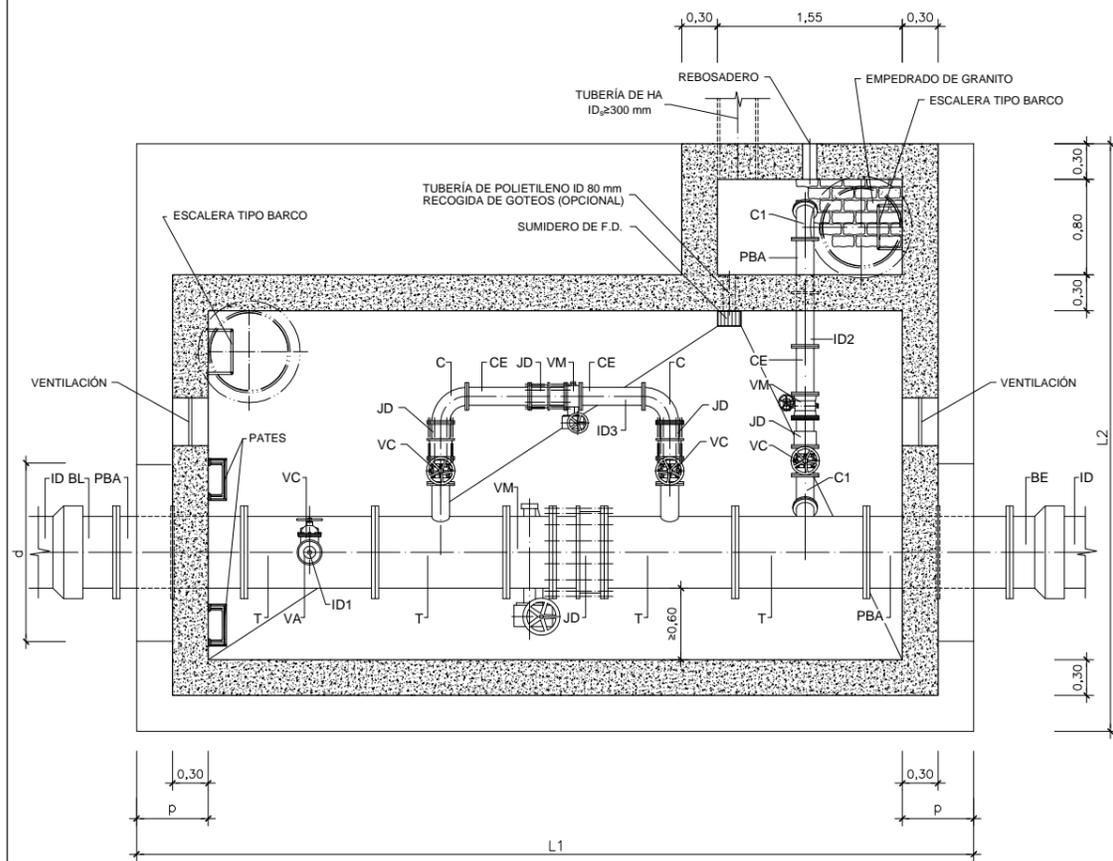


NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 2012.
ANEXO 2. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

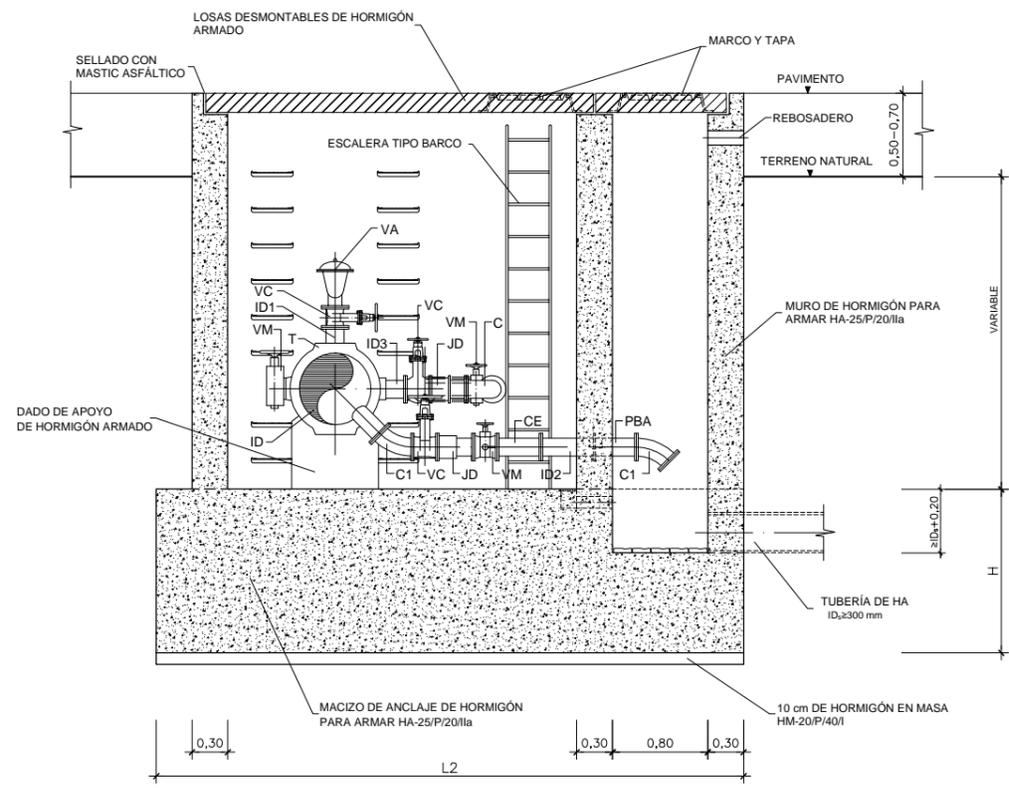
TÍTULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO Y DOS VÁLVULAS DE AERACIÓN

FECHA: ESCALAS: N° DEL PLANO

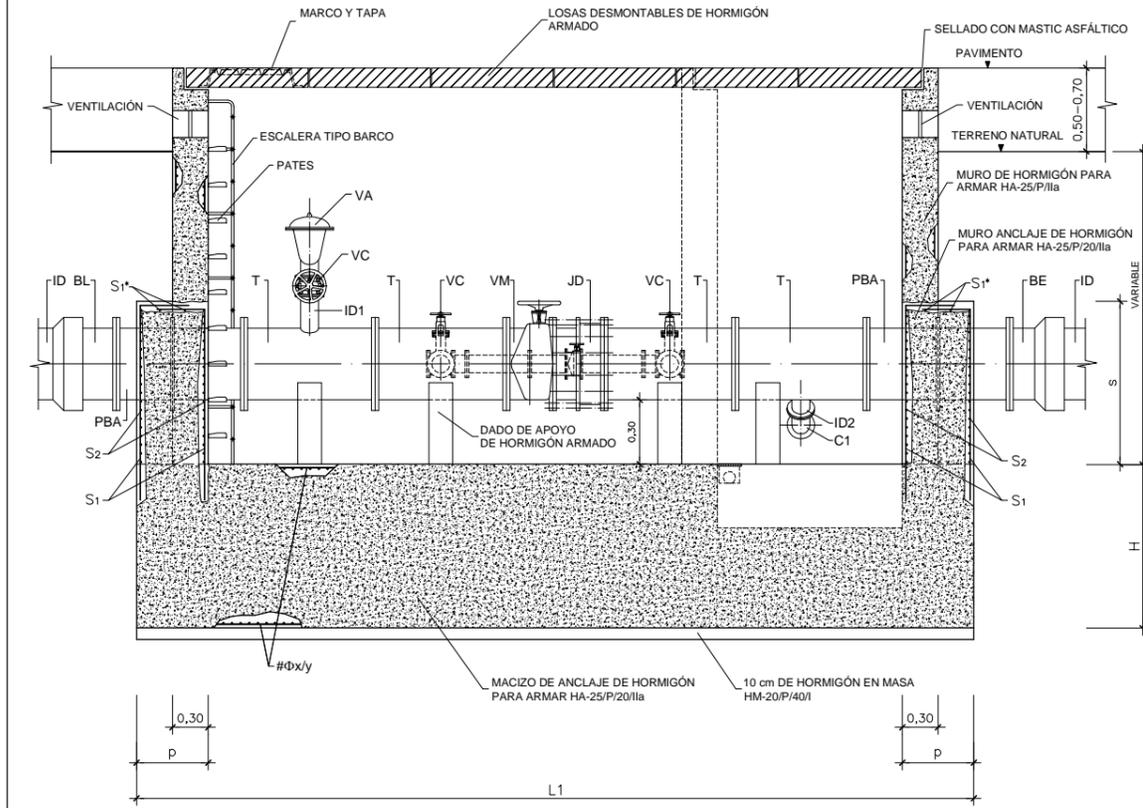
COTAS EN m



PLANTA SIN ESCALA



SECCIÓN TRANSVERSAL SIN ESCALA



SECCIÓN LONGITUDINAL SIN ESCALA

- LEYENDA**
- BL = TERMINAL BRIDA-LISO
 - PBA = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE
 - T = TE EMBRIDADA
 - VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
 - VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
 - JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
 - VA = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL
 - C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
 - C1 = CODO DE 1/8 EMBRIDADO
 - CE = CARRETE EMBRIDADO
 - BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

- EQUIPAMIENTO**
- | UNIDADES | DENOMINACIÓN |
|---|--------------------------------------|
| 1 | TERMINAL BRIDA-LISO ID |
| 2 | PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID |
| 1 | TE EMBRIDADA ID/ID1 |
| 1 | TE EMBRIDADA ID/ID2 |
| 2 | TES EMBRIDADAS ID/ID3 |
| 1 | VÁLVULA DE MARIPOSA ID |
| 1 | JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID |
| 1 | VÁLVULA DE COMPUERTA ID1 |
| 1 | VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL ID1 |
| 1 | TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID |
| RAMAL DE VACIADO ID2 | |
| 2 | CODOS DE 1/8 EMBRIDADOS ID2 |
| 1 | VÁLVULA DE COMPUERTA ID2 |
| 1 | VÁLVULA DE MARIPOSA ID2 |
| 1 | JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID2 |
| 1 | PASAMUROS EMBRIDADO ID2 |
| 1 | CARRETE EMBRIDADO ID2 |
| EN BY-PASS ID3(SOLO PARA ID≥600) | |
| 2 | CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID3 |
| 2 | VÁLVULAS DE COMPUERTA ID3 |
| 3 | JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID3 |
| 2 | CARRETES EMBRIDADOS ID3 |
| 1 | VÁLVULA DE MARIPOSA ID3 |

- NOTAS**
- Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
 - Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
 - El armado indicado en las tablas corresponde exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión.
 - Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø12 a 10 cm, considerando: ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso específico del terreno de 1,8 t/m³.
 - El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclajes y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.
 - Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
 - Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
 - Se dispondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
 - Las cámaras se impermeabilizarán exteriormente con lámina asfáltica y lámina drenante.
 - Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejillas de ventilación y rebosadero.
 - Se instalarán las escaleras y pasarelas necesarias para acceder a los distintos componentes.
 - El diámetro de las válvulas de aeración es orientativo. Deberá verificarse la capacidad suficiente de aducción y evacuación de aire.

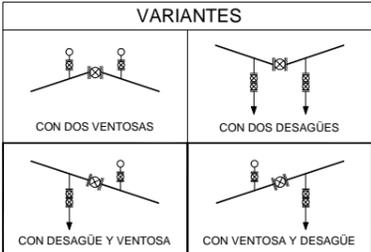
CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

TUBERÍA				MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE				
ID (mm)	ID1 (mm)	ID2 (mm)	ID3 (mm)	P _{cal} 1,6 MPa				P _{cal} 2,0 MPa				P _{cal} 2,5 MPa				d (m)				
				H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	p (m)	s (m)	P _{cal} 1,6 MPa	P _{cal} 2,0 MPa	P _{cal} 2,5 MPa
300	80	100		1,05	3,00	4,00	12,60	1,25	3,10	4,00	15,50	1,45	3,40	4,00	19,72	0,40	0,75	1,45	1,55	1,70
400	100	150		1,50	3,50	4,20	22,05	1,75	3,80	4,20	27,93	2,05	4,10	4,20	35,30	0,50	0,85	1,75	1,90	2,05
500	100	150		2,00	4,10	4,30	35,26	2,20	4,40	4,40	42,59	2,35	4,85	4,85	55,28	0,60	0,95	2,05	2,20	2,35
600	150	150	200	2,00	5,50	4,70	51,70	2,20	5,50	4,70	56,87	2,65	5,75	5,75	87,62	0,70	1,05	2,30	2,30	2,65
800	200	200	200	2,75	6,15	6,15	104,01	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	0,90	1,25	2,75	(*)	(*)
1000	200	200	200	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,10	1,45	(*)	(*)	(*)

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID (mm)	P _{cal} 1,6 MPa								P _{cal} 2,0 MPa								P _{cal} 2,5 MPa													
	S ₁		S ₂		S ₁ *		# Φ x/y		S ₁		S ₂		S ₁ *		# Φ x/y		S ₁		S ₂		S ₁ *		# Φ x/y							
	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)			
300	9,05	8	12	3,39	3	12		# Φ 12/10	12,06	6	16	3,39	3	12		# Φ 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12		# Φ 12/10						
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	16	# Φ 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	16	# Φ 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	16	# Φ 12/10			
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	16	# Φ 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	16	# Φ 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	16	# Φ 12/10			
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Φ 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Φ 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Φ 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	

NOTA: TANTO S₁ y S₁* COMO S₂ SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE
 (*): EMPUJE DE VALOR SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.



Canal de Isabel II gestión

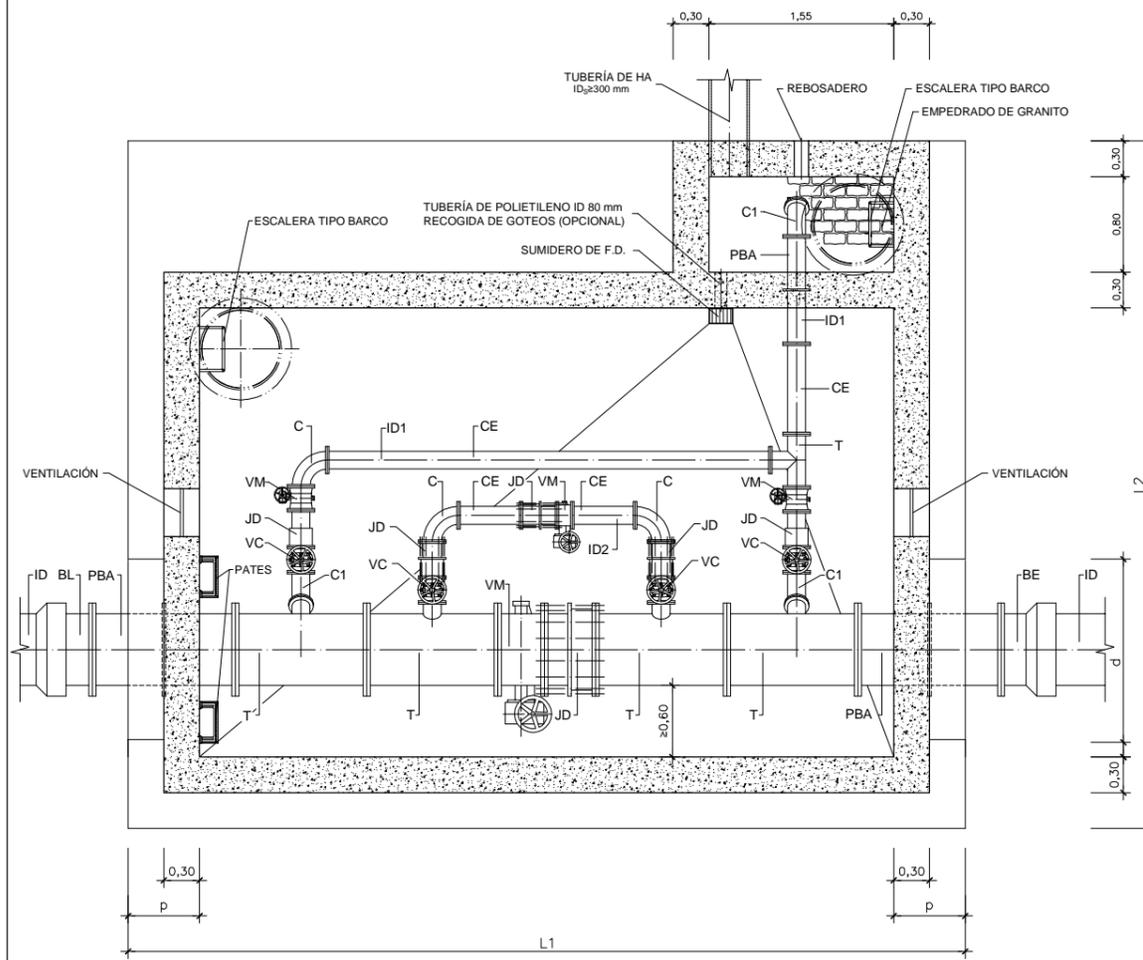
NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 2012.
 ANEXO 2. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TÍTULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO, VÁLVULA DE AERACIÓN Y DESAGÜE

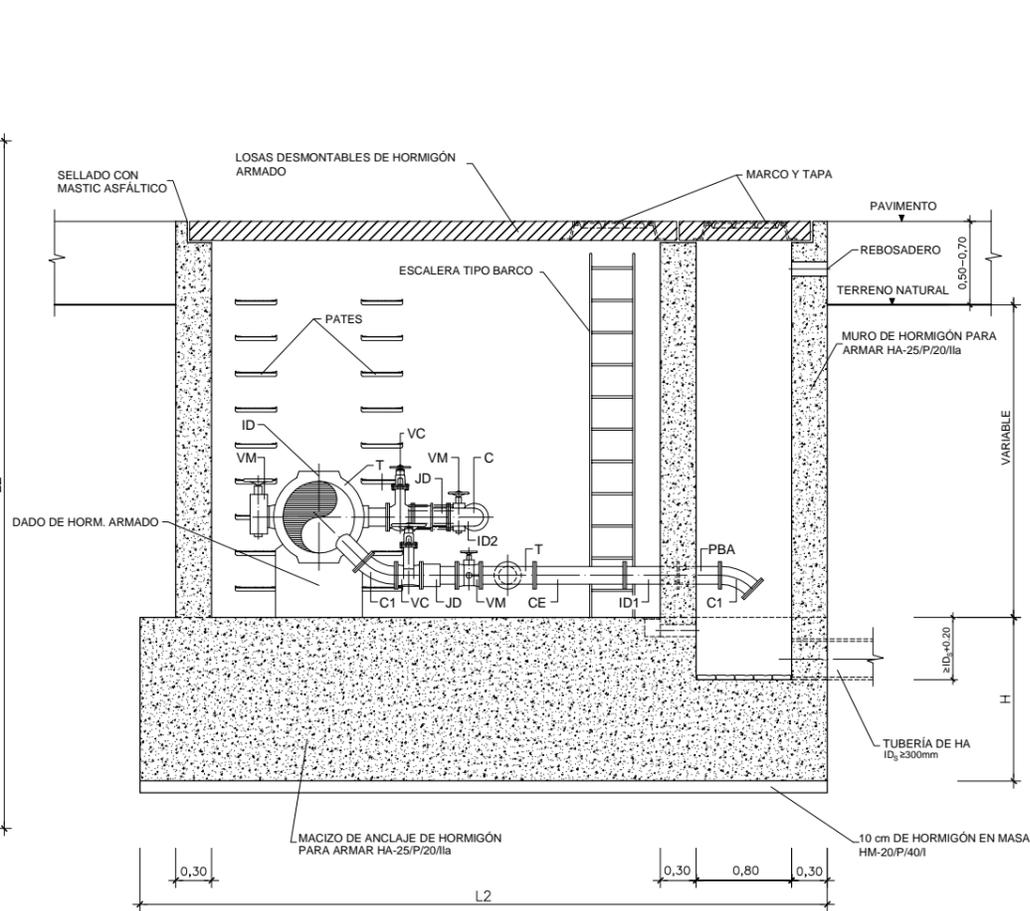
FECHA: _____ ESCALAS: _____ N° DEL PLANO: _____

S/E 7

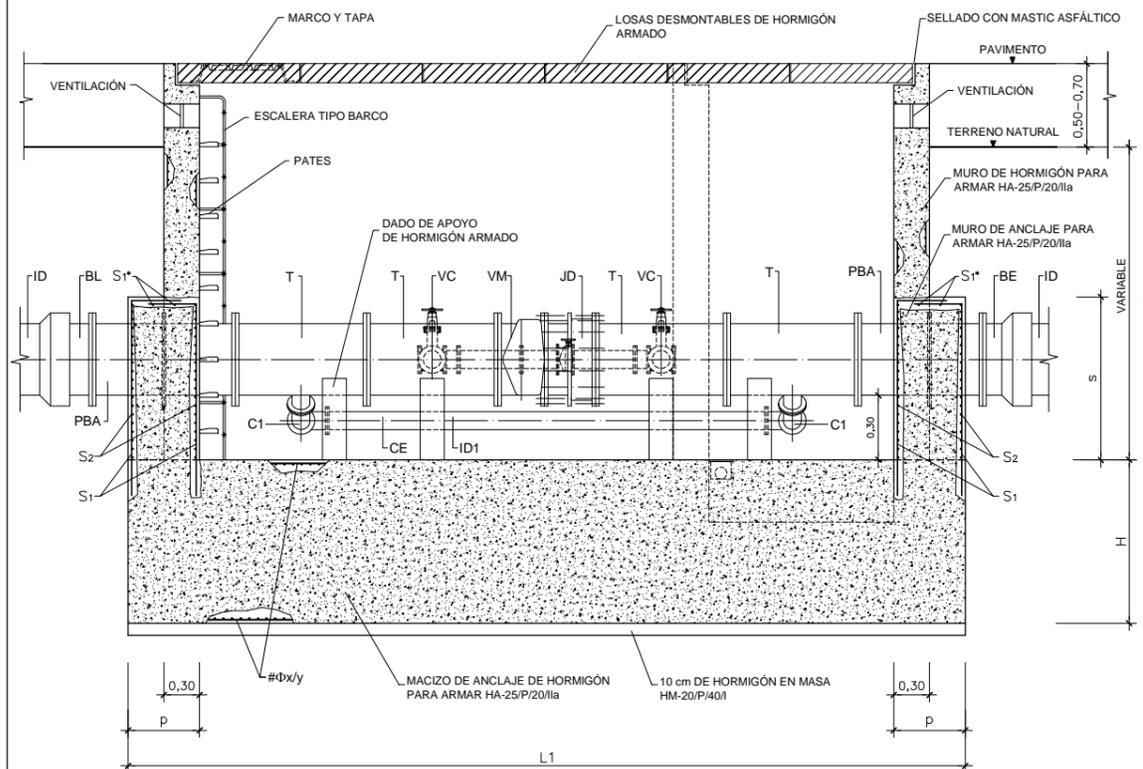
COTAS EN m



PLANTA
SIN ESCALA



SECCIÓN TRANSVERSAL
SIN ESCALA



SECCIÓN LONGITUDINAL
SIN ESCALA

LEYENDA

- BL = TERMINAL BRIDA-LISO
- PBA = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE
- T = TE EMBRIDADA
- VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
- VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
- JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
- C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
- C1 = CODO DE 1/8 EMBRIDADO
- CE = CARRETE EMBRIDADO
- BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

EQUIPAMIENTO

UNIDADES	DENOMINACIÓN
1	TERMINAL BRIDA-LISO ID
2	PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
2	TES EMBRIDADAS ID/ID1
2	TES EMBRIDADAS ID/ID2
1	VÁLVULA DE MARIPOSA ID
1	JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID
1	TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID
RAMAL DE VACIADO ID1	
3	CODOS DE 1/8 EMBRIDADOS ID1
2	VÁLVULAS DE COMPUERTA ID1
2	VÁLVULAS DE MARIPOSA ID1
2	JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID1
1	CODO DE 1/4 EMBRIDADO ID1
2	CARRETES EMBRIDADOS ID1
1	TE EMBRIDADA ID1/ID1
1	PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID1
EN BY-PASS ID2(SOLO PARA ID≥600)	
2	CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID2
2	VÁLVULAS DE COMPUERTA ID2
3	JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID2
2	CARRETES EMBRIDADOS ID2
1	VÁLVULA DE MARIPOSA ID2

NOTAS

- Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
- Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
- El armado indicado en las tablas corresponde exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión.
- Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø12 a 10 cm, considerando: ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso específico del terreno de 1,8 t/m³.
- El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclajes y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.
- Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
- Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
- Se dispondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
- Las cámaras se impermeabilizarán exteriormente con lámina asfáltica y lámina drenante.
- Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejillas de ventilación y rebosadero.
- Se instalarán las escaleras y pasarelas necesarias para acceder a los distintos componentes.

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

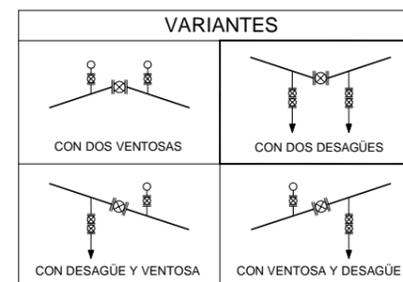
TUBERÍA			MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE				
ID (mm)	ID1 (mm)	ID2 (mm)	P _{cal} 1,6 MPa			P _{cal} 2,0 MPa			P _{cal} 2,5 MPa			p (m)	s (m)	d (m)					
			H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	H (m)			L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	P _{cal} 1,6 MPa	P _{cal} 2,0 MPa	P _{cal} 2,5 MPa
300	100		0,95	3,05	4,40	12,75	1,10	3,10	4,40	15,00	1,35	3,40	4,40	20,20	0,40	0,75	1,45	1,55	1,70
400	150		1,35	3,50	4,65	21,97	1,60	3,80	4,65	28,27	1,85	4,10	4,65	35,27	0,50	0,85	1,75	1,90	2,05
500	150		1,80	4,10	4,75	35,06	2,05	4,40	4,75	42,85	2,35	4,85	4,85	55,28	0,60	0,95	2,05	2,20	2,35
600	150	200	1,85	5,45	5,05	50,92	2,05	5,45	5,05	56,42	2,65	5,75	5,75	87,62	0,70	1,05	2,30	2,30	2,65
800	200	200	2,75	6,15	6,15	104,01	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	0,90	1,25	2,75	(*)	(*)
1000	200	200	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,10	1,45	(*)	(*)	(*)

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID (mm)	P _{cal} 1,6 MPa						P _{cal} 2,0 MPa						P _{cal} 2,5 MPa																	
	S ₁		S ₂		S ₁ *		S ₁		S ₂		S ₁ *		S ₁		S ₂		S ₁ *													
	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	# Φ x/y								
300	9,05	8	12	3,39	3	12			12,06	6	16	3,39	3	12			16,08	8	16	3,39	3	12	# Φ 12/10							
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Φ 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Φ 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Φ 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Φ 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Φ 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Φ 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Φ 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Φ 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Φ 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Φ 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Φ 12/10

NOTA: TANTO S₁ y S₁* COMO S₂ SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE
(*): EMPUJE DE VALOR SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

VARIANTES

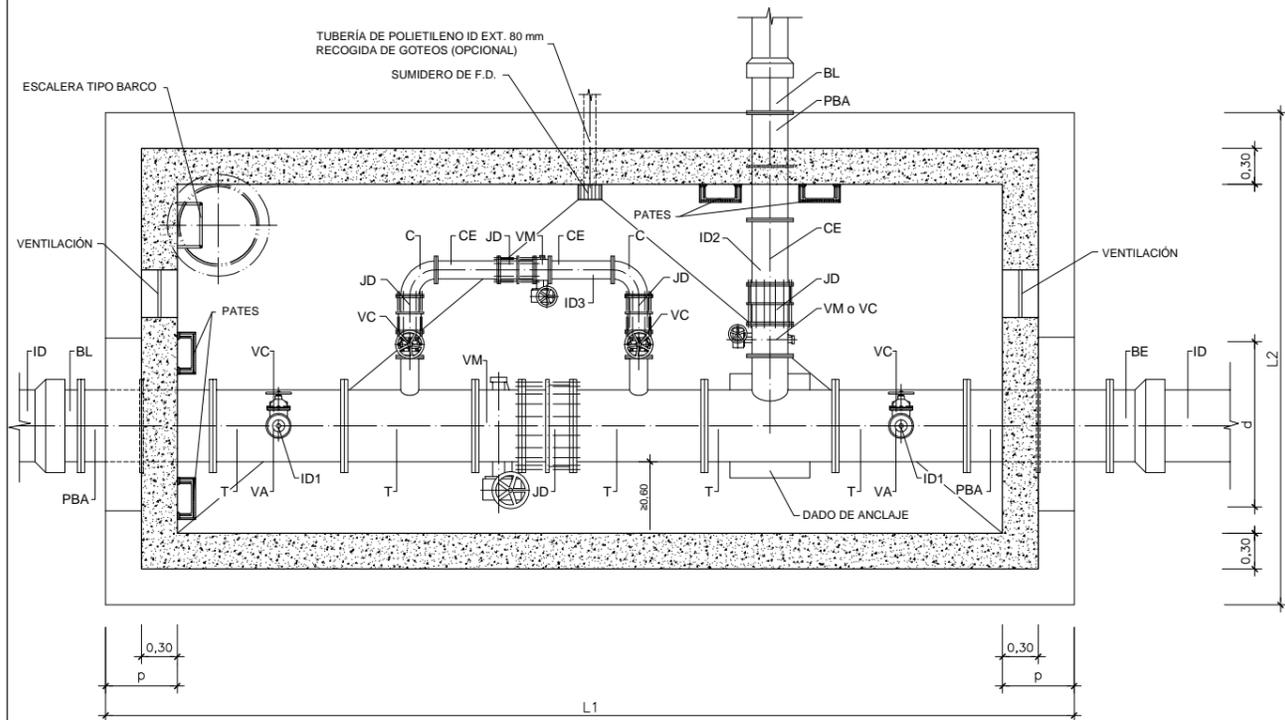


NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 2012.
ANEXO 2. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

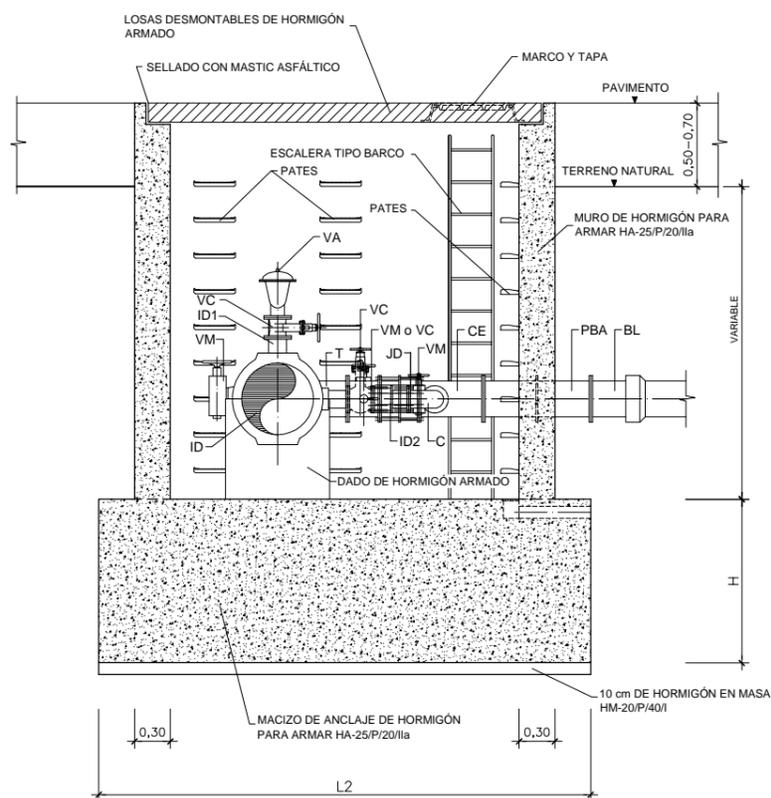
TÍTULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO
CON DOS DESAGÜES

FECHA: ESCALAS: S/E N° DEL PLANO

COTAS EN m

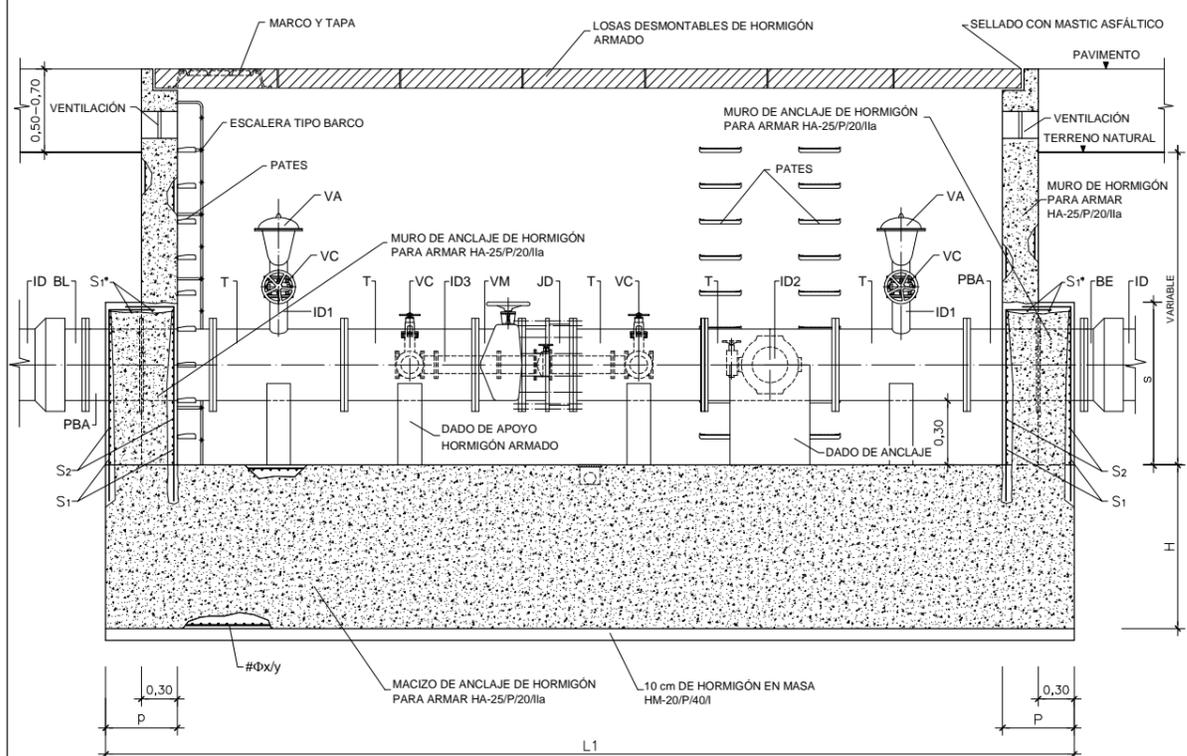


PLANTA
SIN ESCALA



SECCIÓN TRANSVERSAL
SIN ESCALA

- LEYENDA**
- BL = TERMINAL BRIDA-LISO
 - PBA = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE
 - T = TE EMBRIDADA
 - VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
 - VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
 - JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
 - VA = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL
 - C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
 - CE = CARRETE EMBRIDADO
 - BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE
- EQUIPAMIENTO**
- | UNIDADES | DENOMINACIÓN |
|---|--|
| 1 | TERMINAL BRIDA-LISO ID |
| 2 | PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID |
| 2 | TES EMBRIDADAS ID/ID1 |
| 1 | TE EMBRIDADA ID/ID2 |
| 2 | TES EMBRIDADAS ID/ID3 |
| 1 | VÁLVULA DE MARIPOSA ID |
| 1 | JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID |
| 2 | VÁLVULAS DE COMPUERTA ID1 |
| 2 | VÁLVULAS DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL ID1 |
| 1 | TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID |
| RAMAL DE DERIVACIÓN ID2 | |
| (*)1 | VÁLVULA DE COMPUERTA o VÁLVULA DE MARIPOSA ID2 |
| 1 | JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID2 |
| 1 | PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID2 |
| 1 | CARRETE EMBRIDADO ID2 |
| 1 | TERMINAL BRIDA LISO ID2 |
| EN BY-PASS ID3(SOLO PARA ID2600) | |
| 2 | CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID3 |
| 2 | VÁLVULAS DE COMPUERTA ID3 |
| 3 | JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID3 |
| 2 | CARRETES EMBRIDADOS ID3 |
| 1 | VÁLVULA DE MARIPOSA ID3 |
- (*) Para diámetro menor de 300 mm, se instalará válvula de compuerta.
Para diámetro igual a 300 mm, puede instalarse válvula de compuerta o válvula de mariposa.
Para diámetro superior a 300 mm, se instalará válvula de mariposa.



SECCIÓN LONGITUDINAL
SIN ESCALA

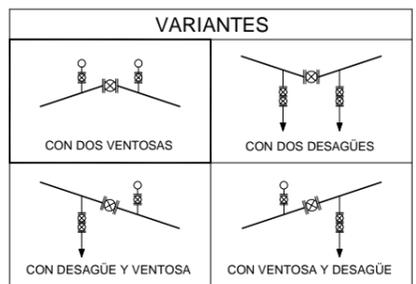
CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

TUBERÍA		MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE						
ID (mm)	ID1 (mm)	ID2 (mm)	ID3 (mm)	P _{cal} 1,6 MPa				P _{cal} 2,0 MPa				P _{cal} 2,5 MPa				p (m)	s (m)	d (m)		
				H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)			P _{cal} 1,6 MPa	P _{cal} 2,0 MPa	P _{cal} 2,5 MPa
300	80			1,10	3,60	3,10	12,28	1,35	3,60	3,10	15,07	1,65	3,60	3,40	20,20	0,40	0,75	1,45	1,55	1,70
400	100			1,60	3,90	3,50	21,84	1,90	3,90	3,80	28,16	2,05	4,10	4,10	34,46	0,50	0,85	1,75	1,90	2,05
500	100			1,95	4,40	4,10	35,18	2,20	4,40	4,40	42,59	2,35	4,85	4,85	55,28	0,60	0,95	2,05	2,20	2,35
600	150			1,95	6,50	4,70	59,57	2,20	6,50	4,70	67,21	2,35	6,50	5,75	87,83	0,70	1,05	2,30	2,30	2,65
800	200			2,35	7,35	6,15	106,23	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	0,90	1,25	2,75	(*)	(*)
1000	200			2,00	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,10	1,45	(*)	(*)	(*)

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID (mm)	P _{cal} 1,6 MPa						P _{cal} 2,0 MPa						P _{cal} 2,5 MPa								
	S ₁	S ₂	S ₁ *	# Φ x/y		S ₁	S ₂	S ₁ *	# Φ x/y		S ₁	S ₂	S ₁ *	# Φ x/y							
300	9,05	8	12	3,39	3	12	# Φ 12/10	9,05	8	12	3,39	3	12	# Φ 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12	# Φ 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	# Φ 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	# Φ 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	# Φ 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	# Φ 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	# Φ 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	# Φ 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	# Φ 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	# Φ 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	# Φ 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	# Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)

NOTA: TANTO S₁ y S₁*, COMO S₂ SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE
(*) : EMPUJE DE VALOR SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.



- NOTAS**
- Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
 - Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
 - El armado indicado en las tablas corresponde exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión.
 - Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø12 a 10 cm, considerando: ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso específico del terreno de 1,8 t/m³.
 - El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclajes y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.
 - Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
 - Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
 - Se dispondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
 - Las cámaras se impermeabilizarán exteriormente con lámina asfáltica y lámina drenante.
 - Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejillas de ventilación.
 - Se instalarán las escaleras y pasarelas necesarias para acceder a los distintos componentes.
 - El diámetro de las válvulas de aeración es orientativo. Deberá verificarse la capacidad suficiente de aducción y evacuación de aire.



NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 2012.
ANEXO 2. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TÍTULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO CON DERIVACIÓN Y DOS VÁLVULAS DE AERACIÓN

FECHA: ESCALAS: S/E N° DEL PLANO

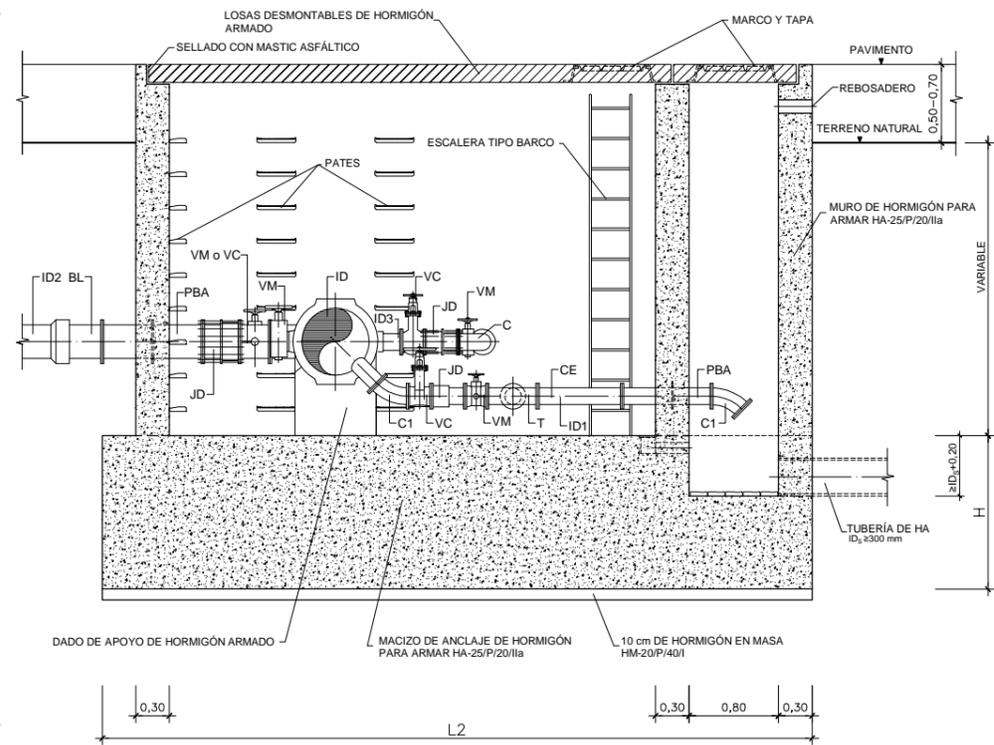
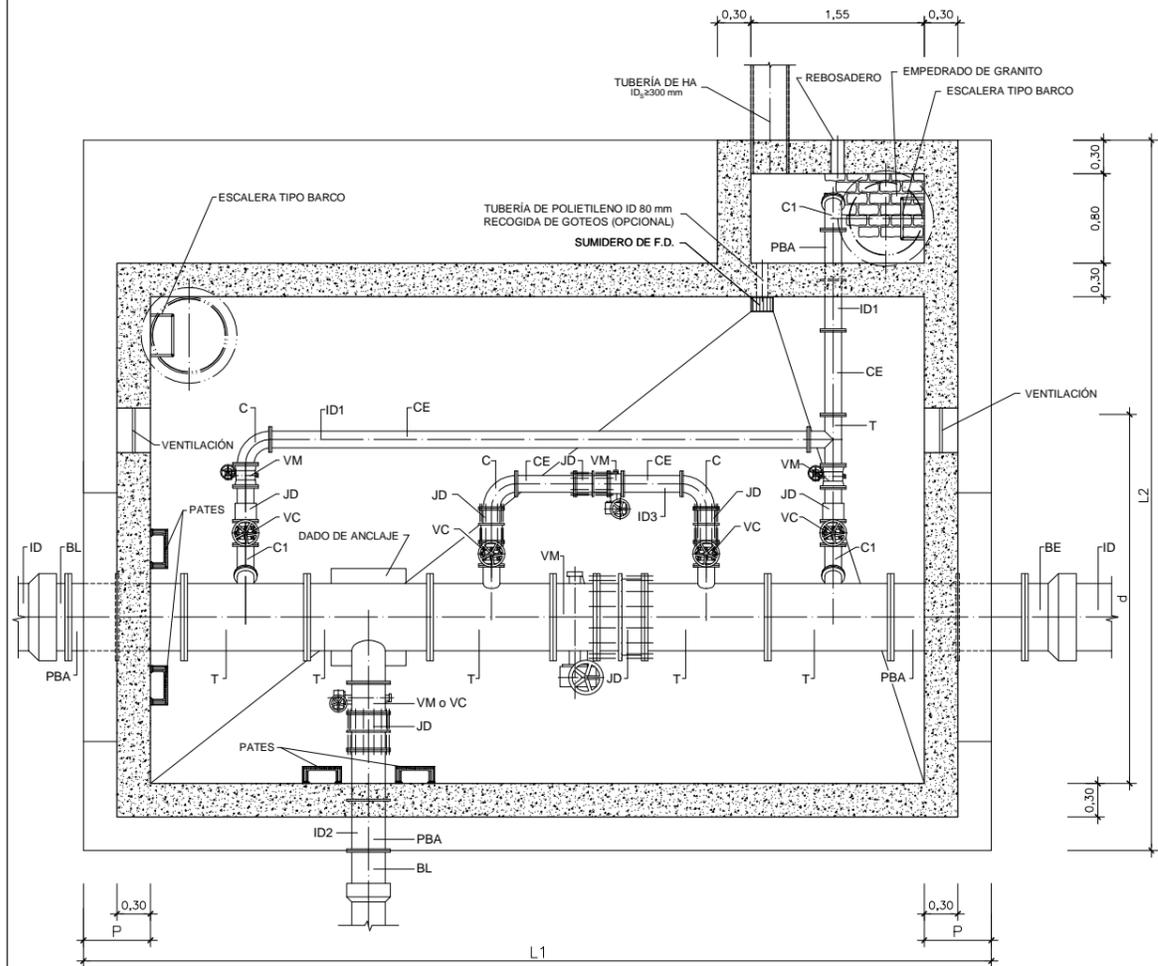
COTAS EN m

LEYENDA

- BL = TERMINAL BRIDA-LISO
- PBA = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE
- T = TE EMBRIDADA
- VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
- VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
- JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
- C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
- C1 = CODO DE 1/8 EMBRIDADO
- CE = CARRETE EMBRIDADO
- BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

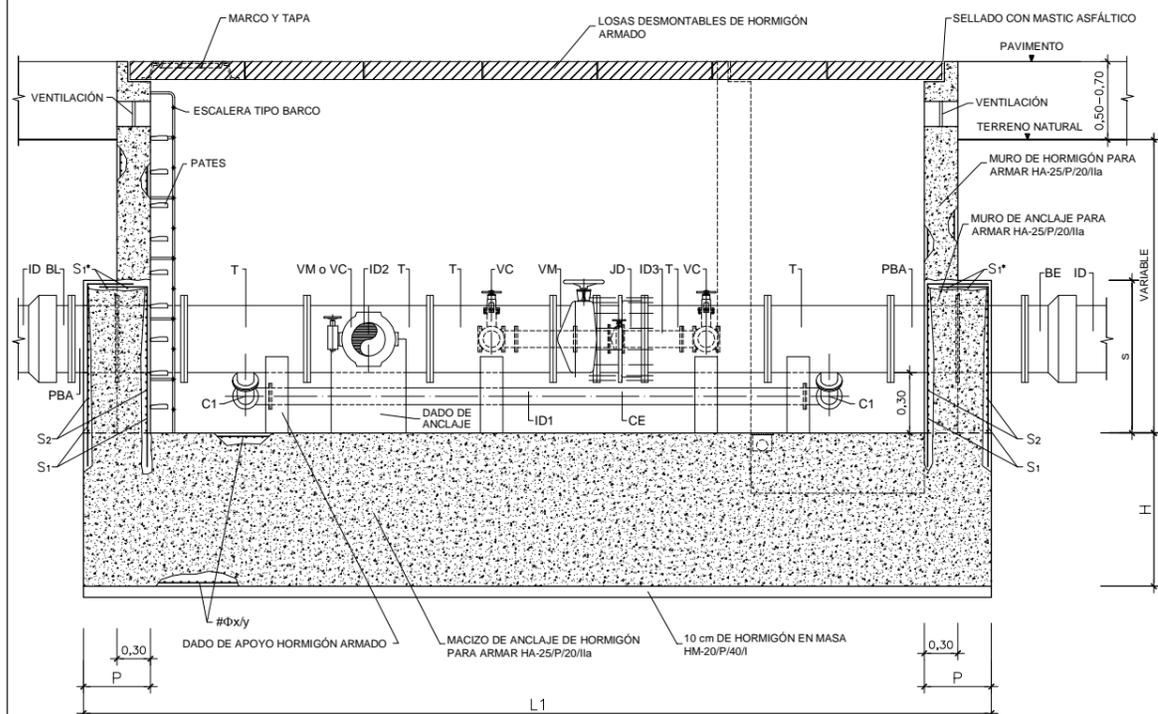
EQUIPAMIENTO

- UNIDADES DENOMINACIÓN**
- 1 TERMINAL BRIDA-LISO ID
 - 2 PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
 - 2 TES EMBRIDADAS ID/ID1
 - 1 TE EMBRIDADAS ID/ID2
 - 2 TES EMBRIDADAS ID/ID3
 - 2 VÁLVULAS DE MARIPOSA ID
 - 1 JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID
 - 1 TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID
- RAMAL DE VACIADO ID1**
- 3 CODOS DE 1/8 EMBRIDADOS ID1
 - 1 CODO DE 1/4 EMBRIDADO ID1
 - 1 TE EMBRIDADA ID1/ID1
 - 2 VÁLVULAS DE MARIPOSA ID1
 - 2 VÁLVULAS DE COMPUERTA ID1
 - 2 JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID1
 - 2 CARRETES EMBRIDADOS ID1
 - 1 PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID1
- RAMAL DE DERIVACIÓN ID2**
- (*)1 VÁLVULA DE COMPUERTA O VÁLVULA DE MARIPOSA ID2
 - 1 JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID2
 - 1 PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID2
 - 1 CARRETE EMBRIDADO ID2
 - 1 TERMINAL BRIDA LISO ID2
- EN BY-PASS ID3(SOLO PARA ID≥600)**
- 2 CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID3
 - 2 VÁLVULAS DE COMPUERTA ID3
 - 2 JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID3
 - 3 CARRETES EMBRIDADOS ID3
 - 1 VÁLVULA DE MARIPOSA ID3



SECCIÓN TRANSVERSAL
SIN ESCALA

PLANTA
SIN ESCALA



SECCIÓN LONGITUDINAL
SIN ESCALA

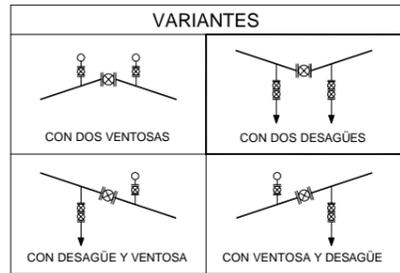
CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

TUBERÍA	MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE							
	P _{cal} 1,6 MPa				P _{cal} 2,0 MPa				P _{cal} 2,5 MPa				d (m)							
	ID1 (mm)	ID2 (mm)	ID3 (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	p (m)	s (m)			
300	100			0,70	3,65	5,00	12,78	0,85	3,65	5,00	15,51	1,10	3,65	5,00	20,08	0,40	0,75	1,45	1,55	1,70
400	150			1,05	4,05	5,10	21,69	1,35	4,05	5,10	27,88	1,65	4,10	5,10	34,50	0,50	0,85	1,75	1,90	2,05
500	150			1,45	4,50	5,30	34,58	1,80	4,50	5,30	42,93	2,20	4,85	5,30	56,55	0,60	0,95	2,05	2,20	2,35
600	150	200		1,45	6,40	5,65	52,43	1,80	6,40	5,65	65,09	2,40	6,40	5,75	88,32	0,70	1,05	2,30	2,30	2,65
800	200	200	200	2,30	7,35	6,20	104,81	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	0,90	1,25	2,75	(*)	(*)
1000	200	200	200	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,10	1,45	(*)	(*)	(*)

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID (mm)	P _{cal} 1,6 MPa						P _{cal} 2,0 MPa						P _{cal} 2,5 MPa																	
	S ₁		S ₂		S ₁ *		S ₁		S ₂		S ₁ *		S ₁		S ₂		S ₁ *													
	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	# Φ x/y								
300	9,05	8	12	3,39	3	12																# Φ 12/10								
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Φ 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Φ 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Φ 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Φ 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Φ 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Φ 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Φ 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Φ 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Φ 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Φ 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Φ 12/10

NOTA: TANTO S₁ y S₁* COMO S₂ SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE
(*): EMPUJE DE VALOR SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.



(*) Para diámetro menor de 300 mm, se instalará válvula de compuerta.
Para diámetro igual a 300 mm, puede instalarse válvula de compuerta o válvula de mariposa.
Para diámetro superior a 300 mm, se instalará válvula de mariposa.

NOTAS

1. Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
2. Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
3. El armado indicado en las tablas corresponde exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión.
4. Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø12 a 10 cm, considerando ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso específico del terreno de 1,8 t/m³.
5. El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclajes y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.
6. Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
7. Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
8. Se dispondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
9. Las cámaras se impermeabilizarán exteriormente con lámina asfáltica y lámina drenante.
10. Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejillas de ventilación y rebosadero.
11. Se instalarán las escaleras y pasarelas necesarias para acceder a los distintos componentes.



NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 2012.
ANEXO 2. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TÍTULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO CON DERIVACIÓN Y DOS DESAGÜES

FECHA: ESCALAS: N° DEL PLANO

S/E

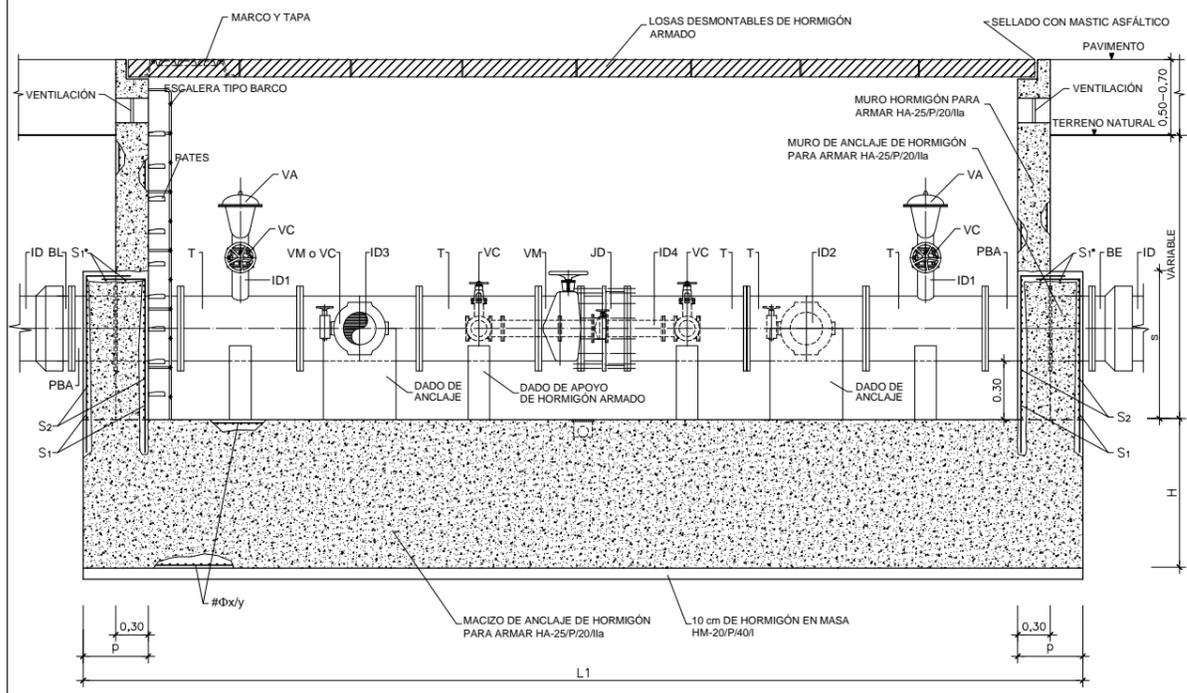
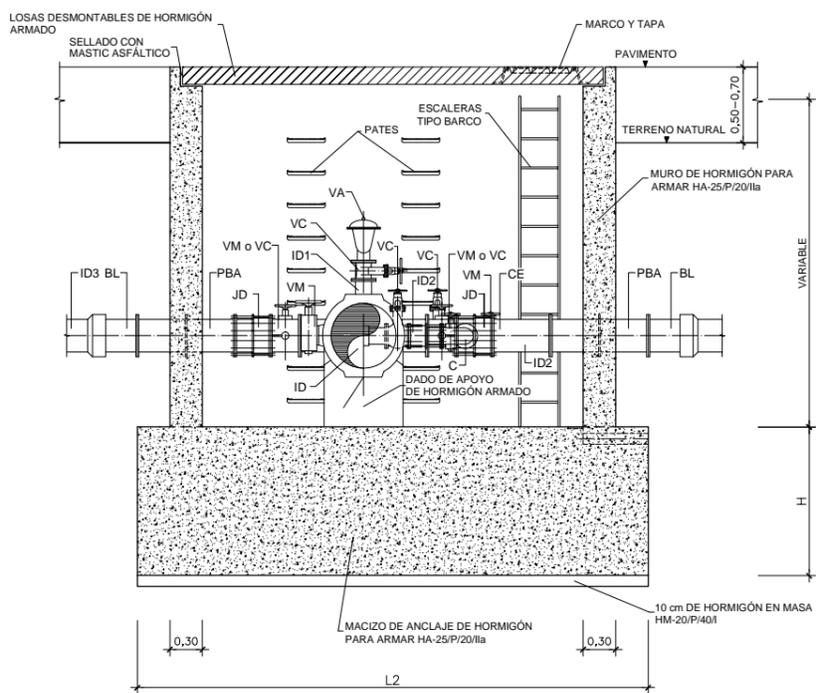
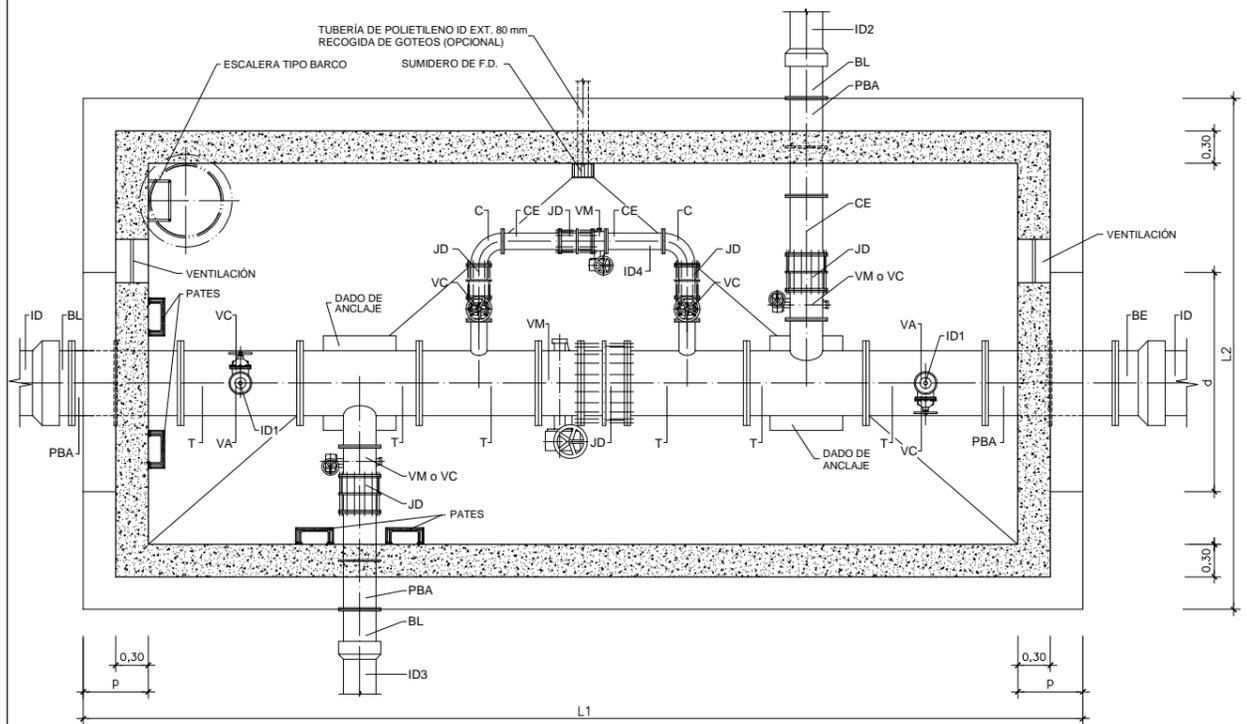
COTAS EN m

LEYENDA

- BL = TERMINAL BRIDA-LISO
- PBA = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE
- T = TE EMBRIDADA
- VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
- VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
- JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
- VA = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL
- C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
- CE = CARRETE EMBRIDADO
- BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

EQUIPAMIENTO

- UNIDADES DENOMINACIÓN**
- 1 TERMINAL BRIDA-LISO ID
 - 2 PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
 - 2 TES EMBRIDADAS ID/ID1
 - 1 TE EMBRIDADA ID/ID2
 - 1 TE EMBRIDADA ID/ID3
 - 2 TES EMBRIDADAS ID/ID4
 - 1 VÁLVULA DE MARIPOSA ID
 - 1 JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID
 - 2 VÁLVULAS DE COMPUERTA ID1
 - 2 VÁLVULAS DE AERACIÓN TRIFUNCIONALES ID1
 - 1 TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID
 - RAMAL DE DERIVACIÓN ID2**
 - (*)1 VÁLVULA DE COMPUERTA O VÁLVULA DE MARIPOSA ID2
 - 1 JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID2
 - 1 PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID2
 - 1 CARRETE EMBRIDADO ID2
 - 1 TERMINAL BRIDA LISO ID2
 - RAMAL DE DERIVACIÓN ID3**
 - (*)1 VÁLVULA DE MARIPOSA O VÁLVULA DE COMPUERTA ID3
 - 1 JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID3
 - 1 PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID3
 - 1 TERMINAL BRIDA-LISO ID3
 - EN BY-PASS ID4(SOLO PARA ID≥600)**
 - 2 CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID4
 - 2 VÁLVULAS DE COMPUERTA ID4
 - 3 JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID4
 - 2 CARRETES EMBRIDADOS ID4
 - 1 VÁLVULA DE MARIPOSA ID4



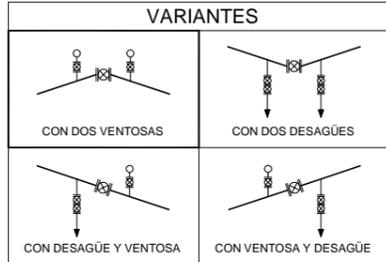
CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

TUBERÍA					MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE					
ID (mm)	ID1 (mm)	ID2 (mm)	ID3 (mm)	ID4 (mm)	P _{cal} 1,6 MPa			P _{cal} 2,0 MPa			P _{cal} 2,5 MPa			p (m)	s (m)	d (m)						
					H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	H (m)			L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	P _{cal} 1,6 MPa	P _{cal} 2,0 MPa	P _{cal} 2,5 MPa	
300	80				0,80	4,20	3,65	12,26	1,00	4,20	3,65	15,33	1,30	4,20	3,65	19,93	0,40	0,75	1,45	1,55	1,70	
400	100				1,30	4,65	3,65	22,06	1,60	4,65	3,80	28,27	1,85	4,65	4,10	35,27	0,50	0,85	1,75	1,90	2,05	
500	100				1,60	5,30	4,10	34,77	1,85	5,30	4,40	43,14	2,20	5,30	4,85	56,55	0,60	0,95	2,05	2,20	2,35	
600	150			200	1,60	7,40	4,70	55,65	1,85	7,40	4,70	64,34	2,20	7,40	5,75	93,61	0,70	1,05	2,30	2,30	2,65	
800	200			200	1,95	8,70	6,15	104,33	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	0,90	1,25	2,75	(*)	(*)	
1000	200			200	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,10	1,45	(*)	(*)	(*)	

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID (mm)	P _{cal} 1,6 MPa												P _{cal} 2,0 MPa												P _{cal} 2,5 MPa															
	S ₁				S ₂				S ₃ *				# Φ x/y	S ₁				S ₂				S ₃ *				# Φ x/y														
	cm²	n	Φ (mm)	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	Φ (mm)		cm²	n	Φ (mm)	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	Φ (mm)															
300	9,05	8	12	3,39	3	12							# Φ 12/10	12,06	6	16	3,39	3	12						# Φ 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12						# Φ 12/10			
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Φ 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Φ 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Φ 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Φ 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Φ 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Φ 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Φ 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Φ 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Φ 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Φ 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Φ 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Φ 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Φ 12/10	
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Φ 12/10	

NOTA: TANTO S₁ Y S₁* COMO S₂ SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE
 (*): EMPUJE DE VALOR SUPERIOR A 100 T, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.



(*) Para diámetro menor de 300 mm, se instalará válvula de compuerta.
 Para diámetro igual a 300 mm, puede instalarse válvula de compuerta o válvula de mariposa.
 Para diámetro superior a 300 mm, se instalará válvula de mariposa.

NOTAS

1. Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
2. Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
3. El armado indicado en las tablas corresponde exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión.
4. Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø12 a 10 cm, considerando: ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso específico del terreno de 1,8 t/m³.
5. El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclajes y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.
6. Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
7. Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
8. Se pondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
9. Las cámaras se impermeabilizarán exteriormente con lámina asfáltica y lámina drenante.
10. Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejillas de ventilación.
11. Se instalarán las escaleras y pasarelas necesarias para acceder a los distintos componentes.
12. El diámetro de las válvulas de aeración es orientativo. Deberá verificarse la capacidad suficiente de aducción y evacuación de aire.

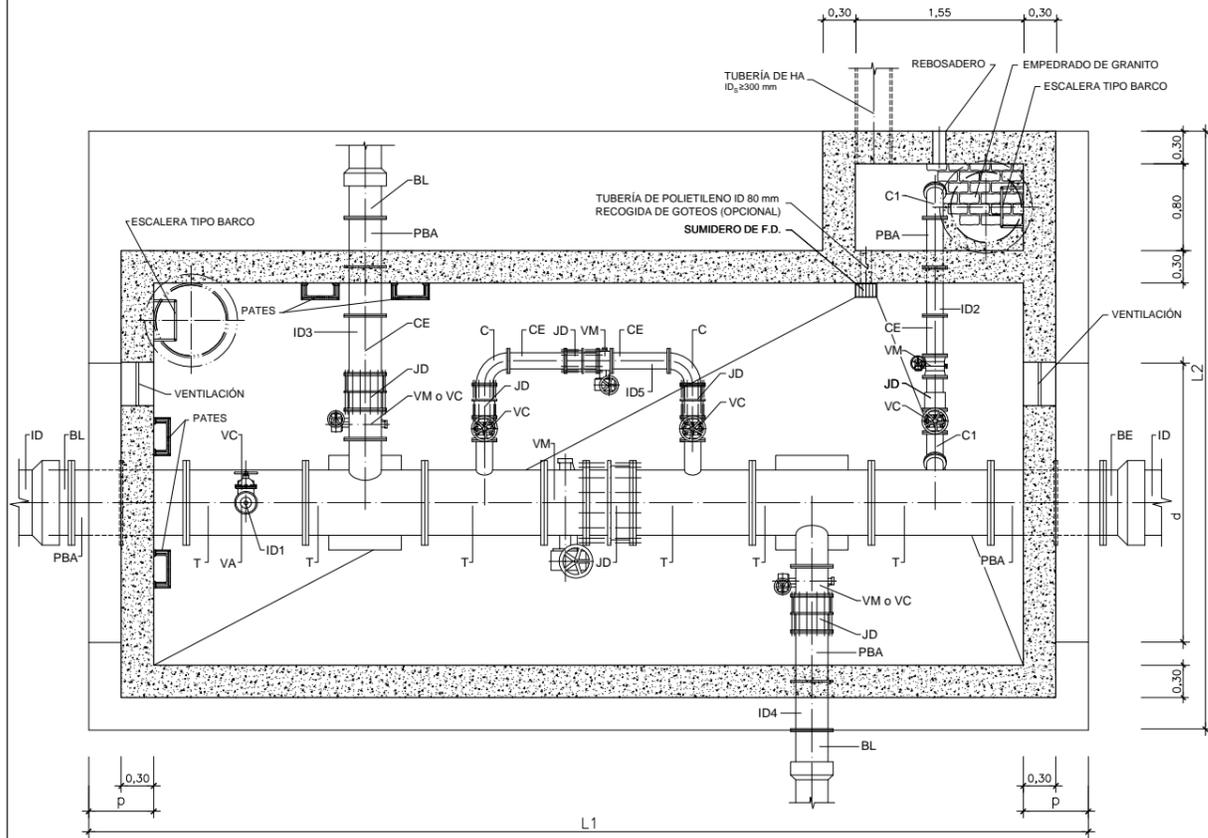


NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 2012.
 ANEXO 2. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

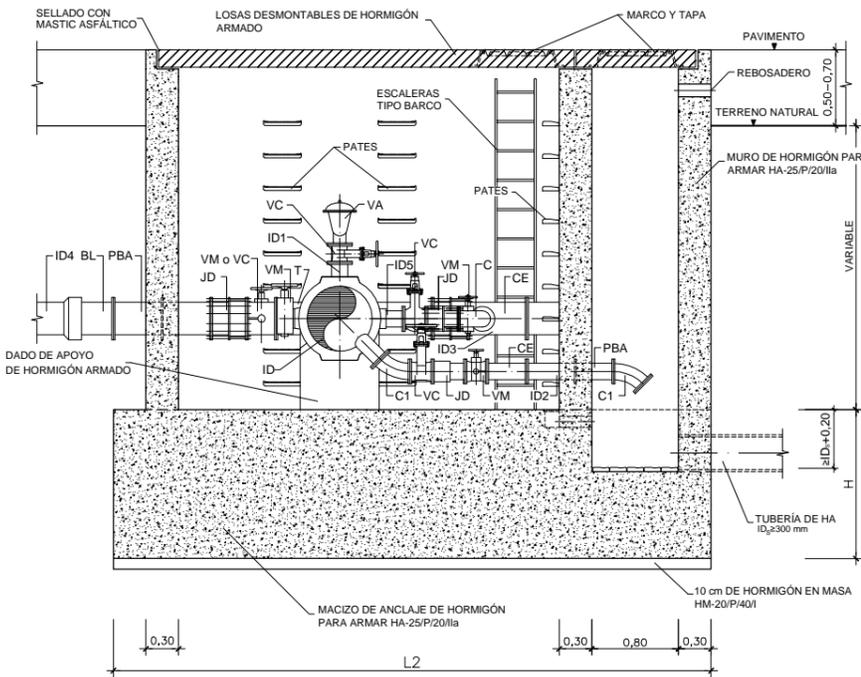
TÍTULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO
 CON DOS DERIVACIONES Y DOS VÁLVULAS DE AERACIÓN

FECHA: ESCALAS: S/E N° DEL PLANO

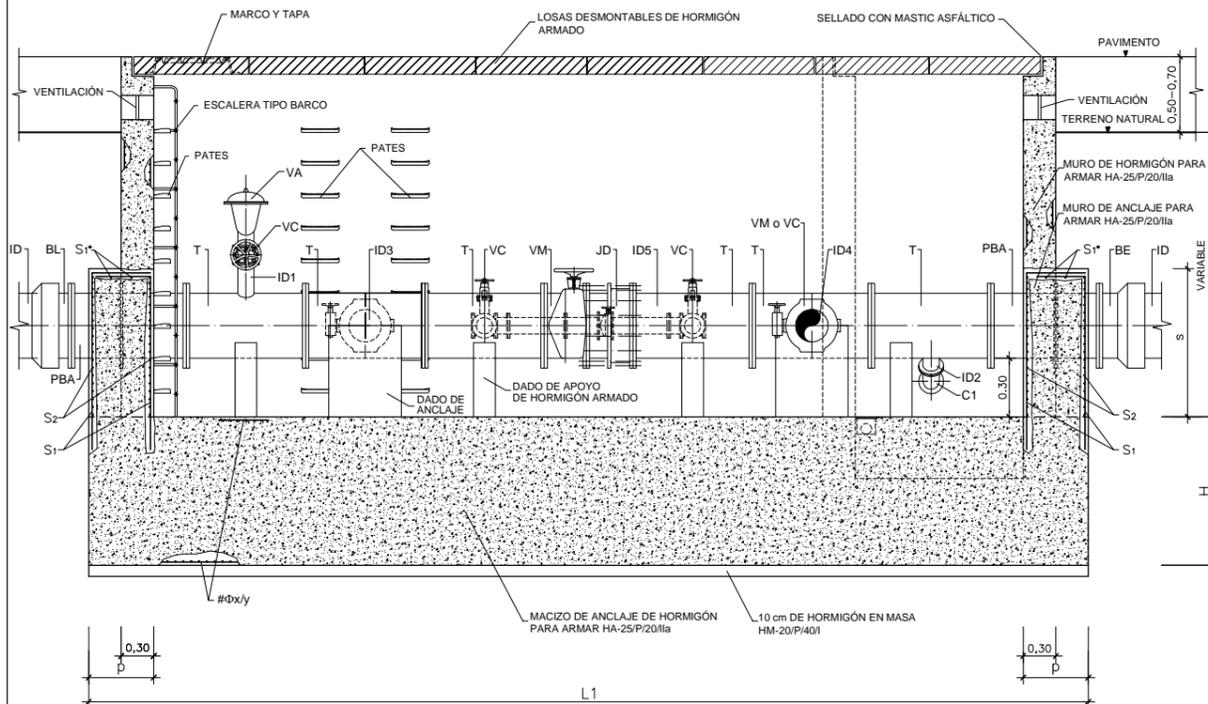
COTAS EN m



PLANTA
SIN ESCALA



SECCIÓN TRANSVERSAL
SIN ESCALA



SECCIÓN LONGITUDINAL
SIN ESCALA

- LEYENDA**
- BL = TERMINAL BRIDA-LISO
 - PBA = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE
 - T = TE EMBRIDADA
 - VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
 - VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
 - JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
 - VA = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL
 - C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
 - C1 = CODO DE 1/8 EMBRIDADO
 - CE = CARRETE EMBRIDADO
 - BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

- EQUIPAMIENTO**
- | UNIDADES | DENOMINACIÓN |
|---|--|
| 1 | TERMINAL BRIDA-LISO ID |
| 2 | PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID |
| 1 | TE EMBRIDADA ID/ID1 |
| 1 | TE EMBRIDADA ID/ID2 |
| 1 | TE EMBRIDADA ID/ID3 |
| 1 | TE EMBRIDADA ID/ID4 |
| 2 | TES EMBRIDADAS ID/ID5 |
| 1 | VÁLVULA DE MARIPOSA ID |
| 1 | JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID |
| 1 | VÁLVULA DE COMPUERTA ID1 |
| 1 | VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL ID1 |
| 1 | TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID |
| RAMAL DE VACIADO ID2 | |
| 2 | CODOS DE 1/8 EMBRIDADOS ID2 |
| 1 | VÁLVULA DE COMPUERTA ID2 |
| 1 | VÁLVULA DE MARIPOSA ID2 |
| 1 | JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID2 |
| 1 | CARRETE EMBRIDADO ID2 |
| 1 | PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID2 |
| RAMAL DE DERIVACIÓN ID3 | |
| 1 | VÁLVULA DE MARIPOSA o VÁLVULA DE COMPUERTA ID3 |
| 1 | CARRETE EMBRIDADO ID3 |
| 1 | JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID3 |
| 1 | PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID3 |
| 1 | TERMINAL BRIDA-LISO ID3 |
| RAMAL DE DERIVACIÓN ID4 | |
| 1 | VÁLVULA DE MARIPOSA o VÁLVULA DE COMPUERTA ID4 |
| 1 | JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID4 |
| 1 | PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID4 |
| 1 | TERMINAL BRIDA-LISO ID4 |
| EN BY-PASS ID5(SOLO PARA ID≥600) | |
| 2 | CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID5 |
| 2 | VÁLVULAS DE COMPUERTA ID5 |
| 3 | JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID5 |
| 2 | CARRETES EMBRIDADOS ID5 |
| 1 | VÁLVULA DE MARIPOSA ID5 |

(*) Para diámetro menor de 300 mm, se instalará válvula de compuerta.
 Para diámetro igual a 300 mm, puede instalarse válvula de compuerta o válvula de mariposa.
 Para diámetro superior a 300 mm, se instalará válvula de mariposa.

NOTAS

- Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
- Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
- El armado indicado en las tablas corresponde exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión.
- Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø12 a 10 cm, considerando: ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso específico del terreno de 1,8 t/m³.
- El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclajes y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.
- Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
- Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
- Se dispondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
- Las cámaras se impermeabilizarán exteriormente con lámina asfáltica y lámina drenante.
- Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejillas de ventilación y rebosadero.
- Se instalarán las escaleras y pasarelas necesarias para acceder a los distintos componentes.
- El diámetro de las válvulas de aeración es orientativo. Deberá verificarse la capacidad suficiente de aducción y evacuación de aire.

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

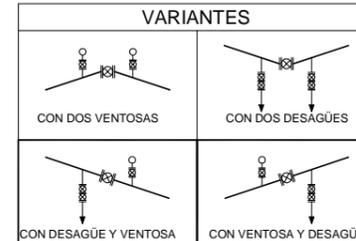
TUBERÍA	MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE								
	P _{cal} 1,6 MPa				P _{cal} 2,0 MPa				P _{cal} 2,5 MPa				d (m)			d (m)					
	ID1 (mm)	ID2 (mm)	ID3 (mm)	ID4 (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	d (m)	s (m)	d (m)		
300	80	100			0,80	3,65	4,20	12,26	1,00	3,65	4,20	15,33	1,30	3,65	4,20	19,93	0,40	0,75	1,45	1,55	1,70
400	100	150			1,30	4,00	4,25	22,10	1,65	4,00	4,25	28,05	2,00	4,10	4,25	34,85	0,50	0,85	1,75	1,90	2,05
500	100	150			1,80	4,45	4,35	34,84	2,20	4,45	4,40	43,08	2,35	4,85	4,85	55,28	0,60	0,95	2,05	2,20	2,35
600	150	150			1,80	6,45	4,70	54,57	2,20	6,45	4,70	66,69	2,40	6,45	5,75	89,01	0,70	1,05	2,30	2,30	2,65
800	200	200			2,35	7,35	6,15	106,23	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	0,90	1,25	2,75	(*)	(*)
1000	200	200			2,00	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,10	1,45	(*)	(*)	(*)

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID (mm)	P _{cal} 1,6 MPa						P _{cal} 2,0 MPa						P _{cal} 2,5 MPa																	
	S ₁		S ₂		S ₁ *		S ₁		S ₂		S ₁ *		S ₁		S ₂		S ₁ *		S ₁											
	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)									
300	9,05	8	12	3,39	3	12	2,01	1	16	# Φ 12/10	12,06	8	16	3,39	3	12	2,01	1	16	# Φ 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Φ 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Φ 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Φ 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Φ 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Φ 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Φ 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Φ 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Φ 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Φ 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Φ 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)

NOTA: TANTO S₁ y S₁*, COMO S₂, SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE
 (*) : EMPUJE DE VALOR SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

VARIANTES



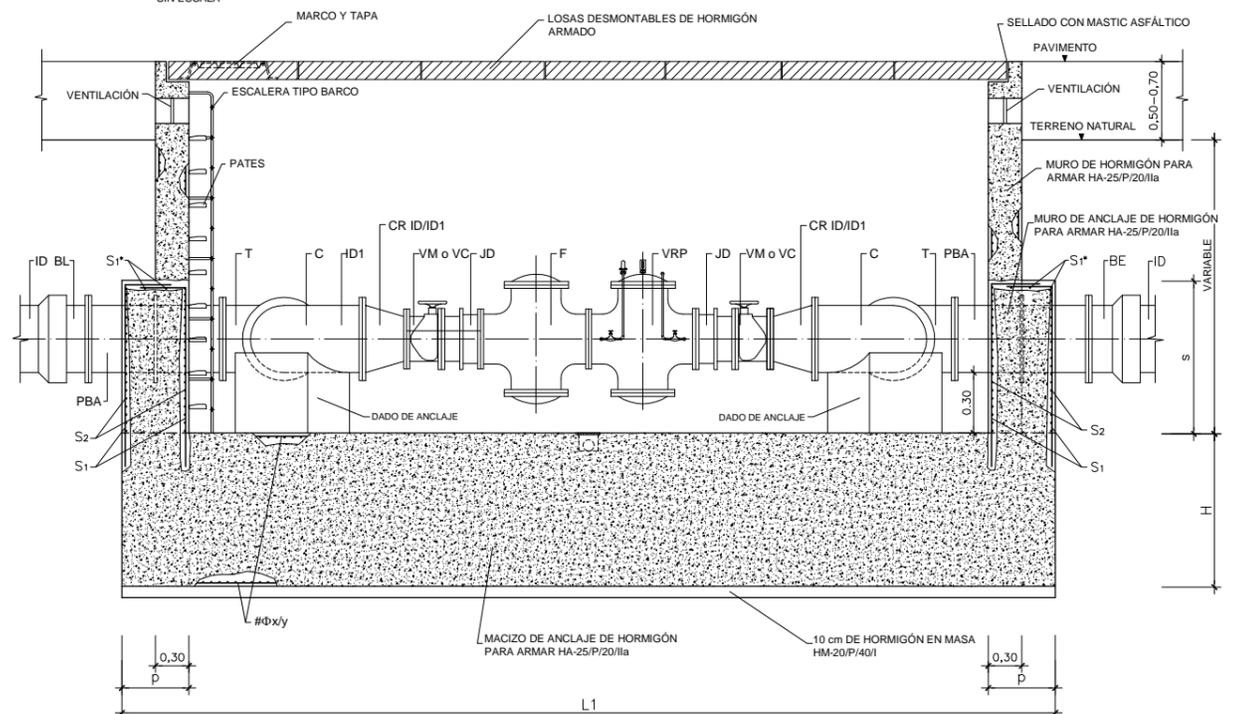
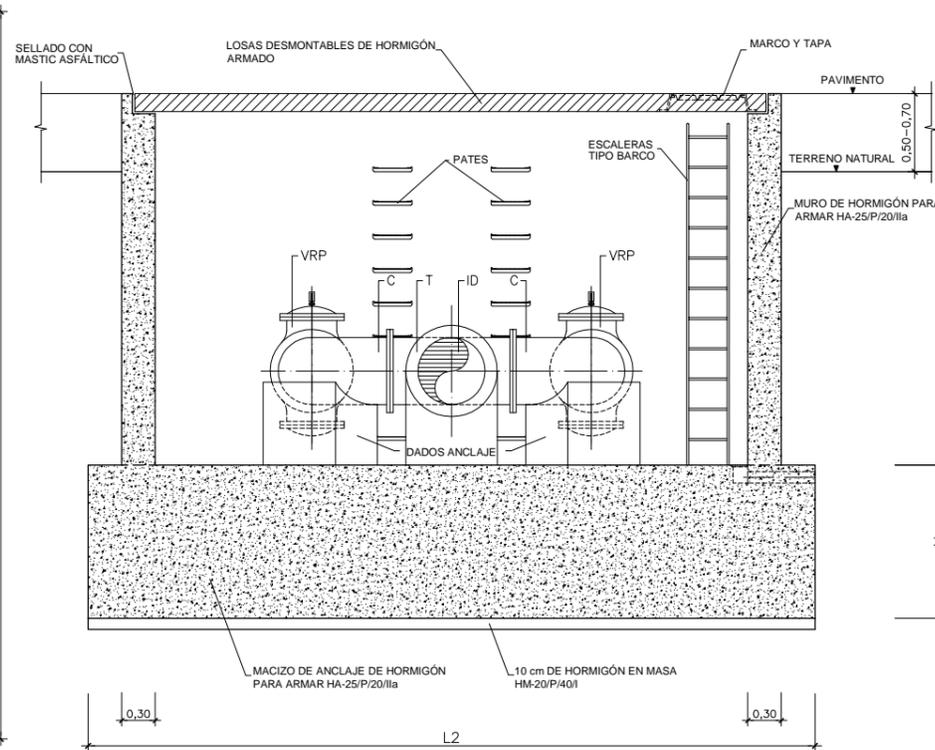
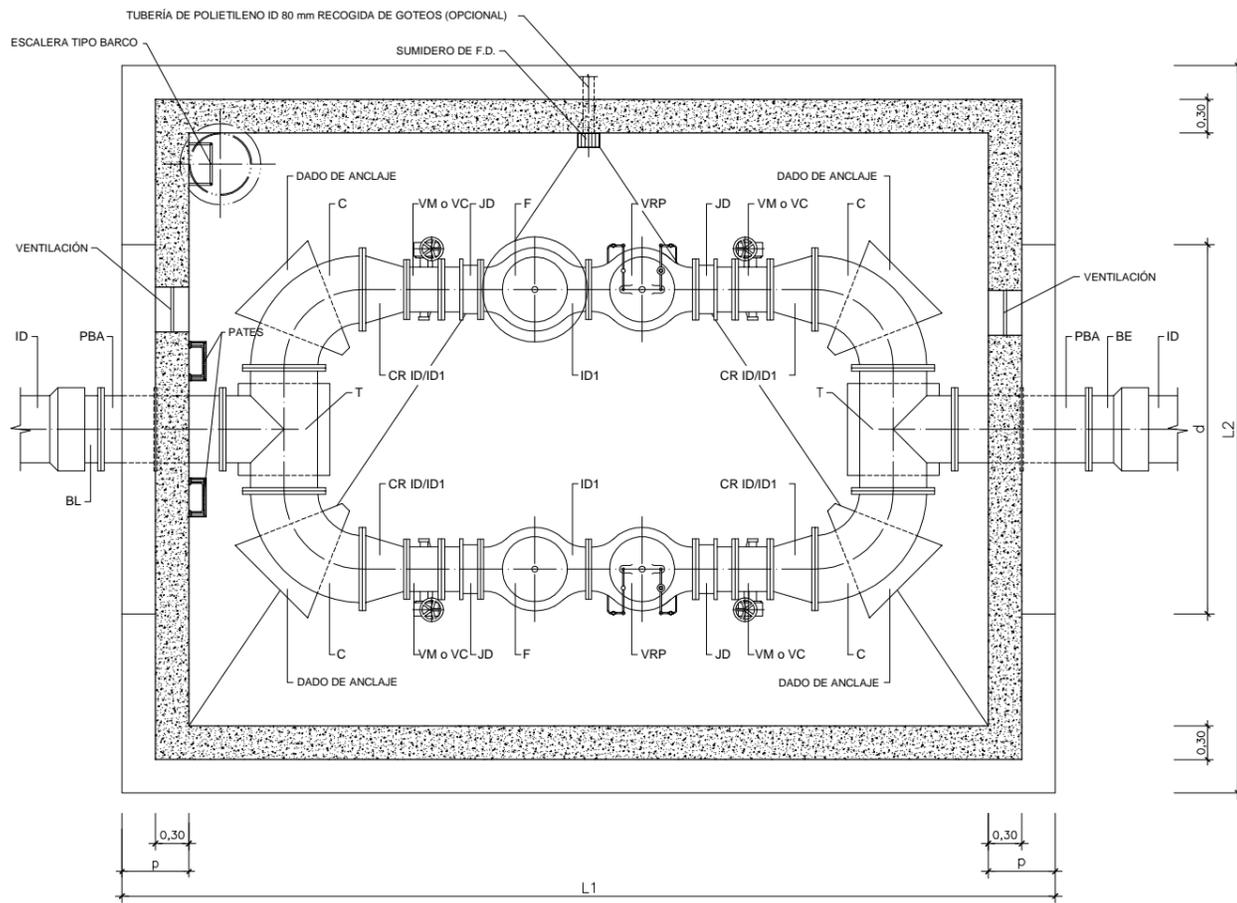
NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 2012.
 ANEXO 2. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TÍTULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO
 CON DOS DERIVACIONES, VÁLVULA DE AERACIÓN Y DESAGÜE

FECHA: ESCALAS: N° DEL PLANO

S/E 13

COTAS EN m



LEYENDA

- BL = TERMINAL BRIDA-LISO
- PBA = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE
- T = TE EMBRIDADA
- VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
- VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
- VRP = VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN
- JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
- F = FILTRO
- C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
- CR = CONO DE REDUCCIÓN
- BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

EQUIPAMIENTO

UNIDADES	DENOMINACIÓN
1	TERMINAL BRIDA-LISO ID
2	PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
2	TES EMBRIDADAS ID/ID
4	CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID
4	CONOS DE REDUCCIÓN EMBRIDADOS ID/ID1
2	FILTROS ID1
(*4)	VÁLVULAS DE MARIPOSA o VÁLVULAS DE COMPUERTA ID1
2	VÁLVULAS REDUCTORAS DE PRESIÓN ID1
4	JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID1
1	TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID

(*) Para diámetro menor de 300 mm, se instalará válvula de compuerta.
 Para diámetro igual a 300 mm, puede instalarse válvula de compuerta o válvula de mariposa.
 Para diámetro superior a 300 mm, se instalará válvula de mariposa.

NOTAS

1. Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
2. Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
3. El armado indicado en las tablas corresponde exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión.
4. Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø12 a 10 cm, considerando: ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso específico del terreno de 1,8 t/m³.
5. El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclajes y muros. Se requerirá la aprobación previa de la dirección facultativa.
6. Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
7. Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
8. Se dispondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
9. Las cámaras se impermeabilizarán exteriormente con lámina asfáltica y lámina drenante.
10. Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejillas de ventilación.
11. Se instalarán las escaleras y pasarelas necesarias para acceder a los distintos componentes.

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

TUBERÍA	MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE					
	P _{cal} 1,6 MPa				P _{cal} 2,0 MPa				P _{cal} 2,5 MPa				d (m)					
	ID (mm)	ID1 (mm)	H (m)	V (m³)	H (m)	V (m³)	H (m)	V (m³)	P (m)	s (m)	P _{cal} 1,6 MPa	P _{cal} 2,0 MPa	P _{cal} 2,5 MPa					
300		0,50	6,35	4,00	12,70	0,60	6,35	4,00	15,24	0,80	6,35	4,00	20,32	0,40	0,75	1,45	1,55	1,70
400		0,75	6,70	4,45	22,36	0,95	6,70	4,45	28,32	1,20	6,70	4,45	35,78	0,50	0,85	1,75	1,90	2,05
500		0,85	8,30	4,90	34,57	1,05	8,30	4,90	42,70	1,40	8,30	4,90	56,94	0,60	0,95	2,05	2,20	2,35
600		1,10	9,10	5,30	53,05	1,10	9,10	5,30	53,05	1,70	9,10	5,75	88,95	0,70	1,05	2,30	2,30	2,65
800		1,55	11,10	6,15	105,81	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	0,90	1,25	2,75	(*)	(*)
1000		(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,10	1,45	(*)	(*)	(*)

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID (mm)	P _{cal} 1,6 MPa												P _{cal} 2,0 MPa												P _{cal} 2,5 MPa															
	S ₁				S ₂				S ₁ +				S ₁				S ₂				S ₁ +				S ₁				S ₂				S ₁ +							
	cm²	n	Φ (mm)	# Φ x/y	cm²	n	Φ (mm)	# Φ x/y	cm²	n	Φ (mm)	# Φ x/y	cm²	n	Φ (mm)	# Φ x/y	cm²	n	Φ (mm)	# Φ x/y	cm²	n	Φ (mm)	# Φ x/y	cm²	n	Φ (mm)	# Φ x/y	cm²	n	Φ (mm)	# Φ x/y								
300	9,05	8	12	3,39	3	12	2,01	1	16	Φ 12/10	12,06	6	16	3,39	3	12	2,01	1	16	Φ 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	Φ 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	Φ 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	Φ 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	Φ 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	Φ 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	Φ 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	Φ 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	Φ 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	Φ 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	Φ 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	Φ 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	Φ 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	Φ 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	Φ 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	Φ 12/10	
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	Φ 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	Φ 12/10	

NOTA: TANTO S₁ y S₁*, COMO S₂ SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE
 (*): EMPUJE DE VALOR SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

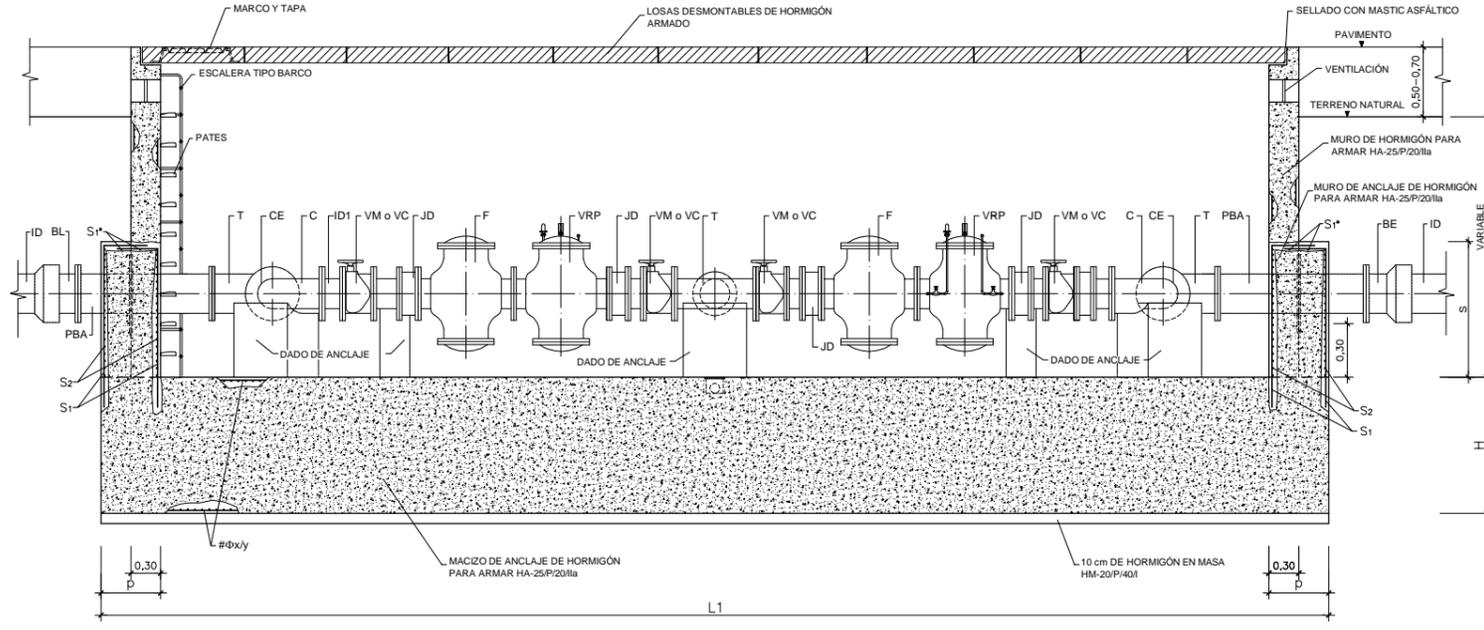
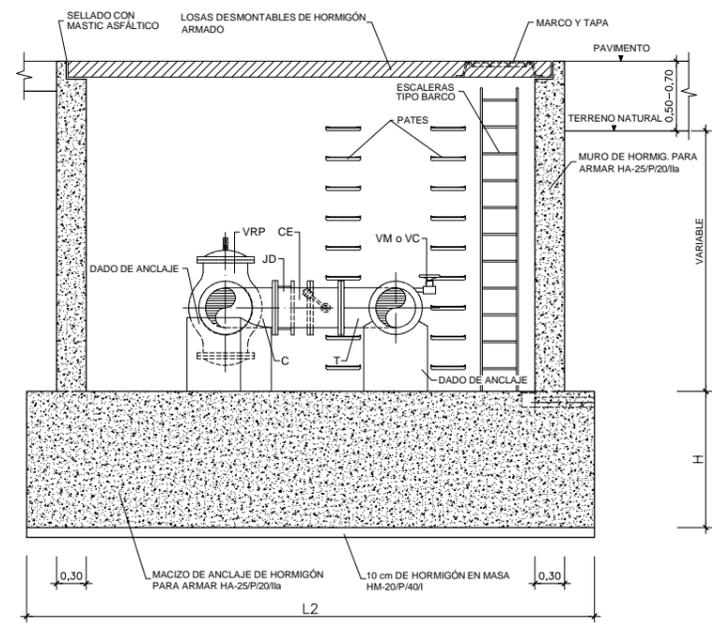
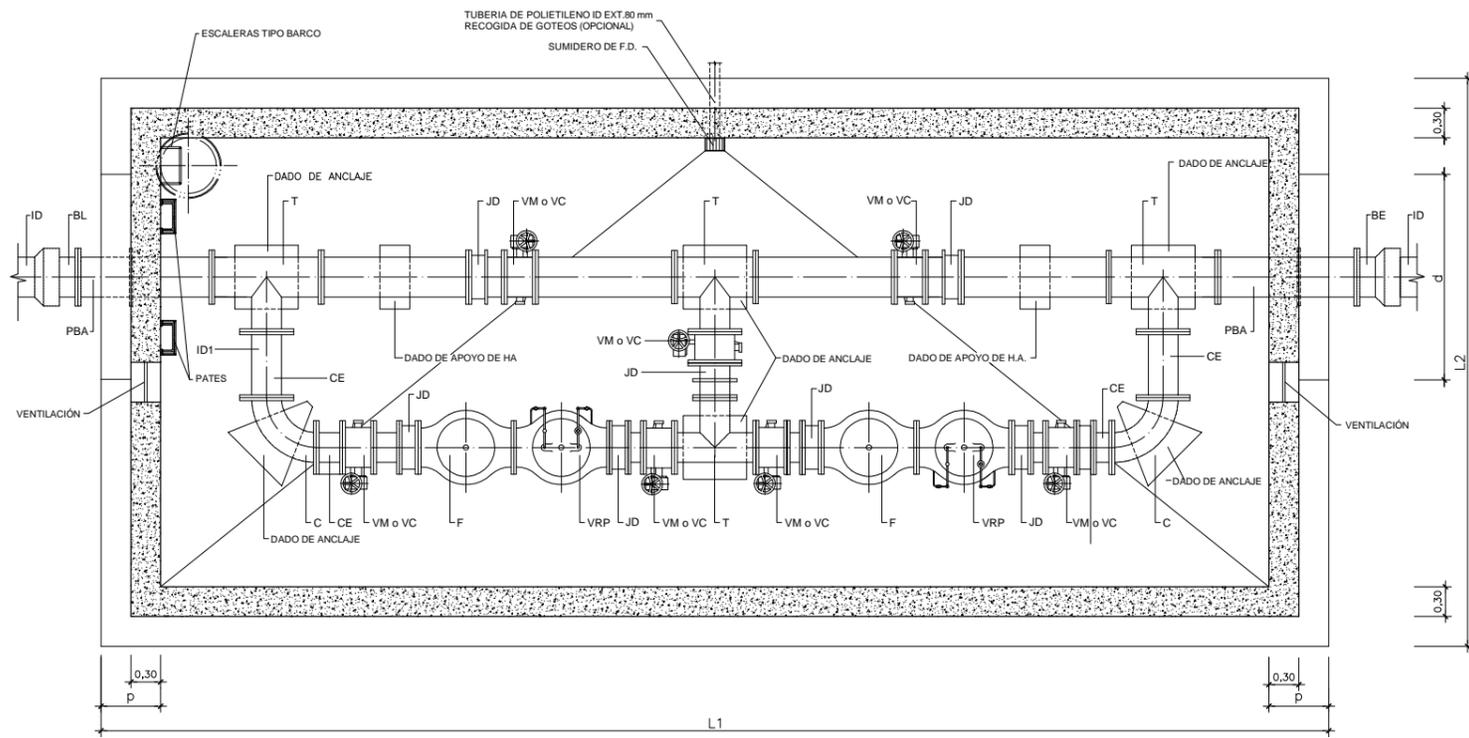


NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 2012.
 ANEXO 2. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TÍTULO DEL PLANO: CÁMARA PARA INSTALACIÓN DE VÁLVULAS REGULADORAS DE PRESIÓN, DISPOSICIÓN EN PARELELO

FECHA: ESCALAS: S/E N° DEL PLANO

COTAS EN m



- LEYENDA**
- BL = TERMINAL BRIDA-LISO
 - PBA = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE
 - T = TE EMBRIDADA
 - VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
 - VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
 - VRP = VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN
 - JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
 - F = FILTRO
 - C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
 - CE = CARRETE EMBRIDADO
 - BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

- EQUIPAMIENTO**
- | UNIDADES | DENOMINACIÓN |
|----------|--|
| 1 | TERMINAL BRIDA-LISO ID |
| 2 | PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID |
| 3 | TES EMBRIDADAS ID/ID1 |
| 2 | JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID |
| 4 | CARRETES EMBRIDADOS ID1 |
| 2 | CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID1 |
| (*)2 | VÁLVULAS DE MARIPOSA O VÁLVULAS DE COMPUERTA ID |
| (*)5 | VÁLVULAS DE MARIPOSA O VÁLVULAS DE COMPUERTA ID1 |
| 5 | JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID1 |
| 2 | FILTROS ID1 |
| 2 | VÁLVULAS REDUCTORAS DE PRESIÓN ID1 |
| 1 | TE EMBRIDADA ID1/ID1 |
| 1 | TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID |

(*) Para diámetro menor de 300 mm, se instalará válvula de compuerta.
 Para diámetro igual a 300 mm, puede instalarse válvula de compuerta o válvula de mariposa.
 Para diámetro superior a 300 mm, se instalará válvula de mariposa.

- NOTAS**
- Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
 - Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
 - El armado indicado en las tablas corresponde exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado III.7. Anclaje de conducciones a presión.
 - Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø12 a 10 cm, considerando: ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso específico del terreno de 1,8 t/m³.
 - El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclajes y muros. Se requerirá la aprobación previa de la dirección facultativa.
 - Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
 - Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
 - Se dispondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
 - Las cámaras se impermeabilizarán exteriormente con lámina asfáltica y lámina drenante.
 - Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejillas de ventilación.
 - Se instalarán las escaleras y pasarelas necesarias para acceder a los distintos componentes.

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

TUBERÍA	MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE		
	P _{cal} 1,6 MPa				P _{cal} 2,0 MPa				P _{cal} 2,5 MPa				d (m)		
	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m³)	p (m)	s (m)	d (m)
300	0,35	9,95	3,55	12,36	0,45	9,95	3,55	15,90	0,60	9,95	3,55	21,19	0,40	0,75	1,45
400	0,60	10,30	3,70	22,87	0,75	10,30	3,80	29,36	0,90	10,30	3,80	35,23	0,50	0,85	1,75
500	0,70	12,25	4,10	35,16	0,80	12,25	4,40	43,12	1,05	12,25	4,40	56,60	0,60	0,95	2,05
600	0,80	13,75	4,70	51,70	0,80	13,75	4,70	51,70	1,40	13,75	4,70	90,48	0,70	1,05	2,30
800	1,00	17,25	6,15	106,09	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	0,90	1,25	2,75
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,10	1,45	(*)

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID (mm)	P _{cal} 1,6 MPa												P _{cal} 2,0 MPa												P _{cal} 2,5 MPa											
	S ₁				S ₂				S ₁ ⁺				# Φ x/y				S ₁				S ₂				S ₁ ⁺				# Φ x/y							
	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	# Φ x/y	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	# Φ x/y	cm²	n	Φ (mm)	cm²	n	Φ (mm)	# Φ x/y												
300	9,05	8	12	3,39	3	12	12,06	6	16	3,39	3	12	16,08	8	16	3,39	3	12	16,08	8	16	3,39	3	12	16,08	8	16	3,39	3	12						
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	4,52	4	12	2,01	1	16	4,52	4	12	2,01	1	16	4,52	4	12	2,01	1	16	4,52	4	12						
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	8,04	4	16	2,01	1	16	8,04	4	16	2,01	1	16	8,04	4	16	2,01	1	16	8,04	4	16						
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	8,04	4	16	3,14	1	20	8,04	4	16	3,14	1	20	8,04	4	16	3,14	1	20	8,04	4	16						
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	12,06	6	16	6,28	2	20	12,06	6	16	6,28	2	20	12,06	6	16	6,28	2	20	12,06	6	16						
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)						

NOTA: TANTO S₁ y S₁⁺, COMO S₂ SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE
 (*): EMPUJE DE VALOR SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.



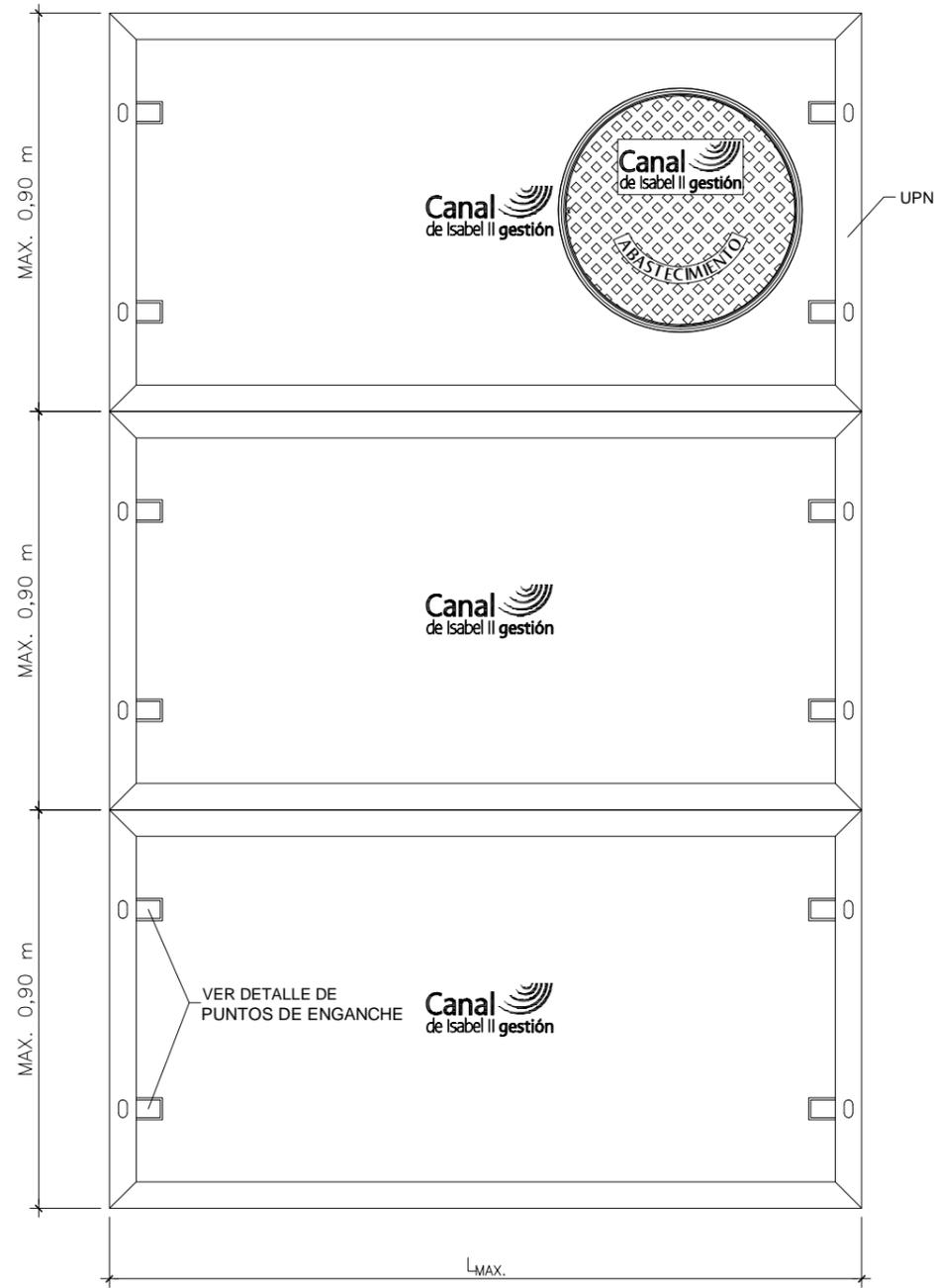
NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 2012.
 ANEXO 2. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TÍTULO DEL PLANO: CÁMARA PARA INSTALACIÓN DE VÁLVULAS REGULADORAS DE PRESIÓN, DISPOSICIÓN MIXTA SERIE / PARALELO

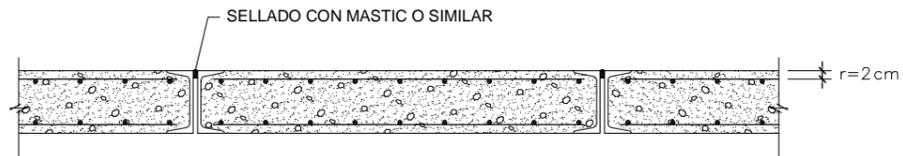
FECHA: ESCALAS: N° DEL PLANO

S/E

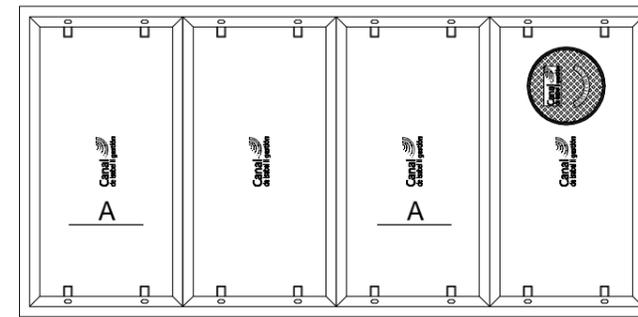
COTAS EN m



PLANTA

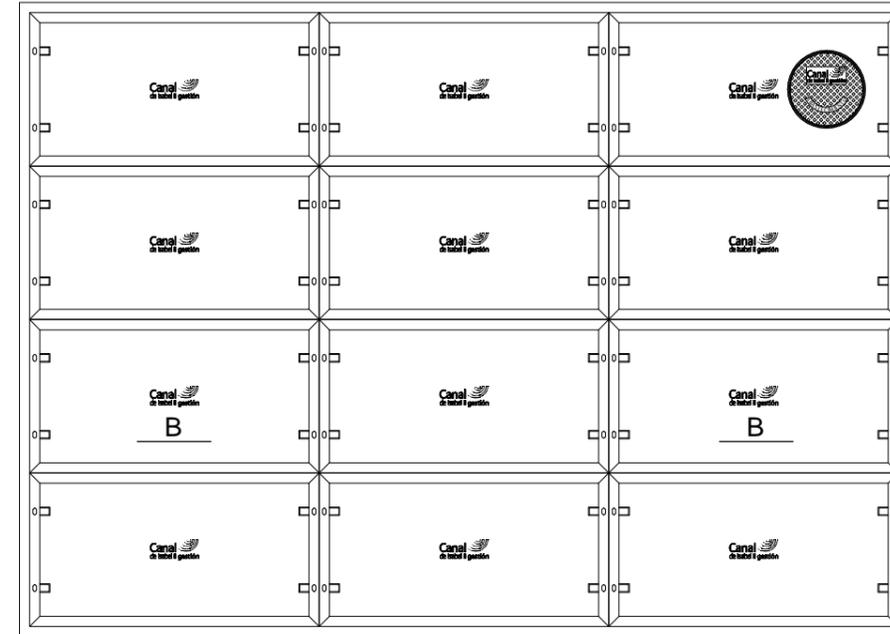


SECCIÓN A-A



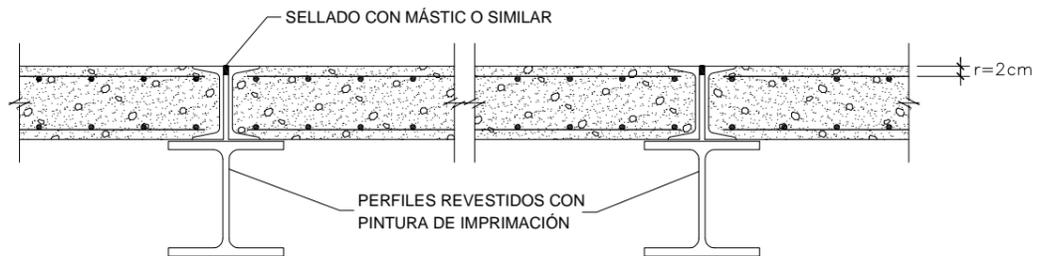
ESQUEMA DE DISPOSICIÓN CUANDO EL ANCHO NO EXCEDE DE LAS LONGITUDES MÁXIMAS DE LOSAS

SIN ESCALA



ESQUEMA DE DISPOSICIÓN CUANDO EL ANCHO EXCEDE DE LAS LONGITUDES MÁXIMAS DE LOSAS

SIN ESCALA



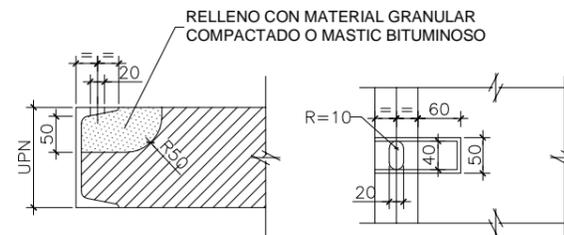
SECCIÓN B-B

DIMENSIONAMIENTO DE COBIJAS
ANCHURA DE LOSA: A ≤ 0,90 m

MARCO UPN	LONGITUD MÁXIMA: L _{max} (m)				
	PEATONAL q(kp/m ²) 500	LIGERO EJE (t) 3,5	MEDIO EJE (t) 7	PESADO EJE (t) 13	MÁXIMO EJE (t) 20
120	1,8	-	-	-	-
140	2,2	-	-	-	-
160	2,4	1,8	-	-	-
180	2,8	2,2	-	-	-
200	3,0	2,4	1,8	-	-
220	3,4	2,8	2,2	-	-
240	3,6	3,2	2,6	2,0	-
260	4,0	3,6	2,8	2,2	1,8
280	4,2	4,0	3,2	2,6	2,0
300	4,4	4,2	3,6	2,8	2,4

ARMADO DE COBIJAS
ARMADURAS: MALLA DE 10 x 10

MARCO UPN	ARMADURA SIMÉTRICA AMBAS CARAS: φ (mm)				
	PEATONAL q(kp/m ²) 500	LIGERO EJE (t) 3,5	MEDIO EJE (t) 7	PESADO EJE (t) 13	MÁXIMO EJE (t) 20
120	8	-	-	-	-
140	8	-	-	-	-
160	10	10	-	-	-
180	10	10	-	-	-
200	10	10	10	-	-
220	12	12	12	-	-
240	12	12	12	12	-
260	12	12	12	12	12
280	12	12	12	12	12
300	14	14	14	14	14



DETALLES DE ENGANCHE
(COTAS EN MILÍMETROS)

NOTAS

1. Las dimensiones y armado de las cobijas deberán cumplir las prescripciones establecidas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
2. Las dimensiones y tipología de los perfiles metálicos indicados son orientativos. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones de las propias cobijas, y a la normativa correspondiente.
3. El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas del armado de las cobijas y de los perfiles metálicos empleados. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.

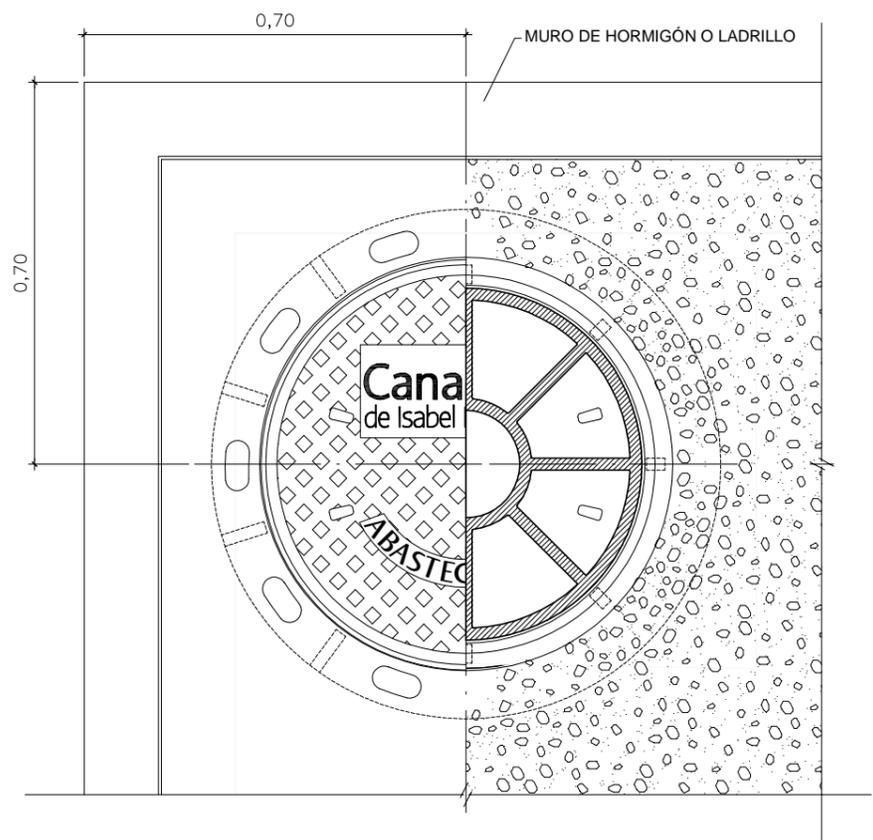


NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 2012.
ANEXO 2. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TÍTULO DEL PLANO: DISPOSITIVOS DE CIERRE DE REGISTROS Y CÁMARAS.
COBIJAS

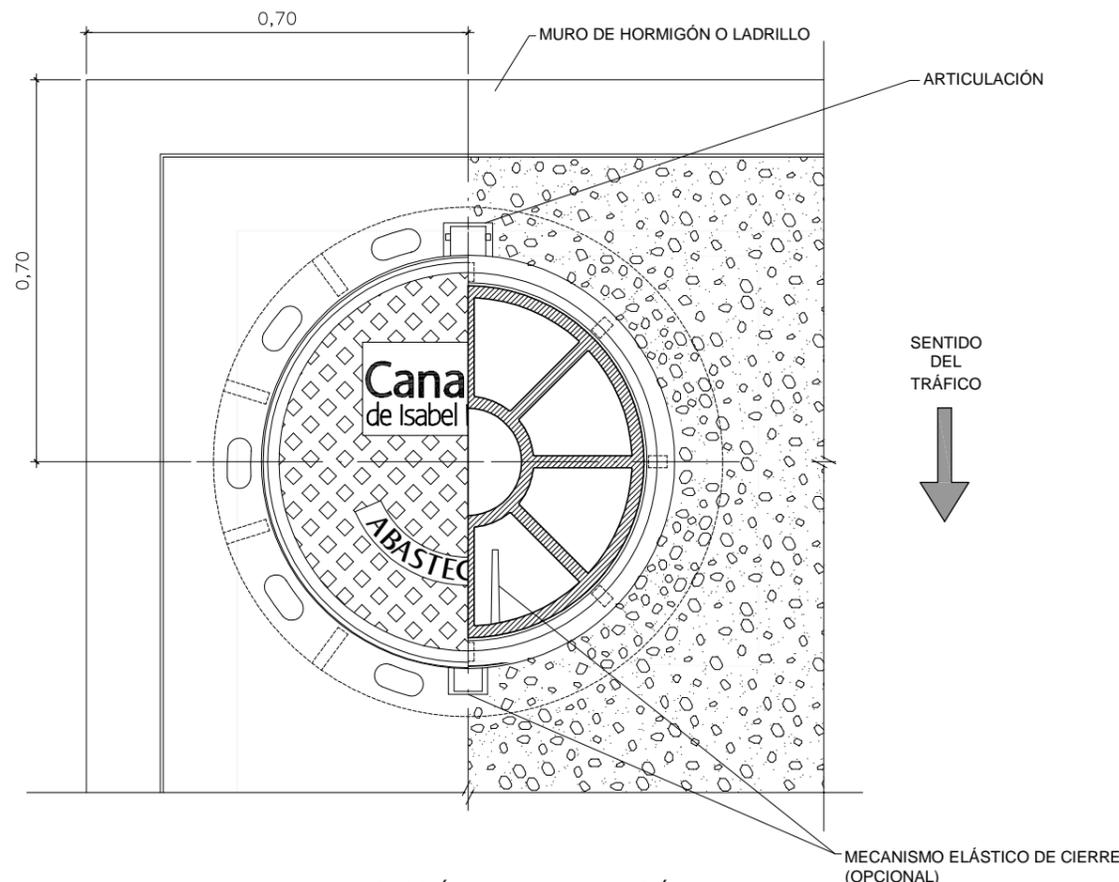
FECHA: ESCALAS: VARIAS N° DEL PLANO

TAPA EXENTA

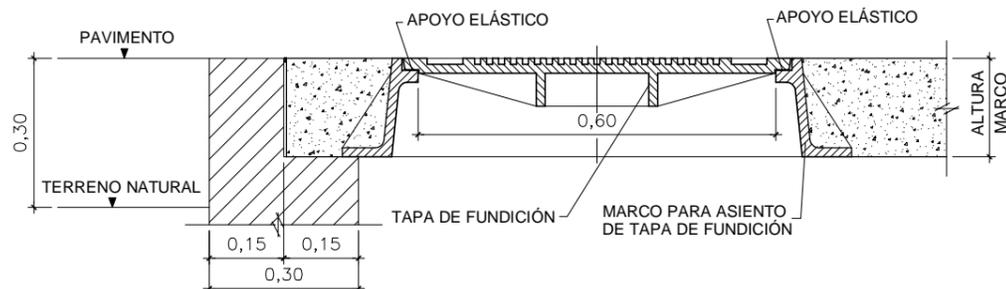


PLANTA-SECCIÓN. TAPA DE FUNDICIÓN

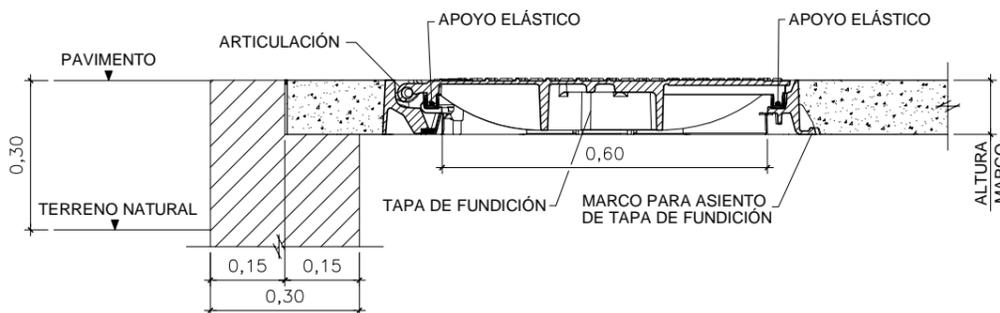
TAPA Y MARCO CON BISAGRA Y MECANISMO ELÁSTICO DE CIERRE OPCIONAL



PLANTA-SECCIÓN. TAPA DE FUNDICIÓN



ALZADO-SECCIÓN. TAPA DE FUNDICIÓN



ALZADO-SECCIÓN. TAPA DE FUNDICIÓN

CLASIFICACIÓN DE TAPAS. UNE-EN 124:1995

CLASE	A-15	B-125	C-250	D-400	E-600	F-900
CARGA DE CONTROL	15 KN	125 KN	250 KN	400 KN	600 KN	900 KN



PLANTA.TAPA DE FUNDICIÓN



PLANTA.TAPA DE FUNDICIÓN

NOTAS

1. El diseño y ubicación tanto del logo como de las inscripciones es orientativo y deberá ser aprobado por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.
2. El aseguramiento de la tapa al marco, masa superficial, diseño de la bisagra y mecanismo elástico, dependerá de cada fabricante y deberá ser aprobada por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.



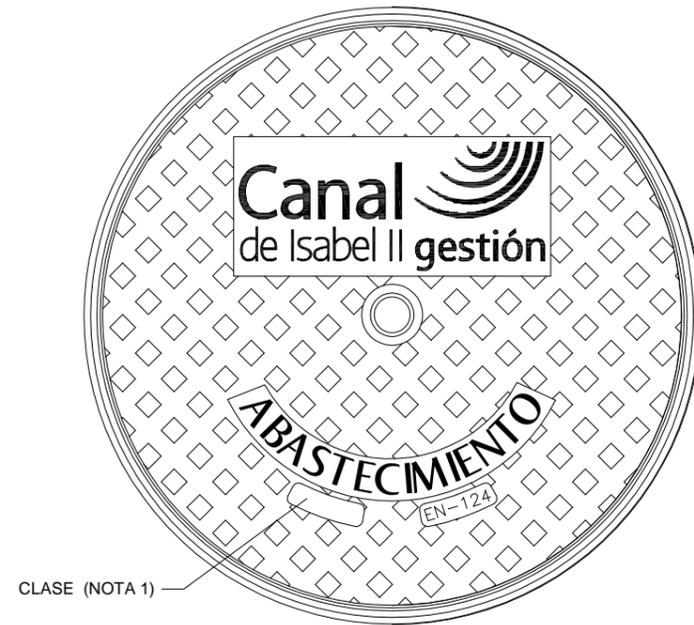
NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 2012.
ANEXO 2. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TÍTULO DEL PLANO: DISPOSITIVOS DE CIERRE EN REGISTROS Y CÁMARAS
TAPA Y MARCO DE FUNDICIÓN DÚCTIL

FECHA: ESCALAS: VARIAS N° DEL PLANO

COTAS EN m

MODELO "1"

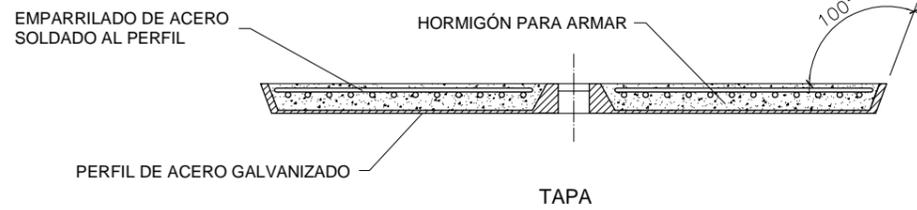


NOTA 1: CLASE A-15

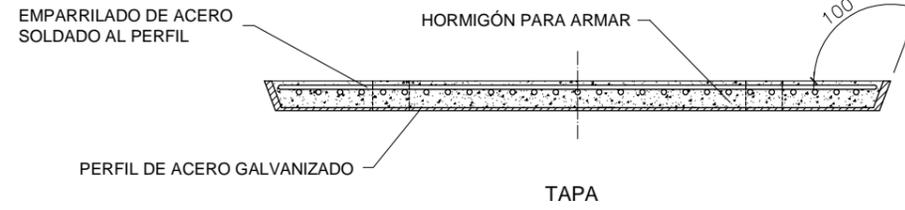
MODELO "2"



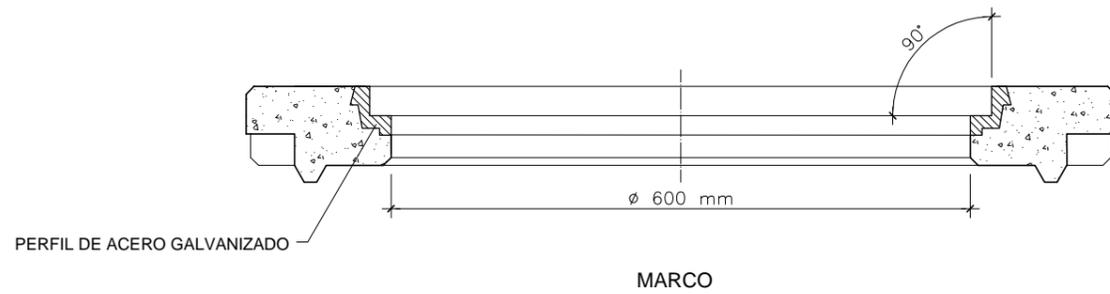
NOTA 2: CLASE B-125, C-250, D-400



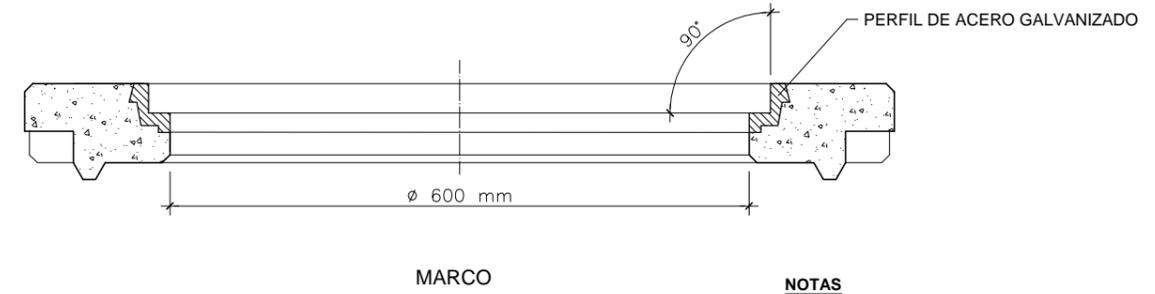
TAPA



TAPA



MARCO



MARCO

NOTAS

1. El diseño y ubicación tanto del logo como de las inscripciones es orientativo y deberá ser aprobado por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.
2. El diseño de la tapa y el marco es orientativo y deberá ser aprobado por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II Gestión.

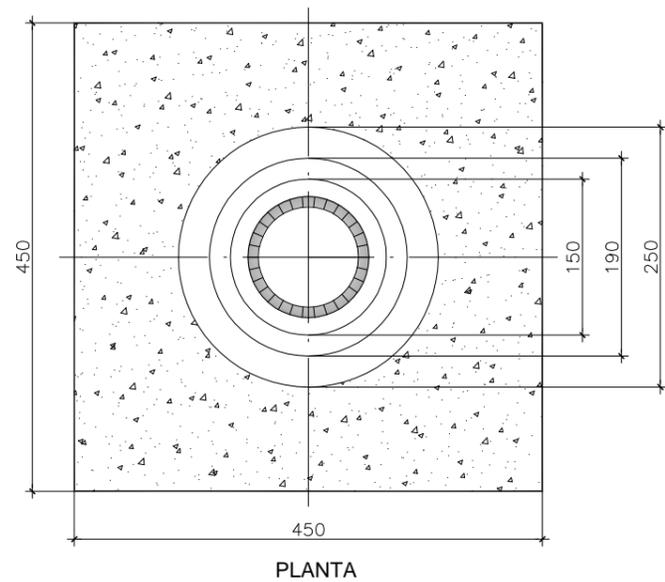
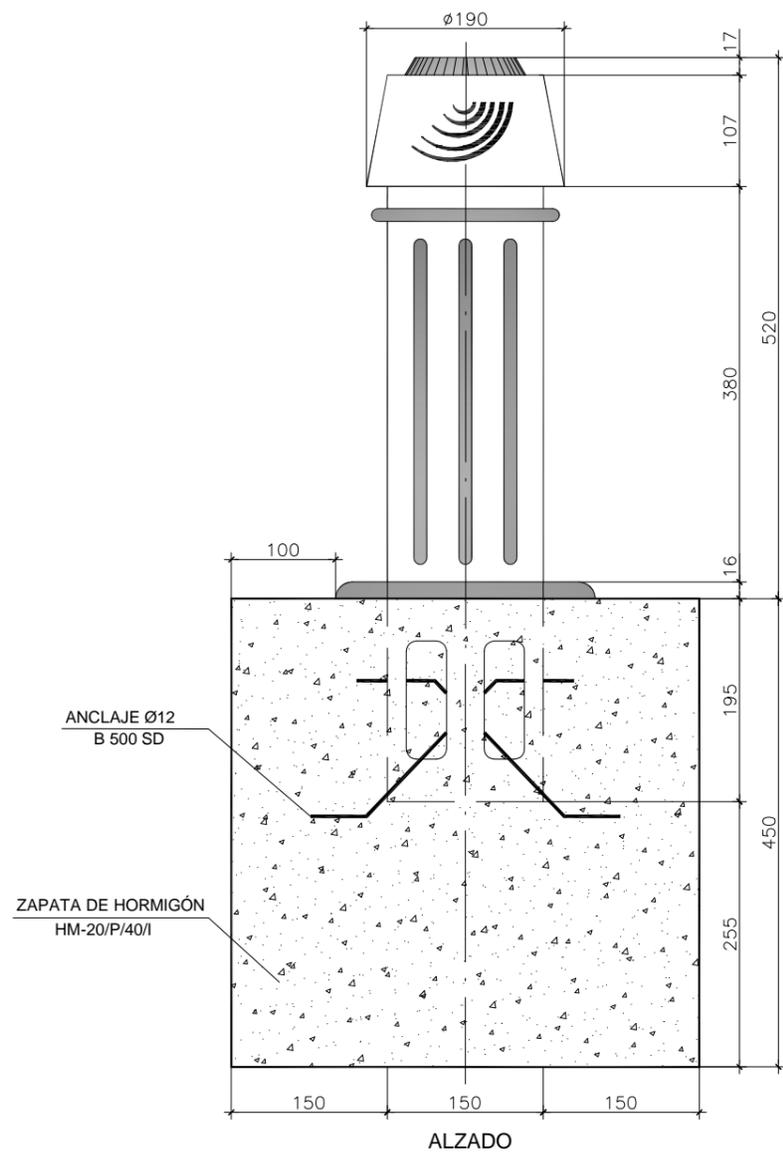


NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 2012.
ANEXO 2. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

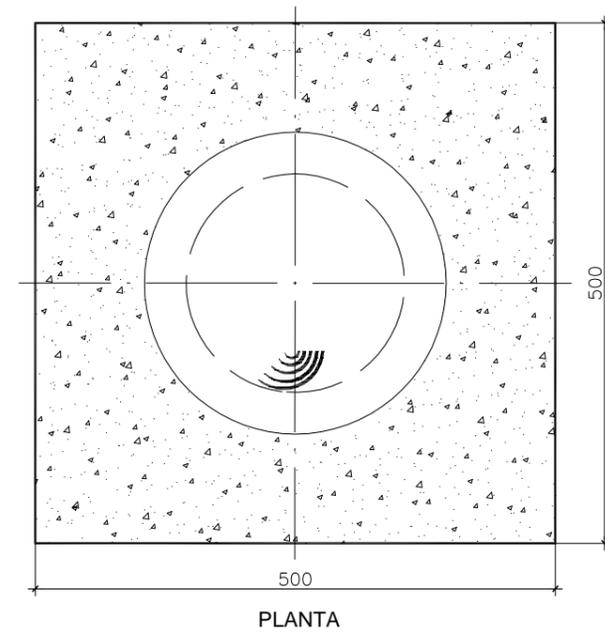
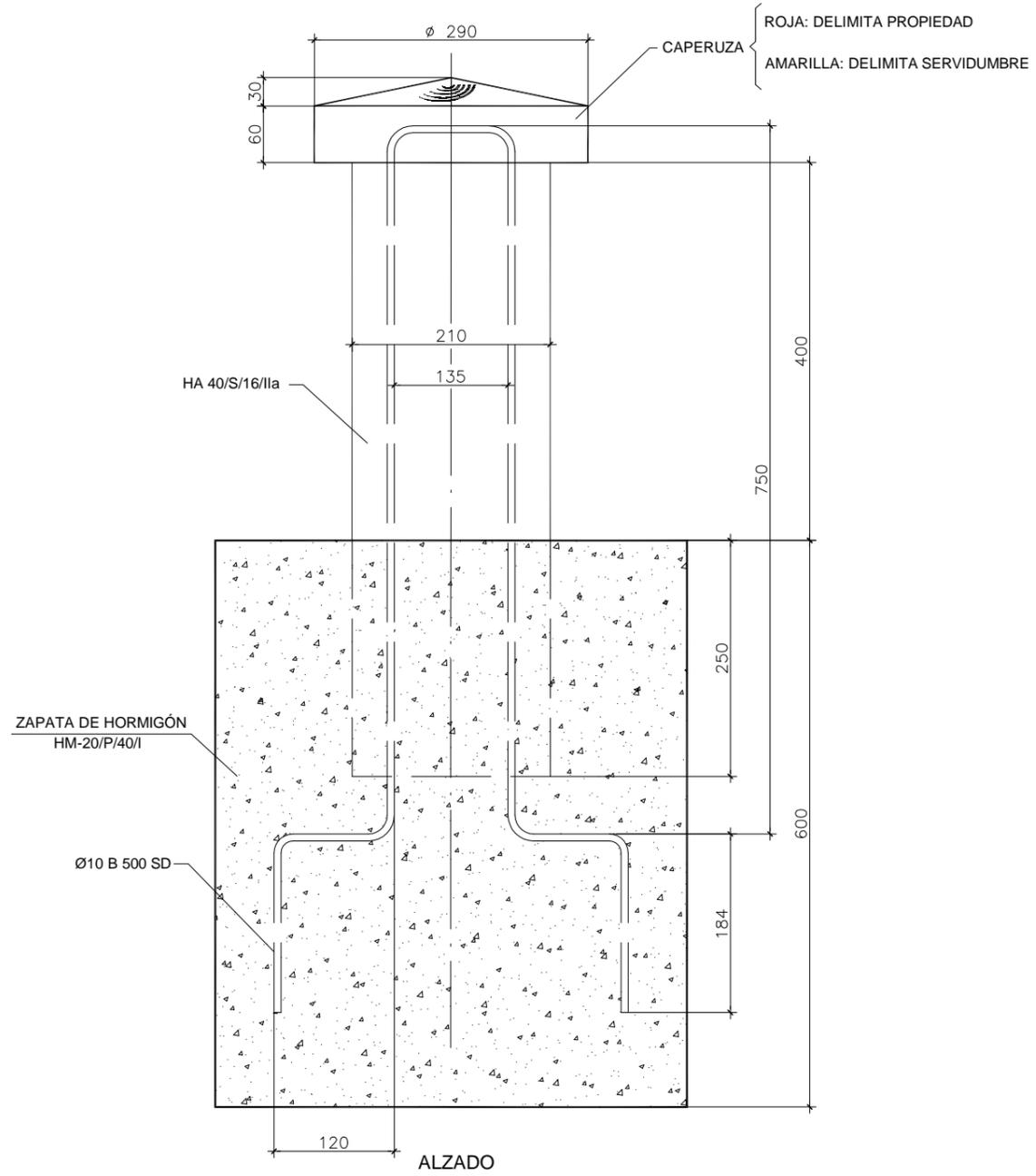
TÍTULO DEL PLANO: DISPOSITIVOS DE CIERRE EN REGISTROS Y CÁMARAS
TAPA Y MARCO MIXTOS

FECHA: ESCALAS: VARIAS Nº DEL PLANO

HITO DE FUNDICIÓN



HITO DE HORMIGÓN ARMADO



Canal 
de Isabel II **gestión**

www.canalgestion.es