Canal de Isabel II

NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN

Versión 2
2020

Canal de Isabel II

NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN

Versión 2
2020

Fecha de aprobación: 05/06/2020
Fecha de vigencia: 05/08/2020

Presentación

La publicación de las *Normas para Redes de Reutilización. Versión 2. 2020*, permite actualizar el marco normativo de Canal de Isabel II, que junto con las *Normas para Redes de Abastecimiento. Versión 2012. Modificación 2020* y las *Normas para Redes de Saneamiento. Versión 3. 2020*, constituyen el referente técnico 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 sustituyen a la anterior versión cuyas fechas de aprobación y de vigencia datan del año 2007, y tienen por objeto establecer los criterios técnicos a considerar en el diseño y construcción de las redes de reutilización 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.

Su redacción responde a la necesidad de definir una red que permita suministrar agua regenerada para el riego de parques, jardines, zonas verdes, campos de golf y otros usos considerados, contribuyendo a una gestión más eficiente del ciclo integral del agua, así como a incrementar las reservas hídricas disponibles para el abastecimiento de la población.

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

Los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II podrán ajustar, modificar, especificar o suprimir cualquiera de los aspectos recogidos en estas Normas, en casos determinados, respecto de los que causas técnicas u operativas justifiquen la adopción de una solución distinta a la prevista en estas Normas.

La entrada en vigor de las *Normas para Redes de Reutilización. Versión 2. 2020* permitirá la mejora y optimización de las redes existentes, incrementar la eficacia de aquellas de nueva construcción y, en definitiva, una garantía de mejor nivel de servicio.

Madrid, junio de 2020.

Rafael Prieto Martín

Vicepresidente Ejecutivo

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Equipo redactor y revisor

Aprobación

Vicepresidencia Ejecutiva
Rafael Prieto Martín

Revisión

Dirección Secretaría General Técnica
Manuel Beltrán Pedreira

Dirección Operaciones
María Belén Benito Martínez

Dirección de Recursos
Pablo Galán González

Dirección de Seguridad
Javier Marino González

Dirección de Innovación *e Ingeniería*
Juan Sánchez García

Dirección Financiera y Desarrollo de Negocio
Javier Tusell García

Dirección Comercial
Juan Ignacio Zubizarreta Pariente

Redacción

Área Normativa. Subdirección de Proyectos. Dirección de Innovación e Ingeniería.

Elaboración

María del Carmen Benito López
Cristina Castro Acosta
Rubén Collado Ramos
Andrés Deza de la Casa
Miriam Fernández Lara
Miguel Ángel González Moreno
David Hervás Jorge
Miguel Martín Linares
Antonio Navarro Madrid
Emilio Ortega Olalla
José Ramírez Montoto
Alberto Miguel Rodríguez Asensio
Laura Sanz Martínez
Andrés Sierra Deocal
Javier Urquiza López
José Luis Vicente

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Índice general

Introducción 15
I Condiciones generales 17
II Componentes de las redes de aducción y distribución 29
III Instalación eléctrica 121
IV Diseño del sistema de reutilización 149
V Consideraciones constructivas 207
VI Gestión de la calidad 227
Anexo 1. Legislación, normativa y referencias bibliográficas 247
Anexo 2. Dimensiones y armado de los macizos de anclaje 257
Anexo 3. Necesidades hídricas de los cultivos 285
Anexo 4. Recomendaciones generales de diseño de la red de aplicación (sistema de riego) para el riego de parques y jardines 299
Anexo 5. Planos 331

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Índice detallado

Introducción 15

I Condiciones generales 17

I.1 Objeto 17
I.2 Ámbito de aplicación 17
I.3 Legislación y normativa vigentes 17
I.4 Definiciones 22
I.5 Sistema de unidades 26

II Componentes de las redes de aducción y distribución 29

II.1 Generalidades 29
II.2 Tubos 30
II.2.1 Generalidades. Mapa de usos 30
II.2.2 Tubos de fundición dúctil (FD) 32
II.2.3 Tubos de policloruro de vinilo orientado molecularmente (PVC-O) 39
II.2.4 Tubos de polietileno (PE) 42
II.2.5 Tubos de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) 47
II.3 Uniones 53
II.4 Piezas especiales 54
II.4.1 Generalidades 54
II.4.2 Definiciones 55
II.4.3 Tipología 56
II.5 Elementos hidráulicos de maniobra y control 60
II.5.1 Consideraciones generales 60
II.5.2 Definiciones 60
II.5.3 Características técnicas y dimensiones 62
II.5.4 Válvulas de seccionamiento 63
II.5.5 Válvulas de aeración 65
II.5.6 Válvulas de control y seguridad 66
II.5.7 Desagües 70
II.5.8 Caudalímetros 70
II.6 Depósitos 71
II.6.1 Características generales 71
II.6.2 Criterios de diseño 72
II.6.3 Juntas 75
II.6.4 Instalaciones auxiliares 78

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

II.6.5 Elementos auxiliares ... 79
II.6.6 Urbanización ... 79
II.7 Estaciones de bombeo ... 79
II.7.1 Características generales ... 79
II.7.2 Bombeo ... 82
II.7.3 Instalación hidráulica e instrumentación ... 84
II.7.4 Baldeo ... 89
II.7.5 Obra civil ... 91
II.7.6 Instrumentación ... 95
II.7.7 Equipos de regulación de caudal ... 100
II.7.8 Grupo electrógeno ... 102
II.8 Alojamientos ... 103
II.8.1 Consideraciones generales ... 103
II.8.2 Dispositivos de cierre de alojamientos ... 107
II.8.3 Impermeabilización, desagüe y ventilación ... 110
II.9 Acometidas ... 111
II.10 Elementos complementarios ... 112
II.10.1 Pates ... 112
II.10.2 Escaleras ... 113
II.10.3 Pasarelas y plataformas ... 114
II.10.4 Barandillas y cadenas de seguridad ... 114
II.10.5 Trámex ... 115
II.10.6 Hitos de señalización ... 115
II.11 Acabados de superficies ... 115
II.11.1 Preparación de superficies ... 115
II.11.2 Condiciones ambientales ... 116
II.11.3 Galvanización en caliente ... 116
II.11.4 Pinturas para protección de superficies metálicas ... 116
II.11.5 Soldaduras ... 116
II.12 Automatización y control ... 117
II.13 Simbología en planos ... 119
III Instalación eléctrica ... 121
III.1 Especificaciones generales ... 121
III.2 Alta tensión ... 121
III.2.1 Línea de alimentación ... 121
III.2.2 Edificio centro de seccionamiento/transformación ... 122
III.2.3 Celdas ... 126
III.2.4 Transformadores de potencia ... 127
III.2.5 Suministro de alimentación segura ... 130
III.2.6 Cuadro de señalización y alarmas ... 130
III.2.7 Instalación de puesta a tierra ... 131
III.3 Baja tensión ... 132
III.3.1 Cuadro General de Distribución de Baja Tensión (CGDBT) ... 132
III.3.2 Equipos de corrección de energía reactiva ... 135
III.3.3 Centros de Control de Motores (CCM) ... 135
III.3.4 Cuadros locales o auxiliares ... 139
III.3.5 Líneas de alimentación, distribución, mando y señalización ... 140
III.3.6 Motores ... 142

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

III.3.7 Instalación de tierras de utilización 144
III.4 Alumbrado 144
III.4.1 Cuadro General de Alumbrado (CGA) 144
III.4.2 Alumbrado exterior 146
III.4.3 Alumbrado antideflagrante 146
III.4.4 Alumbrado de edificios 146
IV Diseño del sistema de reutilización 149
IV.1 Información previa 149
IV.2 Criterios generales de diseño 149
IV.3 Trazado 150
IV.3.1 Consideraciones generales 150
IV.3.2 Trazado en planta 151
IV.3.3 Trazado en alzado 156
IV.4 Dimensionamiento hidráulico de las conducciones 157
IV.4.1 Dotaciones y demandas 157
IV.4.2 Hipótesis de cálculo 159
IV.4.3 Cálculo de las pérdidas de carga 160
IV.4.4 Velocidad máxima del agua 164
IV.4.5 Sobrepresiones debidas al golpe de ariete 164
IV.5 Dimensionamiento mecánico de las conducciones 166
IV.5.1 Consideraciones generales 166
IV.5.2 Tubos de fundición dúctil (FD) 168
IV.5.3 Tubos de polietileno (PE) y policloruro de vinilo orientado molecularmente (PVC-O) 172
IV.5.4 Tubos de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) 174
IV.6 Anclaje de conducciones a presión 179
IV.6.1 Empujes 179
IV.6.2 Sistemas de anclaje 183
IV.6.3 Dimensionamiento de macizos de anclaje 185
IV.7 Depósitos 201
IV.7.1 Geometría 201
IV.7.2 Capacidad del depósito 201
IV.7.3 Materiales 201
IV.7.4 Diseño estructural 202
IV.8 Elementos de maniobra y control 203
IV.8.1 Válvulas de aeración 203
IV.8.2 Válvulas de control y seguridad 204
IV.8.3 Desagües 205
V Consideraciones constructivas 207
V.1 Seguridad y salud y protección medioambiental 207
V.2 Gestión de residuos 207
V.3 Medidas de prevención y seguridad en las instalaciones 208
V.4 Transporte, almacenamiento y manipulación 208
V.4.1 Transporte 208
V.4.2 Almacenamiento 208
V.4.3 Manipulación 210
V.5 Instalaciones en zanja 210

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

V.5.1 Zanjas ... 210
V.5.2 Camas de apoyo ... 215
V.5.3 Colocación y montaje de la conducción ... 217
V.5.4 Rellenos ... 221
V.5.5 Reposición de pavimento ... 223
V.6 Instalación subterránea de conducciones sin apertura de zanja ... 223
V.7 Instalaciones de tubos aéreos ... 223
V.8 Cruce de tuberías de agua regenerada con infraestructuras lineales ... 224
V.8.1 Cruce de tuberías bajo infraestructuras lineales existentes ... 224
V.8.2 Cruce de nueva infraestructura sobre tubería existente o prevista ... 225
VI Gestión de la calidad ... 227
VI.1 Introducción ... 227
VI.2 Control de calidad de los componentes ... 227
VI.2.1 Fundición dúctil ... 231
VI.2.2 Policloruro de vinilo orientado molecularmente (PVC-O) ... 231
VI.2.3 Polietileno (PE) ... 232
VI.2.4 Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) ... 233
VI.3 Control de la ejecución de obras ... 234
VI.4 Pruebas de la tubería instalada ... 236
VI.4.1 Prueba preliminar ... 238
VI.4.2 Prueba de purga ... 238
VI.4.3 Prueba principal o de puesta en carga ... 239
VI.4.4 Actas de las pruebas ... 240
VI.5 Control de la recepción de los depósitos ... 243
VI.5.1 Control de movimientos ... 243
VI.5.2 Ensayos de estanquidad ... 244
VI.6 Control de la calidad del agua ... 246
Anexo 1. Legislación, normativa y referencias bibliográficas ... 247
Anexo 2. Dimensiones y armado de los macizos de anclaje ... 257
Anexo 3. Necesidades hídricas de los cultivos ... 285
A3.1 Evapotranspiración del cultivo, ET_c ... 285
A3.2 Precipitación efectiva, P_e ... 288
A3.3 Necesidades hídricas de los cultivos de parques y jardines en la Comunidad de Madrid ... 288
A3.4 Metodología para el cálculo de ETo y Pe ... 296
Anexo 4. Recomendaciones generales de diseño de la red de aplicación (sistema de riego) para el riego de parques y jardines ... 299
A4.1 Introducción ... 299
A4.2 Diseño del sistema. Información necesaria ... 299
A4.3 Condicionantes de diseño ... 308
A4.4 Diseño de los sistemas de riego ... 312
A4.5 Recomendaciones de diseño de los componentes de una instalación de riego ... 319
Anexo 5. Planos ... 331

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Introducción

La presente publicación *Normas para Redes de Reutilización. Versión 2. 2020* es el resultado de los trabajos desarrollados en la Dirección de Innovación e Ingeniería, encomendando su seguimiento a la Subdirección de Proyectos, y en concreto al Área de Normativa, que presidió y auspició la creación de un Grupo de Trabajo constituido por miembros de los Servicios de Canal de Isabel II afectados por la misma.

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 presente documento definitivo. 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 seis capítulos y seis 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, establece la conformidad con respecto a la legislación y normativa vigente, contiene una serie de definiciones de los principales conceptos empleados en las mismas y una síntesis de las unidades de medida empleadas y su conversión.

En el *"Capítulo II. Componentes de las redes de aducción y distribución"* se establecen los requisitos exigidos a los distintos elementos constitutivos del sistema de reutilización: tubos, uniones, piezas especiales, elementos hidráulicos de maniobra y control, depósitos, estaciones de bombeo, alojamientos, acometidas, elementos complementarios y automatización y control.

En el "*Capítulo III. Instalación eléctrica*", se especifican los condicionantes que deben cumplir dichas instalaciones para las redes de reutilización, relacionando y describiendo cada uno de los elementos que forman parte de las líneas de alta y de baja tensión y la instalación de alumbrado.

En el *"Capítulo IV. Diseño del sistema de reutilización",* se indica la información previa necesaria y criterios generales para el diseño de las redes de reutilización, se fijan una serie de condiciones generales a tener en cuenta en el trazado de las conducciones tanto en planta como en alzado, se establecen criterios de dimensionamiento hidráulico, mecánico y de anclaje de las conducciones, y aspectos a considerar en el diseño de depósitos y elementos de maniobra y control.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

El *"Capítulo V. Consideraciones constructivas"* establece requisitos mínimos de seguridad y salud, gestión de residuos, medidas de prevención y seguridad en las instalaciones y consideraciones de protección medioambiental; relativos al transporte, almacenamiento y manipulación de componentes; sobre instalación de colectores a cielo abierto, sin apertura de zanja y aéreos y cruce de tuberías con otras infraestructuras.

En el *"Capítulo VI. Gestión de la calidad"* se establecen requisitos mínimos exigidos en cuanto al control de la fabricación de los componentes y de la ejecución de las obras, especificaciones sobre las pruebas a realizar a la tubería instalada en conducciones enterradas bajo presión hidráulica interior y consideraciones para el adecuado control de la recepción de los depósitos.

De forma complementaria a los capítulos mencionados, se incluyen seis anexos, cuyo contenido es el siguiente:

"Anexo 1. Legislación y normativa, y referencias bibliográficas" citadas en el documento, relaciona los distintos documentos legislativos, normativos y técnicos que se citan en el texto.

"*Anexo 2. Dimensiones y armado de los macizos de anclaje*", incluye 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 IV.

"Anexo 3. Necesidades hídricas de los cultivos", establece la forma de determinar las mismas a partir de un balance entre la evapotranspiración del cultivo y la precipitación efectiva.

"Anexo 4. Recomendaciones generales para el diseño de la red de aplicación (sistema de riego) para el riego de parques y jardines", enuncia una serie de consideraciones relativas a la selección y condicionantes de diseño del sistema de riego con agua regenerada.

"Anexo 5. Planos", recoge una serie de planos correspondientes a aquellos componentes tipo cuya utilización es más frecuente en redes de reutilización, como pueden ser alojamientos (registros y cámaras), dispositivos de cierre normalizados para alojamientos, hitos de señalización, y esquemas tipo de instalaciones eléctricas.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

I Condiciones generales

I.1 Objeto

Las presentes Normas tienen por objeto establecer las condiciones técnicas mínimas que han de cumplir las redes de reutilización gestionadas por el Canal de Isabel II, así como la determinación de los criterios generales que deberán tenerse en cuenta para su proyecto, instalación y funcionamiento, con el fin de conseguir la máxima uniformidad y de asegurar unos niveles de garantía y calidad dentro de su ámbito de aplicación.

Los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II podrán ajustar, modificar, especificar o suprimir cualquiera de los aspectos recogidos en estas Normas, en casos determinados, respecto de los que causas técnicas u operativas justifiquen la adopción de una solución distinta a la prevista en estas Normas.

I.2 Ámbito de aplicación

Estas Normas son de aplicación para todas las redes de reutilización que, tanto por nueva implantación como por renovación de las existentes, vayan a incorporarse a la gestión de Canal de Isabel II para riego de parques, jardines, zonas verdes, campos de golf, baldeo de calles, usos industriales y usos agrarios.

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 vigentes de ámbito internacional, europeo, nacional, autonómico y local que aparecen detalladas en el *Anexo 1*.

Dicha legislación y normativa deberá considerarse a la hora de proyectar, ejecutar y mantener las redes de reutilización incluidas en el ámbito de aplicación de estas Normas.

Deberá observarse lo especificado en el Anexo I.A del Real Decreto 1620/2007, en el cual se establecen los parámetros de calidad según usos. Si la red abastece a varios usos, se tomará la calidad del más exigente. A continuación, se resumen los parámetros de calidad previstos establecidos en dicho Anexo.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Los distintos usos y sus respectivas calidades comprenden la siguiente clasificación:

- USOS URBANOS.
  - Calidad 1.1: Residencial.
    - Riego de jardines privados.
    - Descarga de aparatos sanitarios.

    Notas:
    - ❖ Deben someterse a controles que aseguren el correcto mantenimiento de las instalaciones.
    - ❖ La autorización de estos usos estará condicionada a la obligatoriedad de la presencia de doble circuito señalizado en todos sus tramos hasta el punto de uso.
  - Calidad 1.2: Servicios.
    - Riego de zonas verdes urbanas (parques, campos deportivos y similares).
    - Baldeo de calles.
    - Sistemas contra incendios.
    - Lavado industrial de vehículos.
- USOS AGRÍCOLAS.
  - Calidad 2.1.
    - Riego de cultivos con sistema de aplicación del agua que permita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles para alimentación humana en fresco.
  - Calidad 2.2.
    - Riego de productos para consumo humano con sistema de aplicación de agua que no evita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles, pero el consumo no es en fresco sino con un tratamiento industrial posterior.
    - Riego de pastos para consumo de animales productores de leche o carne.
    - Acuicultura.
  - Calidad 2.3.
    - Riego localizado de cultivos leñosos que impida el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la alimentación humana.
    - Riego de cultivos de flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones.
    - Riego de cultivos industriales no alimentarios, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- USOS INDUSTRIALES.
  - Calidad 3.1.
    - Aguas de proceso y limpieza excepto en la industria alimentaria.
    - Otros usos industriales.
    - Aguas de proceso y limpieza para uso en la industria alimentaria.
  - Calidad 3.2.
    - Torres de refrigeración y condensadores evaporativos.
- USOS RECREATIVOS.
  - Calidad 4.1.
    - Riego en campos de golf.
  - Calidad 4.2.
    - Estanques, masas de agua y caudales circulantes ornamentales, en los que está impedido el acceso del público al agua.
- USOS AMBIENTALES
  - Calidad 5.1.
    - Recarga de acuíferos por percolación localizada a través del terreno.
  - Calidad 5.2.
    - Recarga de acuíferos por inyección directa.
  - Calidad 5.3.
    - Riego de bosques, zonas verdes y de otro tipo no accesibles al público.
    - Silvicultura.
  - Calidad 5.4.
    - Otros usos ambientales (mantenimiento de humedales, caudales mínimos y similares).

En la *Tabla 1* se resumen los parámetros de calidad previstos establecidos en dicho Anexo.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 1. Calidad del agua reutilizada en función del uso del agua previsto. Valores máximos admisibles. Real Decreto 1620/2007

Uso del agua previsto	***Valor Máximo Admisible (VMA)***			
	Nematodos Intestinales (huevos/10 L)	***Escherichia Coli (ufc[(1)]/100 mL)***	***Sólidos en Suspensión (mg/L)***	***Turbidez (unt[(2)])***
1.- Usos urbanos				
Calidad 1.1	1	0	10	2
Calidad 1.2	1	200	20	10
2.- Usos agrícolas				
Calidad 2.1	1	100	20	10
Calidad 2.2	1	1.000	35	No se fija límite
Calidad 2.3	1	10.000	35	No se fija límite
3.- Usos industriales				
Calidad 3.1.	No se fija límite	10.000	35	15
Calidad 3.1.	1	1.000	35	No se fija límite
Calidad 3.2.	1	Ausencia	5	1
4.- Usos recreativos				
Calidad 4.1	1	200	20	10
Calidad 4.2	No se fija límite	10.000	35	No se fija límite
5.- Usos ambientales				
Calidad 5.1	No se fija límite	1.000	35	No se fija límite
Calidad 5.2	1	0	10	2
Calidad 5.3	No se fija límite	No se fija Límite	35	No se fija límite
Calidad 5.4	La calidad mínima requerida se estudiará caso por caso			

(1) Unidades Formadoras de Colonias.

(2) Unidades Nefelométricas de Turbiedad.

Se definen además otros criterios para cada tipo de calidad, resumidos en la siguiente tabla:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 2. Otros criterios en la calidad del agua reutilizada en función del uso del agua previsto. Valores máximos admisibles. Real Decreto 1620/2007

Uso del agua previsto	***Otros contaminantes (ver Anexo II. RD 849/1986)***	***Legionella spp. (UFC/L)***	***Otros criterios***
1.- Usos urbanos			
Calidad 1.1	Contenidos en la autorización de vertido de aguas residuales [3]	100[4]	-
Calidad 1.2 [1]			
2.- Usos agrícolas [2]			
Calidad 2.1	Contenidos en la autorización de vertido de aguas residuales [3]	1000[4]	Detección de patógenos[5]
Calidad 2.2		-	Taenia saginata y Taenia solium: 1 huevo/L
Calidad 2.3		100	-
3.- Usos industriales			
Calidad 3.1. a) y b)	Contenidos en la autorización de vertido de aguas residuales [3]	100	-
Calidad 3.1. c)			Detección de patógenos [5]
Calidad 3.2.	-	Ausencia	Se requiere autorización (RD 1620/2007)
4.- Usos recreativos			
Calidad 4.1	Contenidos en la autorización de vertido de aguas residuales [3]	100 [4]	-
Calidad 4.2		-	P_T: 2 mg P/L (en agua estancada)
5.- Usos ambientales			
Calidad 5.1	-	-	N_T: 10 mg N/L NO_3: 25 mg NO_3/L
Calidad 5.2			
Calidad 5.3	Contenidos en la autorización de vertido de aguas residuales [3]		-
Calidad 5.4	La calidad mínima requerida se estudiará caso por caso.		

[1] Cuando exista un uso con posibilidad de aerosolización del agua, es imprescindible seguir las condiciones de uso que señale, para cada caso, la autoridad sanitaria.

[2] Características del agua regenerada que requieren información adicional. Ver Tabla 3.

[3] Se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas (ver Anexo IV del RD 907/2007) deberá asegurarse el respeto de las NCAs (Norma de calidad ambiental dispuesta en el artículo 245.5 del RD 849/1986).

[4] Si existe riesgo de aerosolización.

[5] Según criterios del RD 1620/2007.

Para los usos agrícolas las características del agua regenerada requieren la siguiente información adicional:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 3. Características del agua regenerada. Usos agrícolas. Real Decreto 1620/2007.

Parámetro	***Valor límite***
Conductividad	3,0 dS/m
RAS[(1)]	6 meq/L
Boro	0,5 mg/L
Arsénico	0,1 mg/L
Berilio	0,1 mg/L
Cadmio	0,01 mg/L
Cobalto	0,05 mg/L
Cromo	0,1 mg/L
Cobre	0,2 mg/L
Manganeso	0,2 mg/L
Molibdeno	0,01 mg/L
Níquel	0,2 mg/L
Selenio	0,02 mg/L
Vanadio	0,1 mg/L

[(1)] Relación de Adsorción de Sodio calculado según RD 1620/2007

I.4 Definiciones

El presente artículo 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 805:2000).

Componentes distintos de tubos, racores (o piezas especiales) o válvulas, incorporados a una conducción, por ejemplo, contrabridas, 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.

- Aguas depuradas (Real Decreto 1620/2007).

Aguas residuales que han sido sometidas a un proceso de tratamiento que permita adecuar su calidad a la normativa de vertidos aplicable.

- Aguas regeneradas (Real Decreto 1620/2007).

Aguas residuales depuradas que, en su caso, han sido sometidas a un proceso de tratamiento adicional o complementario que permite adecuar su calidad al uso al que se destinan.

- Bomba de reserva.

Es aquella bomba colocada en una estación de bombeo cuyo empleo se prevé exclusivamente cuando sea necesario suplir el funcionamiento, por motivos de mantenimiento, de alguna de las instaladas para el servicio habitual en la propia estación.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Cámara.

Alojamiento visitable que, aun cuando su acceso puede realizarse a través de una tapa normalizada junto a ésta, dispone de una cubierta a base de losas desmontables de hormigón armado (cobijas), que puedan ser retiradas, en caso necesario, para realizar operaciones de mantenimiento o sustitución de estas.

- Depósito regulador.

Infraestructura estanca destinada a la acumulación de agua para regular las demandas de agua respecto a los recursos disponibles.

- Diámetro exterior (OD) (UNE-EN 805:2000).

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 805:2000).

Diámetro interior medio de la caña del tubo en una sección cualquiera.

- Diámetro nominal (ID) (UNE-EN 805:2000).

Designación numérica del diámetro de un componente mediante un número entero aproximadamente igual a la dimensión real en milímetros. Se aplica tanto al diámetro interior (DN/ID) como al diámetro exterior (DN/OD), según las Normas de Producto.

- Elemento de unión (UNE-EN 805:2000).

Enlace de extremidades adyacentes de dos componentes, que incluye elementos de estanquidad.

- 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.

- Estación regeneradora de aguas (Real Decreto 1620/2007).

Conjunto de instalaciones donde las aguas residuales depuradas se someten a procesos de tratamiento adicional que puedan ser necesarios para adecuar su calidad al uso previsto.

- Estación de bombeo.

Construcción, estructura y equipamiento utilizado para transferir aguas regeneradas a través de un conducto que eleve dicha agua regenerada.

- Golpe de ariete.

Fluctuaciones rápidas de presión debidas a las variaciones de caudal durante intervalos cortos de tiempo. El golpe de ariete está esencialmente relacionado con la velocidad del agua y no con la presión interna.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Infraestructuras de almacenamiento y distribución (Real Decreto 1620/2007).

Conjunto de instalaciones destinadas a almacenar y distribuir el agua regenerada.

- Lugar de uso del agua regenerada (Real Decreto 1620/2007).

Zona o instalación donde se utiliza el agua regenerada suministrada.

- Malla.

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

- Ortogonalidad.

Propiedad de un tubo según la cual sus generatrices son perpendiculares a los planos que contienen los extremos del tubo.

- Ovalación.

Defecto de la forma circular en una sección transversal de un tubo.

- Pieza especial (UNE-EN 805:2000).

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 (UNE-EN 805:2000).

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 805:2000): 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 805:2000): 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 805:2000): presión interna que aparece en un instante dado en un punto determinado de la red de abastecimiento de agua.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Presión de servicio (SP) (UNE-EN 805:2000): 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 805:2000): presión hidrostática aplicada a una conducción recientemente instalada de forma que asegure su integridad y estanquidad.

Estos conceptos se esquematizan en la *Figura 1*:

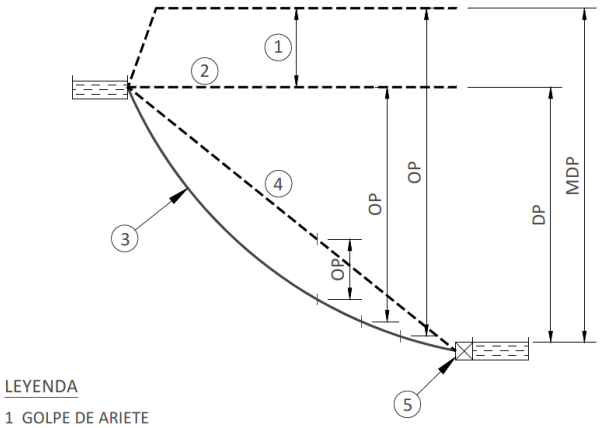


Figura 1. Ejemplo de conducción de gravedad a presión (UNE-EN 805:2000)

- Presiones relativas a los componentes:
  - Presión de funcionamiento admisible (PFA) (UNE-EN 805:2000): 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 ≥ DP).
  - Presión máxima admisible (PMA) (UNE-EN 805:2000): 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 ≥ MDP).
  - Presión de prueba en obra admisible (PEA) (UNE-EN 805:2000): 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 ≥ 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 de producto.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Depresión transitoria respecto a la presión atmosférica (bar).

  Los componentes deben diseñarse para resistir, una vez instalados, una depresión transitoria de 80 kP respecto a la presión atmosférica.

- Ramal.

Conducción de una red por la que circula agua a presión, cuyo trazado no forma malla.

- Rectitud.

Propiedad de un tubo según la cual sus generatrices son líneas rectas.

- Recubrimiento exterior.

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

- Recubrimiento interior.

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

- Sistema de reutilización de las aguas (Real Decreto 1620/2007).

Conjunto de instalaciones que incluye la estación regeneradora de aguas, en su caso, y las infraestructuras de almacenamiento y distribución de las aguas regeneradas hasta el punto de entrega a los usuarios, con la dotación y calidad definidas según los usos previstos.

- Tubo.

Componente de sección transversal circular, diámetro interior uniforme y eje recto, cuyos extremos son lisos o con terminación en enchufe o brida.

I.5 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 4*.

Tabla 4. 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 5*.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 5. Unidades derivadas del Sistema Internacional.

Magnitud	***Unidad***		
	Nombre	***Símbolo***	***Equivalencia en otras unidades***
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	$kg \cdot m/s^2$
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:

1 N = 0,102 kp e inversamente 1 kp = 9,81 N

$1\ N/mm^2 = 10{,}197\ kp/cm^2$ e inversamente $1\ kp/cm^2 = 0{,}0981\ N/mm^2$

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

En el caso de la presión se pueden encontrar diferentes unidades. En la *Tabla 6* se establece la relación entre las más frecuentes.

Tabla 6. Relación entre distintas unidades de presión

Una unidad de esta columna equivale a	***Pa*** N/m^2	***MPa*** N/mm^2	***kgf/cm²***	***atm***	***m.c.a.***	***mm Hg***	***bar***
$Pa = N/m^2$	1	10^{-6}	$10{,}2 \cdot 10^{-6}$	$9{,}87 \cdot 10^{-6}$	$1{,}02 \cdot 10^{-4}$	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	$1{,}333 \cdot 10^{-4}$	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:

$1\ kgf/cm^2 = 14{,}223$ psi (libra por pulgada cuadrada)

$1\ kgf/cm^2 = 2.048{,}2$ psf (libra por pie cuadrado)

$1\ kgf/cm^2 = 0{,}9289$ tsf (tonelada por pie cuadrado)

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

II Componentes de las redes de aducción y distribución

II.1 Generalidades

Las redes de reutilización se estructuran en las siguientes tres categorías, atendiendo a su función y gestión: aducción, distribución y aplicación.

- Red de aducción. Corresponde a los tramos que conectan las salidas de las estaciones depuradoras con los depósitos de regulación (incluidos éstos). Generalmente de estructura ramificada.
- Red de distribución. Corresponde a los tramos que conectan los depósitos de regulación con los puntos de entrega o acometidas. Generalmente de estructura ramificada con anillo distribuidor.
- Red de aplicación. Corresponde a la propia red de riego del parque público o municipal, la red de uso privado para riego de zonas verdes, etc. Su gestión no será competencia, en general, de Canal de Isabel II.

En la *Figura 2* se representan dos esquemas de redes de agua regenerada, según sean ramificadas o ramificadas con anillo distribuidor, en los que puede verse la disposición tipo de su estructura.

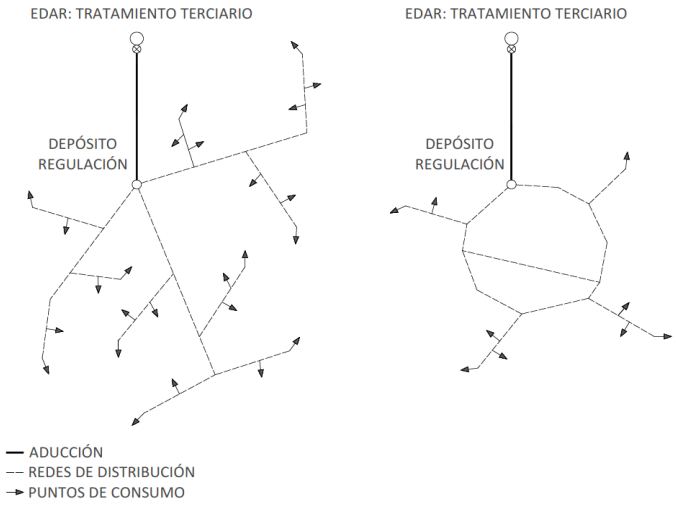


Figura 2. Estructura de una red de aguas regeneradas ramificada (izquierda) o ramificada con anillo distribuidor (derecha).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

En el presente artículo se especifican las condiciones básicas que deben cumplir los diferentes componentes que integran una red de aducción y de distribución de agua regenerada que, básicamente, son los siguientes:

- Tubos.
- Juntas y uniones.
- Piezas especiales.
- Elementos de maniobra y control.
- Depósitos.
- Estaciones de bombeo.
- Estaciones de muestreo.
- Alojamientos.
- Acometidas.
- Otros componentes complementarios (tapas, marcos, elementos de automatización etc.).

II.2 Tubos

En el presente artículo se especifican las condiciones básicas que deben cumplir los tubos a instalar en redes nuevas de aducción o de distribución, o en renovación de las existentes, de agua regenerada de Canal de Isabel II.

II.2.1 Generalidades. Mapa de usos

Los tubos a instalar en redes nuevas de aducción o de distribución de agua regenerada encomendadas a Canal de Isabel II deberán cumplir con lo especificado en los apartados *II.2.2* a *II.2.5*, según materiales, y su empleo se realizará conforme a lo indicado en el mapa de usos representado en la *Figura 3*.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Material clase mínima	*NORMA*	*DN (mm)*	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Fundición dúctil	UNE-EN 545:2011	ID										
PVC-O 500	UNE-EN 17176:2019	OD										
PRFV SN 5000 (N/m²)	UNE-EN 1796:2014	ID (Serie a)										
		OD (Serie b)										
PE PE 100	UNE-EN 12201	OD										

RANGO DE DIÁMETROS NORMALIZADOS EN LAS NORMAS EUROPEAS

DIÁMETROS DE USO PREFERENTE POR CANAL DE ISABEL II

Nota 1. ID: diámetro interior. OD: diámetro exterior.

Figura 3. Mapa de usos de Canal de Isabel II.

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

Con carácter excepcional y previa justificación de la solución adoptada, podrán emplearse diámetros inferiores o superiores a los señalados en el mapa de usos, siempre que se cuente con la aprobación de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

Los materiales o el diseño de los distintos componentes serán los indicados en esta Norma. Cualquier otro material o variación en el diseño deberá ser debidamente justificado y aprobado por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

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 7*.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 7. Rango de presiones admisibles en función del material

Tipo de tubo		PFA (N/mm²)	PMA (N/mm²)
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
PE	PE100 PN 16	1,60	1,60 *
PVC-O	PN 16	1,60	1,60 *
	PN 20	2,00	2,80 *
	PN 25	2,50	3,50 *
PRFV	PN 16	1,60	2,24
	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 artículo deberán cumplir, en general, con lo especificado para los mismos en la norma UNE-EN 545:2011. Su uso se limitará al indicado en el apartado *II.2.1 Generalidades. Mapa de usos.*

II.2.2.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones del apartado *I.4*, en los tubos de fundición serán de aplicación las siguientes de manera específica:

- Diámetro Nominal, DN.

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

- Clase de presión (C) (UNE-EN 545:2011).

  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 545:2011, que incluye la letra C seguida de un número adimensional igual a la PFA máxima en bares de la familia de componentes.

- Ovalidad.

  Defecto de redondez de la sección de un tubo. Es igual a:

$$100 \cdot \left(\frac{D_{máx} - D_{mín}}{D_{máx} + D_{mín}} \right)$$

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Siendo $D_{máx}$ y $D_{mín}$ los diámetros exteriores mayor y menor de la sección del tubo.

- Presión nominal (PN).

El concepto de presión nominal en los tubos de fundición solo se emplea en el caso de que se unan con bridas, en cuyo caso el valor de PN corresponde a las presiones que se indican en la *Tabla 8*.

Tabla 8. PFA, PMA y PEA (en bar) en función de PN en los tubos de fundición con bridas (UNE- EN 545:2011)

DN	PN 16			PN 25			PN 40		
	PFA	PMA	PEA	PFA	PMA	PEA	PFA	PMA	PEA
80	16	20	25	ver PN 40			40	48	53
100 a 150	16	20	25	25	30	35	40	48	53
200 a 600	16	20	25	25	30	35	40	48	53
700 a 900	16	20	25	25	30	35	-	-	-

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 espesor. 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, serán los indicados en la *Tabla 9*.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 9. 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	DN	Clase 16	Clase 25	Clase 40
	PFA 30 PMA 36 PEA 41	PFA 40 PMA 48 PEA 53	PFA 50 PMA 60 PEA 65	PFA 64 PMA 76,8 PEA 81,8	PFA 100 PMA 120 PEA 125		PFA 16 PMA 20 PEA 25	PFA 25 PMA 30 PEA 35	PFA 40 PMA 48 PEA 53
80						80			
100						100			
125						125			
150						150			
200						200			
250						250			
300						300			
350						350			
400						400			
450*						450*			
500						500			
600						600			
700						700			
800						800			
900						900			

* Fabricación poco frecuente.

II.2.2.4 Características técnicas

Las características mecánicas de la fundición dúctil empleada en los tubos deberán cumplir con lo especificado en la *Tabla 10*. Para la densidad del material se adopta, en general, el valor de 7.050 kg/m^3 y para el módulo de elasticidad, 1,7 x 105 N/mm^2.

Los tubos deberán ir pintados exteriormente de color morado (preferentemente RAL 4001 ó 4005 o PANTONE 2577 U).

Tabla 10. 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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

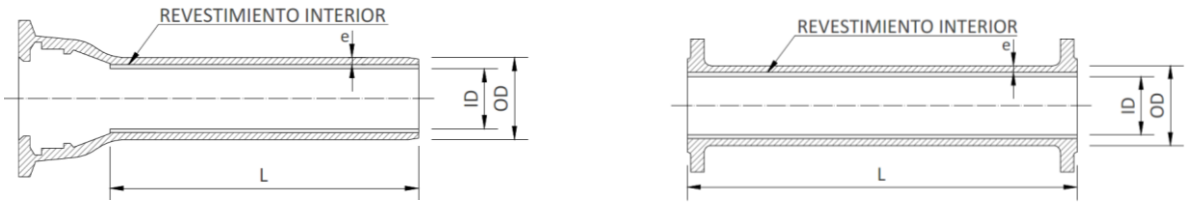
II.2.2.5 Dimensiones

Las dimensiones normalizadas de los tubos de fundición con junta flexible serán las indicadas en la *Tabla 11* y en la *Figura 4*. Si, excepcionalmente, se dispusieran tubos unidos con bridas, sus dimensiones serán las especificadas en la norma UNE-EN 545:2011.

Tabla 11. Dimensiones de los tubos de fundición dúctil (UNE-EN 545:2011)

Diámetro (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

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



Tubo para unión flexible

Tubo con bridas para unión rígida

Figura 4. 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 5*), los cuales deberán ser conformes con lo especificado para los mismos en la norma UNE-EN 545:2011. En particular, la desviación angular admisible no habrá de ser inferior a los valores indicados en la *Tabla 12*.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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

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

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

Tabla 12. Valores mínimos de la desviación angular admisible en las uniones flexibles (UNE-EN 545:2011)

DN	***Tipo de unión***	
	Sin acerrojar	***Acerrojadas***
DN ≤ 300	3º 30'	1º 45'
350 ≤ DN ≤ 600	2º 30'	1º 15'
700 ≤ DN ≤ 900	1º 30'	45’

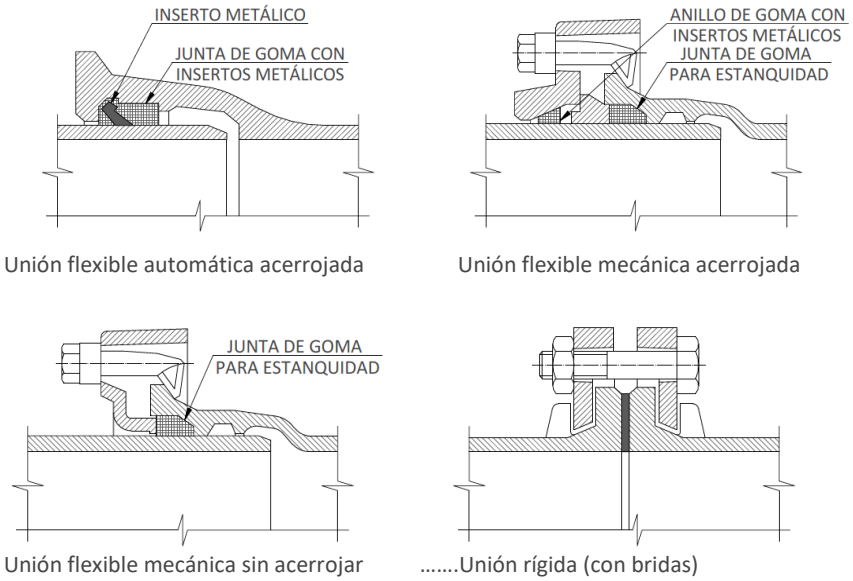


Figura 5. Tipos de uniones en los tubos de fundición dúctil

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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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 con capa de acabado (de color morado, ver apartado II.2.2.4)
- Un revestimiento interior de mortero de cemento de alto horno.

Excepcionalmente, y si así lo acepta la Dirección de Obra, podrán ser admisibles también los siguientes recubrimientos conforme a lo especificado para los mismos en la norma UNE-EN 545:2011:

- Recubrimientos 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 8180:2006.
  - Recubrimiento reforzado de cinc y aluminio con o sin otros metales, con capa de acabado.
  - Polietileno extruido de acuerdo con la norma UNE-EN 14628:2006.
  - Poliuretano según la norma UNE-EN 15189:2008.
  - Mortero de cemento reforzado de acuerdo con la norma UNE-EN 15542:2009.
  - Cintas adhesivas.
- Recubrimientos interiores:
  - Mortero de cemento con mayor espesor.
  - Mortero de cemento con capa de sellado (“seal-coat”).
  - Poliuretano según la norma UNE-EN 15655:2009.
- 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, conforme a lo indicado en la *Tabla 13* (anexo D informativo de la norma UNE-EN 545:2011).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 13. Criterios de selección de los revestimientos exteriores en tubos de fundición según la agresividad del terreno

Agresividad del terreno	***Tipo de revestimiento exterior de los tubos***
Terrenos poco corrosivos	Cinc metálico y pintura bituminosa de acabado.
Terrenos muy corrosivos	Cinc metálico; pintura bituminosa de acabado; manga de polietileno. Cinc-aluminio y pintura de acabado.
Terrenos sumamente corrosivos	Poliuretano. Polietileno extruído. Cinta adhesiva.

La norma UNE-EN 545:2011 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 de este será función de la agresividad del agua transportada como se indica en *Tabla 14*.

Tabla 14. 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 545:2011, las que se indican en la *Tabla 15.*

Tabla 15. Clasificación de las aguas por su agresividad (UNE-EN 545:2011)

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 (SO4-)	400	3.000	No limitado
Magnesio (Mg++)	100	500	No limitado
Amonio (NH4+)	30	30	No limitado

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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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 policloruro de vinilo orientado molecularmente (PVC-O)

II.2.3.1 Consideraciones generales

Los tubos de PVC-O deberán cumplir con lo especificado para los mismos en la norma UNE-EN 17176:2019, siendo requerido el Certificado de producto bajo dicha norma. Durante el periodo de adaptación a la UNE-EN 17176:2019, se considerará de obligado cumplimiento la Norma ISO-16422:2014 y por tanto disponer del Certificado de producto bajo la misma. Finalizada dicha transición, se considerará opcional el cumplimiento de la ISO 16422:2014, y por tanto disponer del correspondiente Certificado.

Su uso se limitará al indicado en el *II.2.1 Generalidades. Mapa de usos*.

Se podrán emplear con presiones nominales (PN) de 1,6; 2,0 y 2,5 MPa.

II.2.3.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones del *I.4,* en los tubos de PVC-O serán de aplicación las específicas para los tubos de PE incluidas en el epígrafe *II.2.4.2 Definiciones.* (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: designación alfanumérica relacionada con las características mecánicas de los componentes de un sistema de canalización y usada a efectos de referencia.

II.2.3.3 Clasificación

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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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*, 400, 450, 500, 560, 630, 710 y 800.

* Fabricación poco frecuente

Se podrán emplear los tubos de PVC-O de presión nominal 1,6 MPa (PN 16), 2,0 MPa (PN 20) y 2,5 MPa (PN 25), y MRS 50,0 N/mm^2 (PVC-O 500) y, por lo tanto, SDR=45,8 y S=22,4 para PN 16, SDR=37 y S=18 para PN 20, y SDR=29 y S=14 para PN 25.

II.2.3.4 Características técnicas

El coeficiente de seguridad C adoptado será de 1,4, admitido por la norma UNE-EN 17176-1:2019 (ver apartado *II.2.4.2 Definiciones*), y considerado igualmente en la Norma ISO 16422.

La tensión de diseño (σ_s = MRS/C) tendrá un valor de 36 N/mm^2.

Para una temperatura de 25 ˚C, el valor de la PFA de los tubos será 1,6 N/mm^2, 2,0 N/mm^2 o 2,5 N/mm^2. Para otras temperaturas, la PFA se obtendrá multiplicando el valor de PN por el factor de corrección o reducción F_c (PFA = PN · F_c), indicado en la *Figura 6*.

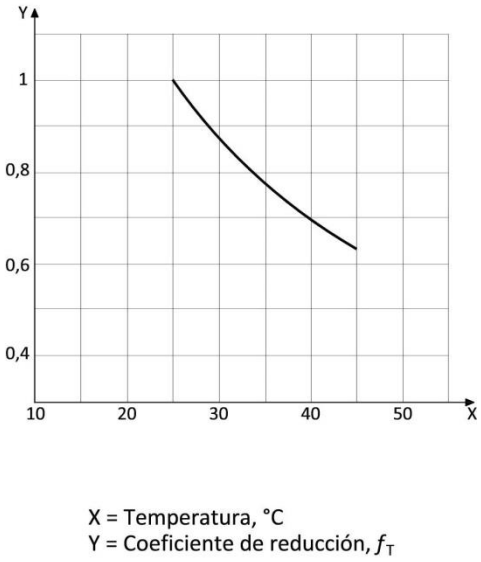


Figura 6. Factor de corrección Fc para T > 25 ˚C (UNE-EN 17176:2019)

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 será 5,2 KN/m^2 para PN 16; 10,2 KN/m^2 para PN 20 y 19,9 KN/m^2 para PN 25.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Entre las características físicas, la temperatura de reblandecimiento Vicat no debe ser inferior a 80 ˚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.

Los tubos serán exteriormente de color morado (preferentemente RAL 4001 ó 4005 o PANTONE 2577 U). En ningún caso se admitirá el color azul.

II.2.3.5 Dimensiones

Las dimensiones normalizadas de los tubos de PVC-O se indican en la *Tabla 16*.

Tabla 16. Dimensiones de los tubos de PVC-O (UNE-EN 17176-2:2019)

DN/OD (mm)	e_n (mm) PN 16	e_n (mm) PN 20	e_n (mm) PN 25
63		1,8	2,2
75	1,7	2,1	2,6
90	2	2,5	3,1
110	2,4	3,1	3,8
125	2,8	3,5	4,3
140	3,1	3,9	4,8
160	3,5	4,4	5,5
180	4	5	6,2
200	4,4	5,5	6,9
225	5	6,2	7,7
250	5,5	6,9	8,6
280	6,2	7,7	9,6
315	6,9	8,8	10,8
355	7,8	9,8	12,2
400	8,8	11	13,7
450	9,9	12,4	15,4
500	11	13,7	17,1
560	12,3	15,4	19,2
630	13,8	17,3	21,6
710	15,4	19,2	24,4
800	17,4	21,6	27,4

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

II.2.3.6 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 7*.

Las juntas tóricas elastoméricas utilizadas para la unión de componentes deberán cumplir con lo especificado en la UNE-EN 17176:2019.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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

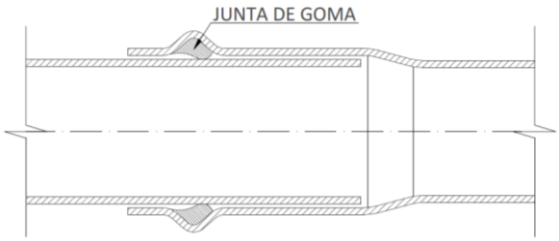


Figura 7. Detalle de unión elástica con anillo elastomérico en tubos de PVC-O

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

II.2.3.7 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 UNE-EN 17176.
- Presión nominal, PN (PN 16, 20 o 25).
- 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.2.4 Tubos de polietileno (PE)

II.2.4.1 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 12201-1:2012 y UNE-EN 12201-2:2012+A1. Su uso se limitará al indicado en el mapa de usos, en el apartado *II.2.1 Generalidades. Mapa de usos*.

Se podrán emplear con presiones nominales mínimas (PN) de 1,6 MPa.

Los tubos de PE para emplear en redes de reutilización de aguas regeneradas, una vez acabados, serán, en general, de color negro con bandas moradas (preferentemente RAL 4001 o 4005, o PANTONE 2577 U). En ningún caso se admitirá el color azul.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

II.2.4.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones del apartado *I.4*, en los tubos de PE serán de aplicación las siguientes:

- Diámetro nominal, DN.

Designación numérica del tamaño de un componente, distinto de la designación del componente por el tamaño de rosca que es un número, convenientemente redondeado, aproximadamente igual a la dimensión de fabricación en milímetros (mm) y relacionado con el diámetro exterior.

- 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.

Número adimensional para designar el tubo.

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

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

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 o reducción, F_c (ver epígrafe *II.2.4.4 Características técnicas*).

- 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- 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 17.*

Tabla 17. 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

- 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:

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

- 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).

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

II.2.4.3 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.2.4.2 Definiciones*).

Se podrán emplear los siguientes diámetros normalizados para los tubos de PE: 90, 110, 125, 140, 160, 180 y 200.

Los tubos de PE de presión nominal 1,6 MPa (PN 16) tendrán un MRS 10,0 N/mm^2 (PE 100) y, por lo tanto, SDR = 11,0 y S = 5,0.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

II.2.4.4 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/mm^2.

El coeficiente de seguridad o de diseño C adoptado será de 1,25, propuesto en la norma UNE-EN 12201 por defecto (ver apartado *II.2.4.2 Definiciones*).

La tensión de diseño (σ_s) tendrá un valor de 8,0 N/mm^2.

Para una temperatura de 20 ˚C, el valor de la PFA de los tubos será su PN. Para otras temperaturas, la PFA se obtendrá multiplicando el valor de PN por el factor de corrección o reducción F_c (PFA = PN F_c) indicado en *Figura 8*.

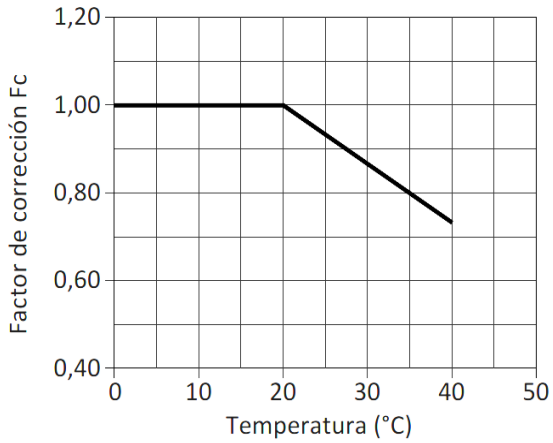


Figura 8. Factor de corrección Fc para T > 20 ˚C (UNE-EN 12201)

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_o, será, como mínimo, de 1.000 N/mm^2 y a largo plazo, E_{50}, de 160 N/mm^2. La resistencia mínima a flexotracción a corto o a largo plazo será, respectivamente, 30 ó 14,4 N/mm^2.

II.2.4.5 Dimensiones

Las dimensiones normalizadas de los tubos de PE para su instalación en las redes encomendadas a Canal de Isabel II serán las que se indican en la *Tabla 18* y en la *Figura 9*.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 18. 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).*

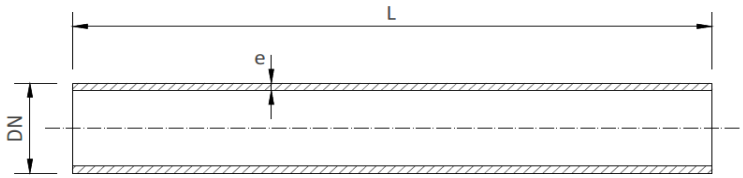


Figura 9. Dimensiones de los tubos de PE

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.

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

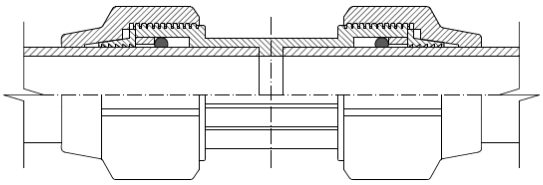
II.2.4.6 Uniones

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

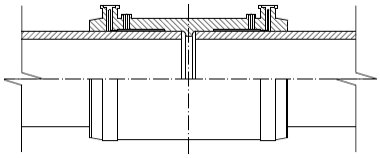
- Uniones por fusión:
  - Unión por electrofusión (por embocadura o por solape)
  - Unión por fusión a tope
  - Unión mediante fusión por solape
- Uniones mecánicas
- Unión mediante accesorios de compresión
- Unión mediante bridas

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

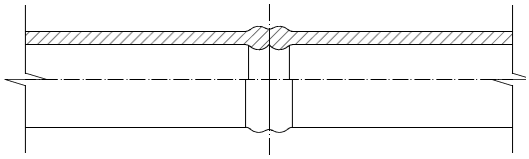
Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.



Unión mediante accesorios mecánicos



Unión por electrofusión



Unión mediante fusión a tope

Figura 10. 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 soldadura térmicamente a tope sólo será aplicable a tubos de DN mayor o igual a 200 y bajo la autorización expresa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

II.2.4.7 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, 20 o 25).
- 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.2.5 Tubos de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)

II.2.5.1 Consideraciones generales

Los tubos de PRFV deberán cumplir, en general, con lo especificado en la norma UNE-EN 1796:2014. Su uso se limitará al indicado en el epígrafe *II.2.1 Generalidades. Mapa de usos*.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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

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.2.5.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones de I.4 *Definiciones*, en estos tubos son de aplicación las siguientes:

- Tamaño nominal, DN.

  Designación alfanumérica del tamaño de un componente, que es un número convenientemente redondeado aproximadamente igual a la dimensión de fabricación en milímetros y que puede aplicar tanto al diámetro interno (DN-ID) como al externo (DN-OD).

  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)

  Designación alfanumérica utilizada para clasificar la presión, con un valor numérico igual a la resistencia de un componente de un sistema de canalización a la presión interna, cuando se expresa en bares.

- Rigidez circunferencial específica (S)

  Característica física de un tubo, expresada en Newtons por metro cuadrado (N/m^2). En una medida de la resistencia a la deflexión circunferencial por metro de longitud bajo carga externa y está definida por la ecuación.

$$S = \frac{E\ x\ I}{d_m^3}$$

Siendo:

S rigidez circunferencial específica (N/m^2).
E módulo de elasticidad aparente, calculado a partir del resultado del ensayo de rigidez circunferencial, es decir, de la Norma ISO 7685, expresado en newtons por metro cuadrado (N/m^2).
I momento de inercia cuadrático del área en la dirección longitudinal por metro de longitud, en metros a la cuarta potencia por metro (m^4/m).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

$$I = \frac{e^3}{12}$$

donde:

e espesor de la pared (m).

Dm es el diámetro médio del tubo, en metros (m).

- Rigidez circunferencial específica inicial (S_0)

Valor de S_c obtenido cuando se realiza el ensayo conforme a la Norma ISO 7685, en newtons por metro cuadrado (N/m^2).

- Rigidez circunferencial específica calculada a largo plazo ($S_{x,\ húmedo.}$)

Valor calculado de S a x años, obtenido mediante la ecuación:

$$S_{x,\ húmedo} = S_0 \times \alpha_{x,\ húmedo}$$

Siendo $\alpha_{x,\ húmedo}$ el factor de fluencia en húmedo.

- Rigidez nominal (SN).
- Designación alfanumérica para clasificar la rigidez, que tiene el mismo valor numérico que el valor mínimo requerido de la rigidez circunferencial específica inicial S_0, cuando se expresa en newtons por metros cuadrado (N/m^2).

II.2.5.3 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.2.5.5.*

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 19*. También se indican los valores de la PMA calculados según el manual AWWA M45.

Tabla 19. 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 de Canal de Isabel II extraídos de la UNE-EN 1796 serán 5.000 y 10.000

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

II.2.5.4 Características técnicas

La rigidez a corto plazo (S_0) deberá ser al menos el valor de la SN. La relación entre la rigidez circunferencial específica calculada a largo plazo, $S_{x,húmedo}$ a x años, y la rigidez circunferencial específica inicial (S_0) viene dada por la ecuación:

$$\alpha_{x,fluencia,húmedo} = \frac{S_{x,húmedo}}{S_0}$$

La relación entre la resistencia específica inicial mínima a tracción, en N/mm^2, la presión nominal y el diámetro será el indicado en la *Tabla 20*.

Tabla 20. Resistencia específica inicial mínima a tracción (N/mm^2) de circunferencia.

Tamaño nominal DN	***Presión nominal***		
	16	20	25
	Resistencia especifica inicial mínima a tracción (N/mm^2) de circunferencia.		
300	150	175	200
400	190	215	250
500	225	255	300
600	255	295	350
700	290	335	400
800	325	380	450
900	360	420	505

A título orientativo, la rigidez a largo plazo (50 años) suele ser del orden del 40% de la inicial.

II.2.5.5 Dimensiones

En la *Tabla 21* se representan las dimensiones normalizadas de los tubos de PRFV que se podrán utilizar en las redes de Canal de Isabel II (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 21* cumpliendo las tolerancias correspondientes.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 21. Dimensiones (en mm) de los tubos de PRFV (UNE-EN 1796)

DN	Serie A			Serie B1	
	ID mín.	ID máx.	Toler.	OD	Toler.
300	296	306	±1,8	310	+1,0/-1,0
350	346	357	±2,1	361	+1,0/-1,2
400	396	408	±2,4	412	+1,0/-1,4
450	446	459	±2,7	463	+1,0/-1,6
500	496	510	±2,7	514	+1,0/-1,8
600	595	612	±3,6	616	+1,0/-2,0
700	695	714	±4,2	718	+1,0/-2,2
800	795	816	±4,2	820	+1,0/-2,4
900	895	918	±4,2	924	+1,0/-2,6

* 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.

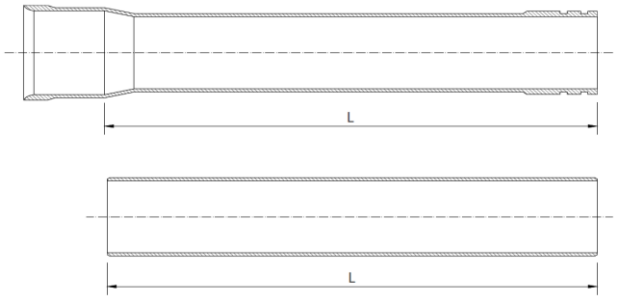


Figura 11. Dimensiones en los tubos de PRFV (tubos con embocadura o lisos)

II.2.5.6 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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 22* El movimiento axial no debe superar nunca el 0,3% de la longitud de los tubos a unir.

Tabla 22. Valores mínimos de la desviación angular admisible de las uniones flexibles (UNE-EN 1796)

DN	***Desviación angular mínima***
DN< 500	3 °
500 < DN ≤ 900	2 °

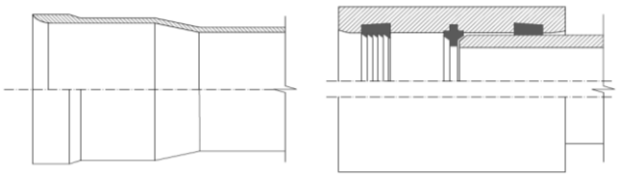


Figura 12. Unión mediante enchufe y extremo liso (izquierda) o manguito (derecha) en tubos de PRFV

II.2.5.7 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.
- 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.
  - 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

II.3 Uniones

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

- Uniones flexibles (UNE-EN 805:2000).

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

  Estas uniones pueden clasificarse a su vez en:

  - Automática (UNE-EN 545:2011)

  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 545:2011)

  Se obtiene la estanquidad mediante la aplicación de una presión sobre la junta por medios mecánicos, por ejemplo, mediante un prensaestopas (contrabrida + junta + brida hembra).

- Uniones rígidas (UNE-EN 805:2000)

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

- Uniones ajustables (UNE-EN 805:2000)

  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 (UNE-EN 805:2000)

  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 (UNE-EN 805:2000)

  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 *II.2 Tubos* 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Ser estancas a una presión hidráulica interior de 0,08 N/mm^2 por debajo de la atmosférica.
- Resistir, sin entrada de agua, una presión hidrostática exterior de 0,2 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 681-1:1996, para el primer caso (juntas elastoméricas), y UNE-EN 1092-1:2019, UNE-EN 1514-1:1997, UNE-EN 1515-1:2000, UNE-EN 1591-1:2014 y UNE-EN 12560-2:2014, 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 1629:2013.

II.4 Piezas especiales

II.4.1 Generalidades

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.
- PRFV.

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

Las piezas especiales, a intercalar entre los tubos de PVC-O serán de fundición dúctil conforme a la norma UNE-EN 12842:2013. Se valorará la instalación de piezas especiales fabricadas en PVC-O, según norma europea UNE-CEN/TS 17176-3, previa autorización expresa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

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 13* y las definiciones de las mismas en el artículo *II.4.2 Definiciones*):

- 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 13* se representan las combinaciones posibles de tipologías de piezas especiales según materiales.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

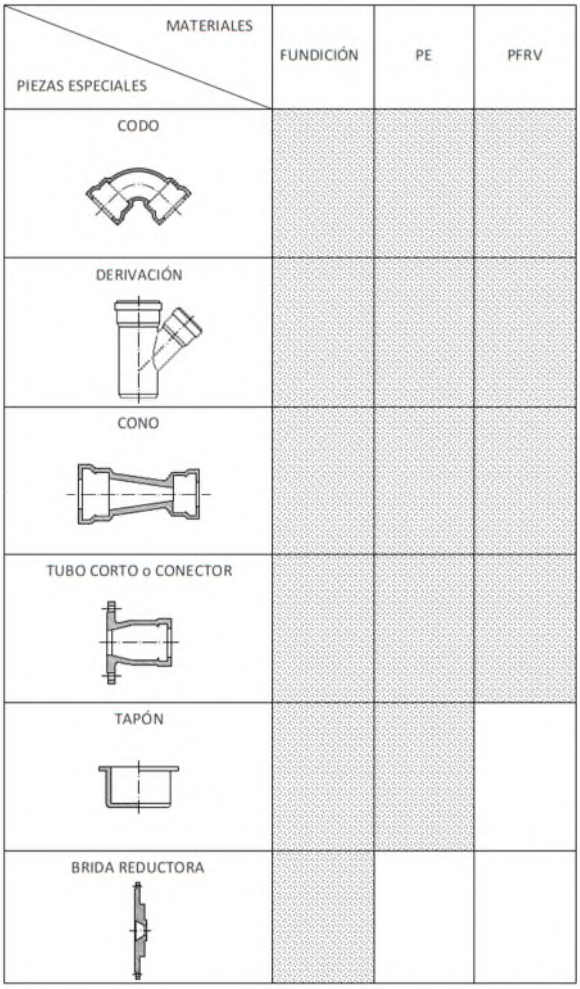


Figura 13. Tipología de las piezas especiales según materiales

Las piezas especiales deberán ser de color morado (preferentemente RAL 4001 ó 4005 o PANTONE 2577 U).

II.4.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones del apartado I.4 *Definiciones*, 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. Deberán ser moldeados a partir de una sola pieza.

- 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Cono o reductor.

Componente que permite variar la sección del tubo a lo largo de una cierta longitud.

- Empalme, adaptador, conector o tubo corto o tubo de conexión.

Componente que consiste en un tubo de pequeña longitud con sus extremos terminados bien en enchufe, en campana 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

Las piezas especiales de fundición dúctil deberán cumplir con lo especificado para las mismas en la norma UNE-EN 545:2011, salvo que se trate de piezas específicas de este material para tubos plásticos, en cuyo caso deberán cumplir lo especificado en la UNE-EN 12842:2013, pudiendo ser de la siguiente tipología:

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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

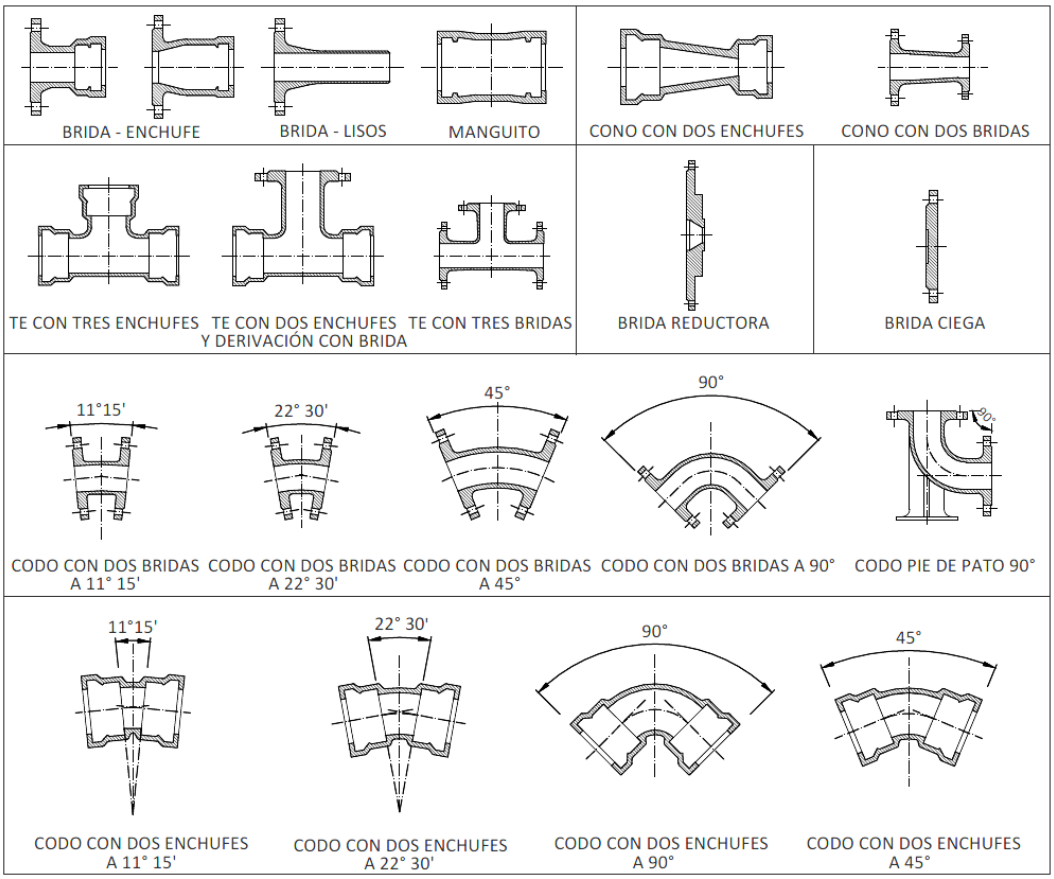


Figura 14. Ejemplos de piezas especiales de fundición dúctil

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 acepta la Dirección de Obra, podrá disponerse algún otro recubrimiento de los especificados en la norma UNE-EN 545:2011.

Las dimensiones de las piezas especiales de fundición dúctil están normalizadas en las normas UNE-EN 545:2011 y UNE-EN 12842:2013, en función del tipo de tubos de que se trate (ver *Figura 14*).

- 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 tipologías de tes a 90˚ (ver *Figura 14*): con tres enchufes, con tres bridas, y con dos enchufes y derivación con brida.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Conos.

Los sistemas de unión normalizados de estos elementos serán enchufe-enchufe o brida-brida (ver *Figura 14*).

- Conectores

Los sistemas de unión normalizados de estos elementos serán brida-enchufe, brida-lisos o manguito (ver *Figura 14*).

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 545:2011, los valores de PFA, PMA y PEA son los especificados en la *Tabla 23* y en la *Tabla 24*. 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 23. Clases de presión de piezas especiales de unión flexible (UNE-EN 545:2011)

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 ≤ 900	30	30	36	41

Tabla 24. Clases de presión de piezas especiales embridadas (UNE-EN 545:2011)

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 ≤ 900	16	20	25	25	30	35			

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.

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.
- Tapones.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

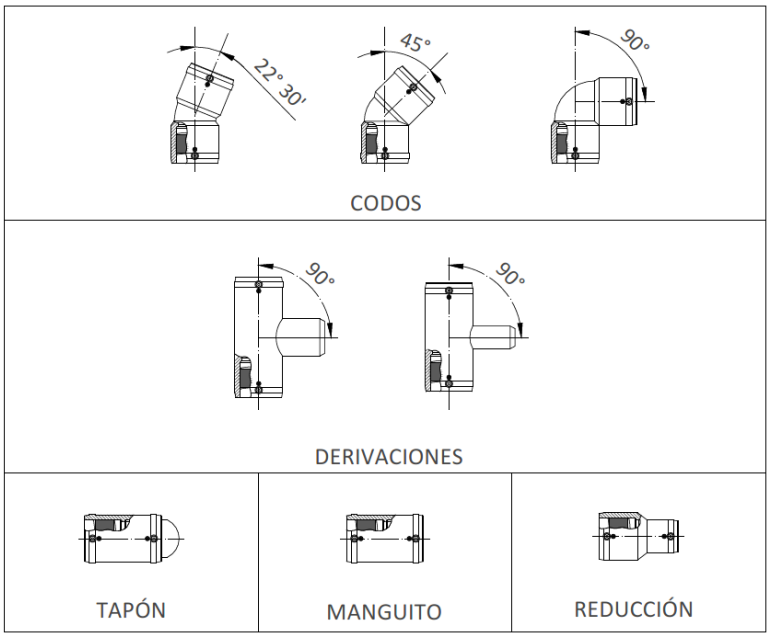


Figura 15. Ejemplos de piezas especiales de PE

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 deberán ser moldeados en una sola pieza.

II.4.3.3 Piezas especiales de PRFV

Deberán cumplir con lo especificado para las mismas en la norma UNE-EN 1796:2014.

Las piezas especiales de PRFV, normalizadas en dicha norma, podrán ser de la siguiente tipología:

- Codos.
- Derivaciones.
- Reductores.
- Conexión embridada.

El amplio diseño y la flexibilidad de fabricación que proporcionan los materiales de PRFV-UP, hace que sea difícil la total normalización de las dimensiones de los accesorios de PRFV-UP. Las dimensiones y tolerancia indicadas como mínimas en el capítulo 6 de la norma UNE-EN 1796:2014, se deberán tomar como indicativo de valores de práctica común y por tanto se permite la utilización de otras dimensiones. El uso de otras dimensiones no impide que los componentes estén cubiertos por esta norma.

Los codos deberán ser moldeados.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

II.5 Elementos hidráulicos de maniobra y control

Las redes de agua regenerada deberán ir equipadas con las necesarias válvulas de seccionamiento (compuerta y mariposa), aeración, control y seguridad que permitan optimizar la explotación de la red.

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 de una o varias capas de resina epoxi-poliamida. Exteriormente se aplicará un revestimiento de acabado de color morado (preferentemente RAL 4001, 4005 o PANTONE 2577 U) como el empleado en los tubos.

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

En el transporte y almacenamiento de las válvulas con bridas y sin recubrimiento interno, deben cumplirse los criterios establecidos en la norma UNE-EN 12351:2010 para evitar la entrada de suciedad y el daño a las superficies de conexión.

II.5.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones del apartado *II.4.2 Definiciones*, en los componentes objeto del presente artículo son de aplicación las siguientes:

- Coeficiente de caudal (KV).

  Caudal de agua (en m³/hora) a una temperatura entre 5 y 40 ˚C que pasa a través de la válvula con el obturador totalmente abierto creando una pérdida de presión estática de 0,1 N/mm².

- 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 son las indicadas en la *Tabla 25*, las cuales se relacionan como se indican con PFA, PEA y PMA (UNE-EN 1074-1:2001).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 25. Relación entre PFA, PMA y PEA con PN en las válvulas (UNE-EN 1074-1:2001)

PN	PFA (N/mm^2) (1)	PMA (N/mm^2) (1)	PEA (N/mm^2) (2)
10	1,0	1,2	1,7
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.
- 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- 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 empleados 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.

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 los siguientes:

Acero	UNE-EN 10028-1:2017, UNE-EN 10028-2:2017
Acero inoxidable	UNE-EN 10088
Fundición dúctil	UNE-EN 1563:2019
Aleaciones de cobre	UNE-EN 1412:2017, UNE-EN 1982:2018, UNE-EN 12165:2017
Juntas elastoméricas	UNE EN 681-1:1996

Para otros materiales el correspondiente proyecto deberá especificar la normativa de aplicación. Los materiales de los distintos elementos constituyentes de las válvulas deberán ser resistentes a las características de las aguas regeneradas.

Se dispondrán macizos de anclaje de hormigón armado en aquellos componentes sometidos a empujes por efecto de la presión, asegurando su inmovilidad. Deberán instalarse, en general, en cámaras o registros, los cuales deberán cumplir lo especificado para los mismos el apartado *II.8 Alojamientos* y en los planos incluidos en el *Anexo 5* de estas Normas.

Las presiones normalizadas, PN, serán 16, 25 y excepcionalmente 40. En la red de distribución y acometidas, con carácter general, salvo especificación en contra, se instalarán válvulas de PN 16.

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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

25, 50, 65, 80, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900

Las dimensiones entre caras opuesta y dimensiones del centro a una cara de las válvulas en canalizaciones con bridas cumplirán la norma UNE-EN 558:2018.

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 26*.

Tabla 26. Velocidad máxima del agua (UNE-EN 1074-1:2001)

PN	***Velocidad del flujo (m/s)***
6	2,5
10	3
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 sea posible 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, 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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

de anclaje (anclado en el muro de la cámara de alojamiento) 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, de acuerdo con la 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. Dispondrá en su exterior de un indicador de posición del obturador que permita, en todo momento, conocer su situación.

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

La unión de las válvulas se realizará, habitualmente, mediante bridas. Se efectuará por lo general intercalando un carrete de anclaje (anclado en el muro de la cámara de alojamiento) 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, de acuerdo con la Norma o Especificación Técnica vigente para Válvulas de Mariposa.

II.5.4.3 Criterios de colocación

Se deben instalar válvulas de seccionamiento delante de las ventosas, 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 1500 metros como máximo 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

II.5.5 Válvulas de aeración

II.5.5.1 Clasificación y consideraciones generales

Las válvulas de aeración a instalar en las redes de reutilización 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 su capacidad responda a las necesidades de evacuación y admisión de aire en la conducción tal y como se indica en el apartado *IV.8.1 Válvulas de aeración*.

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 la 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, de acuerdo con la 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- 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 continúa 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.

Hay que distinguir dos tipos de válvulas de control según su funcionamiento, de control autónomo y no autónomo.

- 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:

  - Válvula 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 la posición de todo el mecanismo 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Válvula de acción pilotada.

  Las válvulas de acción pilotada están integradas por una válvula principal que se encuentra conectada a una válvula piloto destinada a controlar 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 que está 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.

- Válvulas de control no autónomo.

Las válvulas de control de émbolo o paso anular requieren un sistema de control con una fuente de energía exterior para regular la función especificada. 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.

- 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.

- 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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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.

- 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.

- 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:

- Válvulas de cierre automático por sobrevelocidad, aumento de velocidad del agua:

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.

- Válvulas de alivio, aumento de presión aguas arriba:

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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Válvulas de cierre automático por depresión, disminución de presión:

  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 perdida de carga que se produce. El diseño es similar al de las válvulas de control de caudal.

- Válvulas de flotador de cierre en nivel máximo, aumento de nivel de agua:

  Son válvulas de seguridad que se utilizan para evitar que el nivel del agua dentro de un depósito suba por encima del nivel máximo, de esta manera se impide que el agua rebose en el depósito. 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).

- 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 su paso 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 su tiempo de cierre, así como el rango de presiones que se produzcan relacionadas con el fenómeno de golpe de ariete.

- 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

II.5.7 Desagües

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

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 de la cual se deriva el desagüe, 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 recomendable 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.

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:

- Caudalímetros electromagnéticos.

  Se conectarán a la tubería mediante bridas, según UNE-EN 1092-1:2019, 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, estás longitudes serán compatibles con las proporcionadas por el fabricante.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Caudalímetros por ultrasonidos

Se instalarán, preferiblemente, para diámetros nominales de tubería mayores de 800 mm y conexión entre bridas, según la UNE-EN 1092-1:2019.

Estarán 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

Los depósitos que se construyan en las redes de reutilización deberán cumplir con lo especificado al respecto por la norma UNE-EN 805:2000 y UNE-EN 1508:1999.

Se realizará una toma directa de la red de abastecimiento de agua para consumo humano al depósito, que deberá ser conforme con las especificaciones determinadas por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II y aprobada por los mismos. Dicha toma deberá estar situada de tal forma que se evite el posible contacto entre ambas aguas, efectuándose siempre por encima del máximo nivel del depósito (por encima de los aliviaderos), y dispondrá de la correspondiente válvula antirretorno. La acometida de agua para consumo humano se dimensionará de tal manera que se produzca el llenado del depósito en 48 h.

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 *IV.7 Depósitos* y las de gestión de la calidad del apartado *VI.5 Control de la recepción de los depósitos.*

En el diseño del depósito se tendrá en cuenta su integración en el paisaje.

En las *Figura 16* y *Figura 17* se muestran unos esquemas de un depósito con la disposición más frecuente de los elementos necesarios.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

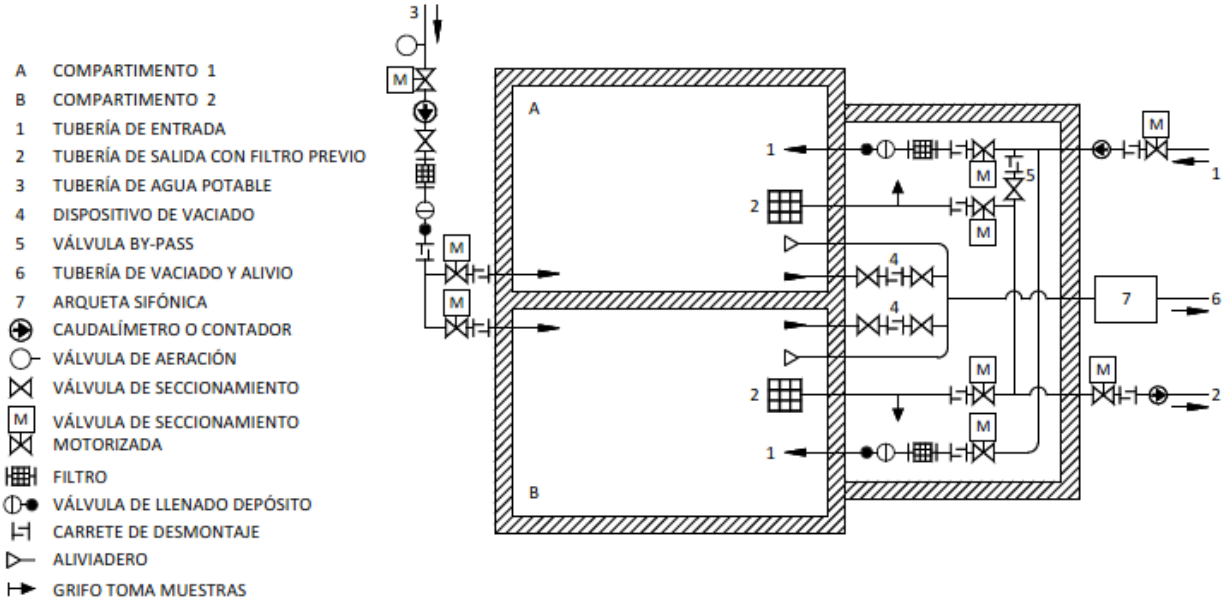


Figura 16. Esquema simplificado de la sección en planta de un depósito

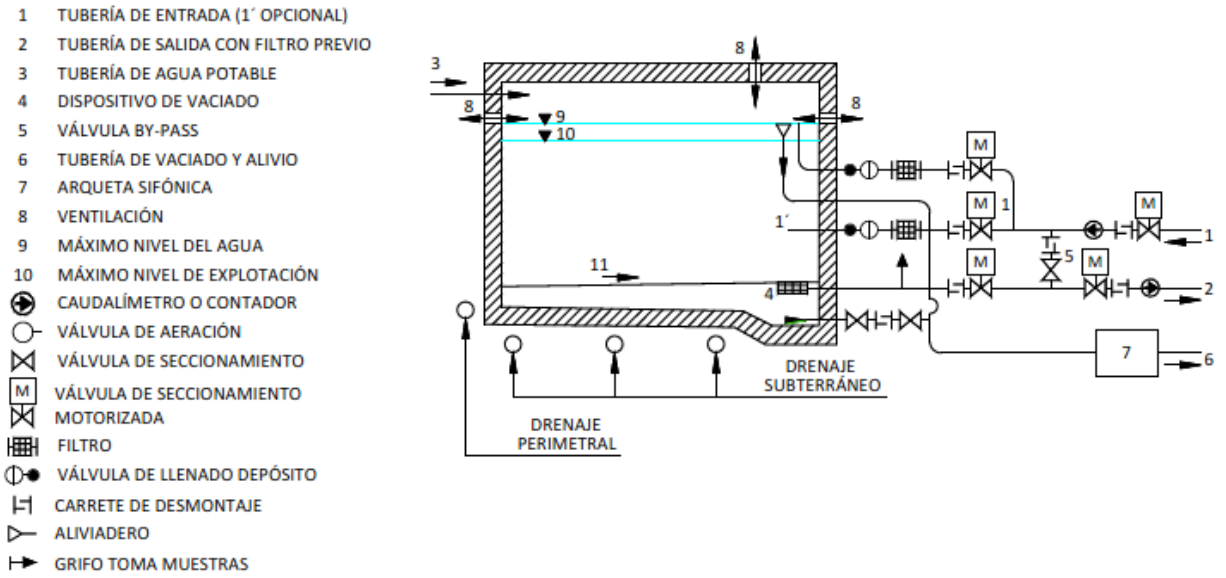


Figura 17. Esquema simplificado de la sección en alzado de un depósito

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

II.6.2 Criterios de diseño

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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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

- El depósito será cubierto y dispondrá de lámina de impermeabilización sobre cubierta.
- Los materiales de construcción de todas las superficies en contacto con el agua cumplirán los requerimientos necesarios para evitar su contaminación.
- Las superficies interiores deberán ser lo más lisas y libres de poros posible con el fin de facilitar la limpieza.
- Se protegerán todas las partes metálicas para su defensa frente a la corrosión.
- 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, la embocadura de las tuberías de entrada y salida deben estar alejadas dentro del depósito para forzar la circulación del agua dentro del mismo. Por este mismo motivo, dispondrán de pantallas o tabiques de guía, de forma que se obligue a la masa de agua a seguir un camino sinuoso entre la toma y la salida. Además, se establecerán sistemas de recirculación de agua mediante la instalación de bombas, bien es seco o bien sumergibles, así como de agitadores, que favorezcan la circulación dentro de cada vaso. Las bombas se situarán en zona próxima a la salida del vaso, impulsando agua desde este punto del vaso a la zona de entrada de agua en el mismo. La bomba de recirculación se dimensionaría para recircular el volumen del vaso en 8 horas.
- 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 rejas, lamas o caperuzas fijas que dificulten la introducción de sustancias en el interior del depósito. Además, se deberá impedir la entrada de radiación solar al vaso del depósito.
- 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.
- 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.

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:

- Los depósitos se diseñarán, como mínimo, con dos compartimentos, de forma que cada uno permita el llenado y/o vaciado de forma independiente para labores de explotación y mantenimiento. 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.
- 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.
- Los dispositivos de seccionamiento, derivación y control se centralizarán en arquetas o casetas, también denominadas cámaras de llaves, adosadas al depósito y fácilmente accesibles.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- 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 m^3 se añadirá alumbrado interior, un pasillo central de inspección y ventilación forzada al final del pasillo.
- 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 el acceso a materiales y equipo necesario de limpieza, mantenimiento y reparación.
- 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.
- Las ventanas de iluminación de la cámara de llaves no serán practicables y dispondrán de enrejado o mallado de seguridad.
- El llenado se realizará normalmente 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.
- 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.
- 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. Sobre la losa del depósito, además, se colocará un mortero para formación de pendientes (como mínimo del 0,3 %) hacia dichas canaletas. Las canaletas de cada uno de los compartimentos dispondrán de un dispositivo de desagüe de fondo consistente en un cuenco desde el que partirá la oportuna conducción de vaciado.
- 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.
- Se instalarán dispositivos medidores de volumen (contadores) o de caudal (caudalímetros) para el registro de los volúmenes o caudales de entrada y de salida, así como dispositivos eléctricos de control del nivel del agua.
- 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.
- Existirá un vertedero de emergencia que evite el sobrellenado 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.
- 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.
- Se instalará una válvula de aeración a la salida del depósito en los casos indicados en el apartado II.5.5.2 Criterios de colocación.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- 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.
- 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.
- 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.
- Se deberá elaborar un manual de explotación del depósito.

II.6.3 Juntas

Las limitaciones en el volumen de hormigonado o la imposibilidad de su continuidad, así como los fenómenos de dilatación y retracción del hormigón, pueden hacer necesaria la ejecución de juntas o 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 losa como las de la unión entre losa 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.6.3.1 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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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, zonas donde se concentran en general esfuerzos de flexión y de cortantes importantes, se comprobarán siempre a esfuerzo rasante.

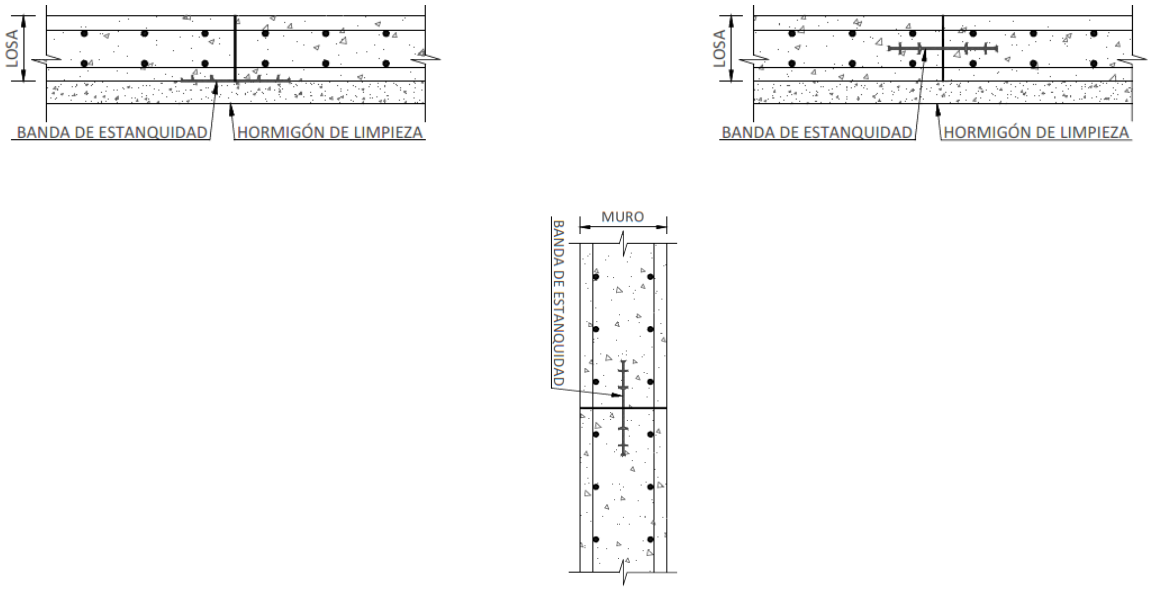


Figura 18. Detalle de junta de hormigonado en losa (arriba) y en muro (abajo)

II.6.3.2 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 1992-3:2011 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

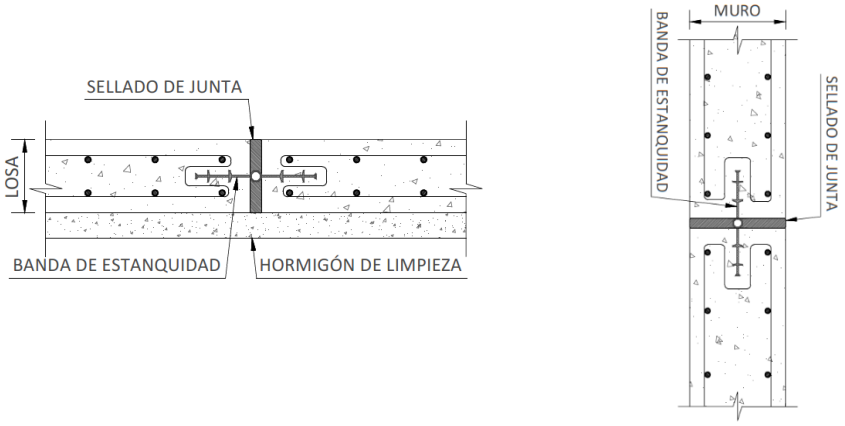


Figura 19. Detalle de junta de dilatación en losa (izquierda) y en muro (derecha)

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 hormigone, del tipo de clima, de la dosificación del hormigón, de su armado, etc.

La *Figura 20* muestra un detalle de junta de retracción en losa y en muro.

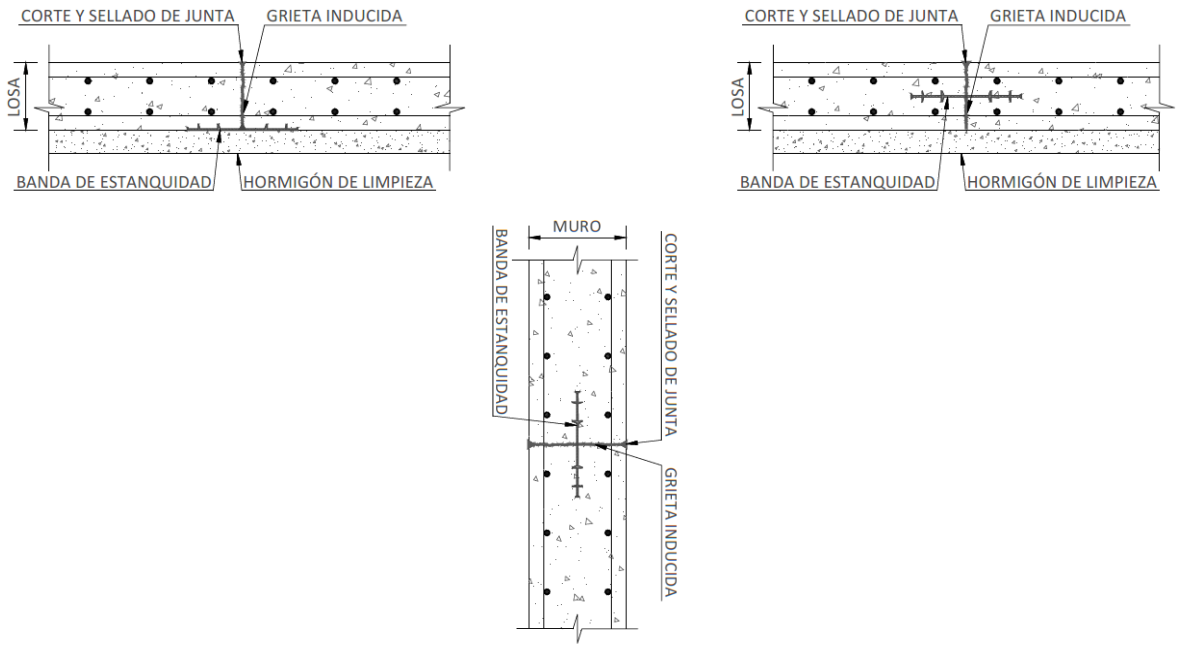


Figura 20. Detalle de junta de retracción en losa (arriba) y en muro (abajo)

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

II.6.4 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.6.4.1 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).
- Una válvula de llenado en cada ramal.
- Un filtro en cada ramal previo a la válvula de llenado.

Para el llenado de la conducción se dispondrán mecanismos de regulación, en general, válvulas de llenado tipo flotador o 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 dispondrán los siguientes equipos:

- Un filtro colador o tamiz al inicio de cada uno de los ramales.
- Un tomamuestras en el ramal común.
- Válvulas de seccionamiento (en lo ramales procedentes de cada uno de los compartimentos y en el tramo común de la tubería).
- Un contador o caudalímetro en el ramal común.
- Una válvula de aeración a la salida del depósito en los casos indicados en el apartado II.5.5.2 Criterios de colocación.

Las tuberías de entrada y de salida se deberán conectar mediante un by-pass o derivación, con dispositivo de seccionamiento, de forma que se permita la conexión eventual de ambas conducciones. En dicho by-pass se deberá instalar una válvula reguladora de presión. Todas ellas serán de acero inoxidable o acero con la adecuada protección a corrosión.

II.6.4.2 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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

cámara de válvulas. Dichas tuberías de vaciado dispondrán de sus elementos de corte previos a la conexión con la tubería de desagüe. La tubería de alivio y desagüe carecerá de elemento de corte alguno.

En cuanto a las tuberías de vaciado, se dispondrá una en cada uno de los compartimentos del depósito, en las cuales se instalarán sendas válvulas de corte (dos por tubería o compartimento). Las tuberías de alivio, vaciado y desagüe, en el interior de la cámara de válvulas, serán de acero inoxidable o acero con la adecuada protección anticorrosión.

II.6.5 Elementos auxiliares

Los depósitos deberán ir provistos con los siguientes elementos auxiliares:

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

Todos ellos deberán cumplir con lo especificado en el artículo *II.10 Elementos complementarios*, si bien, en cualquier caso, todos los elementos que se instalen en el interior de los depósitos deberán ser de acero inoxidable AISI 316 L o de PRFV (poliéster reforzado con fibra de vidrio), este último en el caso de las barandillas y las rejillas trámex. Se permitirán aceros con la adecuada protección a corrosión mediante galvanizado en caliente, en aquellos elementos que así determinen los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

II.6.6 Urbanización

El emplazamiento del depósito tendrá acceso para las visitas rutinarias y los trabajos de mantenimiento.

Todo el perímetro del depósito se protegerá mediante cerramiento de fábrica o valla metálica hasta una altura mínima de 2,20 metros, con puerta de acceso con cerradura.

Se dispondrán los elementos de señalización de la instalación como depósito de agua REGENERADA NO POTABLE, de acuerdo con los criterios de explotación y normas de identificación corporativa de Canal de Isabel II.

II.7 Estaciones de bombeo

II.7.1 Características generales

En el presente apartado se especifican unas prescripciones básicas relativas a los componentes que intervienen en las estaciones de bombeo de las redes de reutilización. Dichas prescripciones se centran en las estaciones de bombeo que aspiran desde depósito a red. En el caso de otro tipo de configuración (bombeo de depósito a depósito, de red a red o de red a depósito) se deberán seguir los criterios de diseño indicados por los servicios técnicos de Canal de Isabel II, tratando de ajustarse, siempre que sea posible, a lo indicado en el presente documento.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Se pretende recoger una serie de criterios hidráulicos y constructivos que han de cumplirse a la hora de proyectar un bombeo a red de nueva instalación o remodelación de existentes. En el caso de remodelación de bombeos existentes, se deberá analizar si las características de las instalaciones permiten su aplicación.

Respecto a los requisitos funcionales, se deberán seguir los criterios marcados por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

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

Independientemente de cuál sea su geometría, todos los compartimentos que integren la estación de bombeo deberán ser accesibles. Dichos accesos deberán ser amplios para facilitar las operaciones de entrada y salida de los equipos que integran la estación de bombeo, y su posible extracción o introducción, 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 un edificio o 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.

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 21*, se muestra un esquema de una estación de bombeo aspirando desde depósito a red, en el que se puede ver la disposición de los diferentes elementos.

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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

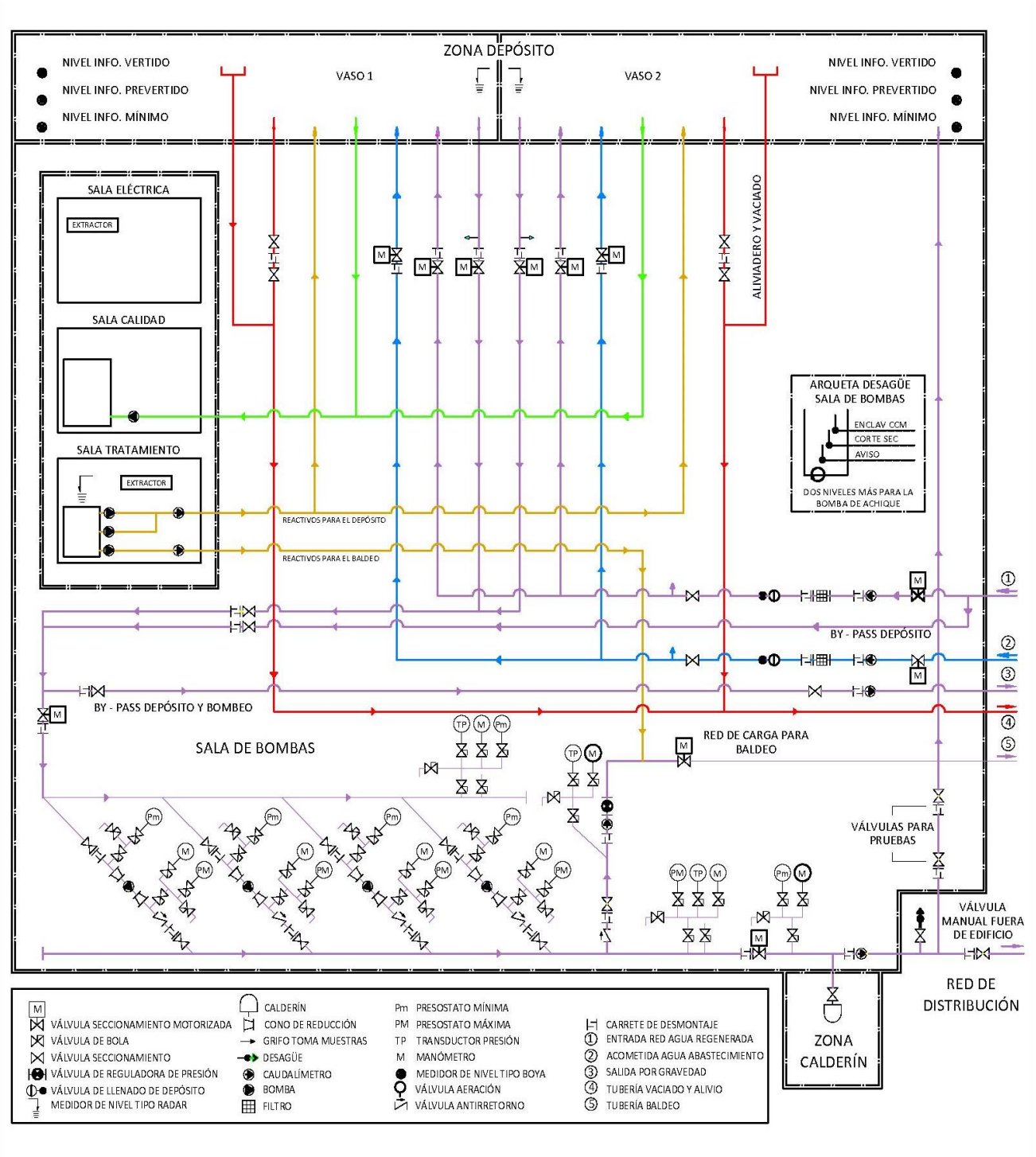


Figura 21. Esquema de una estación de bombeo. Aspiración de depósito a red.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

II.7.2 Bombeo

En general, las bombas estarán fabricadas de fundición dúctil, con su protección anticorrosión correspondiente, a excepción del eje del motor y la tornillería que serán de acero inoxidable. El pedestal o la base soporte serán de fundición dúctil o de acero inoxidable.

Las bombas de las estaciones de bombeo de agua regenerada se instalarán, en general, en seco, pudiendo ser centrífugas o de hélice e instalarse preferentemente en posición horizontal. Para su instalación en posición vertical requerirá la aprobación de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

El número mínimo de bombas a instalar será de n+1 (para cada potencia instalada, siendo n máximo tres), siendo n el número necesario para elevar el caudal requerido en cada hipótesis de funcionamiento, y quedando siempre, incluso en la hipótesis de pleno funcionamiento, 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. El dimensionamiento de los transformadores se realizará para todos los equipos instalados, incluso los de reserva.

Para la elección del número de bombas y sus correspondientes caudales, se tomará como referencia el estudio de los caudales demandados a largo plazo por la red a abastecer, de tal forma que se plantearán distintos escenarios a satisfacer por el grupo de bombeo instalado, dimensionándolas de tal forma que puedan suministrar todo el rango previsto con las presiones adecuadas, buscando en cada caso la mejor estrategia desde un punto de vista de funcionamiento y económico. Se estudiará la programación de las bombas en función del caudal y el rendimiento para que el consumo energético sea el menor posible. Además, deberán garantizar una presión mínima en los puntos más desfavorables de cada uno de los sectores abastecidos.

Una vez definido los grupos motobombas necesarios para la impulsión, será necesario dotar al bombeo de uno o varios equipos auxiliares (calderines/equipos hidroneumáticos), con el objetivo tanto de proteger a los equipos como de optimizar el funcionamiento del bombeo. Su presión de trabajo se corresponderá, como mínimo, con la presión para la que sea proyectada la instalación.

Aunque en bombeos a red (dependiendo de la topografía de cada red) es menos sensible el cálculo del golpe de ariete debido a que la ramificación de la red en cuestión atenúa el posible golpe de ariete generado, será necesario estudiar la instalación de calderines como medida de protección.

Para afrontar la demanda de caudales mínimos por la red evitando o reduciendo el número de arranques y paradas de los grupos motobomba de mayor potencia y caudal, existe la posibilidad de emplear equipos hidroneumáticos, de aportar el caudal mínimo demandado por la red a través del empleo de bombas de menor caudal nominal o bien mediante el by-pass del grupo de bombeo. De esta manera se alarga la vida útil de los equipos.

Es decir, se estudiará la posibilidad de instalar bombas de menor caudal nominal cuyo rendimiento sea óptimo en su curva H-Q para caudales mínimos a abastecer, manteniendo la misma altura de impulsión, dependiendo del caso. De manera compatible, o bien en el caso de que el caudal mínimo de los grupos de bombeo disponibles en el mercado (datos facilitados por los fabricantes) no satisfagan el caudal mínimo demandado por la red (estudio de caudales de la red en cuestión), habrá que estudiar otras opciones, como puede ser la instalación de equipos hidroneumáticos que limiten el número de arranques/paradas de las bombas y ayuden a aportar el caudal mínimo establecido.

En la elección de una o varias de estas opciones se tendrán en cuenta si se trata de bombeos existentes o de nueva implantación y de las horas de funcionamiento y su amortización. Por tanto, las opciones anteriores no son excluyentes, así que el estudio debe abarcar de una manera conjunta todas ellas, o

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

incluso implementar alguna de ellas aun encontrándonos en la situación de disponer de grupos de bombeo que suministren dichos caudales mínimos, debiéndose considerar el estudio económico previo de las distintas soluciones.

La consigna de presión del sistema formado por las bombas grandes y pequeña será configurable. Las consignas estarán comandadas por el PLC, que tendrá en cuenta las curvas de H-Q de las bombas con el fin de programar la secuencia de arranque y parada, para cualquier presión de consigna, optimizando el rendimiento en cualquier situación.

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, salvo que el espacio disponible no lo permita, en cuyo caso se justificará que la distancia es suficiente para mantenimiento. En cualquier caso, todas las bombas deberán estar diseñadas para la misma altura de impulsión.

Para cada rango de potencia arrancará el grupo que menos horas de funcionamiento acumule, siguiendo los criterios de rotación establecidos por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

En función de la demanda de caudal que se tenga en cada momento y manteniendo la presión de consigna prefijada, irán arrancando grupos hasta agotar los grupos que se disponen. En caso de que descendiese el consumo y la presión comenzase a subir, se haría la parada en sentido inverso a la secuencia de arranque.

Excepto en casos debidamente justificados la velocidad de giro del motor no será mayor de 1.500 r.p.m. para reducir el riesgo de problemas de vibraciones. Independientemente de si se instalen o no sondas de monitorización de vibraciones, tanto en la bomba como en el motor, en los lados del acoplamiento y en opuesto, se dejarán previstos puntos para la toma manual de vibraciones (según especifique la normativa vigente o los criterios de diseño usuales en la industria, atornillados…).

Los bombeos se diseñarán con el nivel del agua por encima del eje de la bomba. Se deberá comprobar que el $NPSH_{disponible}$ > $NPSH_{requerido}$ para todas las situaciones contempladas en cada secuencia de funcionamiento. Al valor $NPSH_{requerido}$ se le añadirá un margen de seguridad mínimo de 1,00 m.

Las bombas instaladas en seco se montarán sobre una base soporte. En cualquier caso, los equipos de bombeo nunca se instalarán anclados directamente mediante pernos a la solera.

La documentación de la bomba deberá incluir como mínimo:

- Bajo qué norma y con qué clase de tolerancia se fabrica.
- Las curvas características (caudal-altura).
- Momento de inercia J.
- Curva par-velocidad a válvula abierta y cerrada.
- Medida del NPSH.
- Medida de vibraciones con el rango de alarma y disparo recomendada por el fabricante.
- Hoja de datos del fabricante del motor.
- Tensión, intensidad, potencia y velocidad de funcionamiento de la bomba.

Para el arranque de las bombas en cualquier rango de potencias, se emplearán variadores de frecuencia, programando la secuencia de arranque y parada, limitando el funcionamiento dentro de curva.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Los motores 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 IP54 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, sus motores y los accionadores de estos deberán cumplir con la normativa de seguridad vigente en España para aparatos instalados en locales húmedos y/o mojados, así como con las siguientes Directivas Europeas y sus modificaciones posteriores:

- 2006/42/CE (máquinas).
- 2014/30/CE (compatibilidad electromagnética).
- 2014/35/CE (baja tensión).

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

- UNE-EN 809:1999+A1:2010 (seguridad).
- UNE-EN ISO 12100:2012 (seguridad).
- UNE-EN 60034 (características técnicas máquinas eléctricas rotativas).
- UNE-EN 61000-6 (compatibilidad electromagnética).

II.7.3 Instalación hidráulica e instrumentación

La disposición general, a ajustar en casos especiales, de la instalación hidráulica y de distribución de instrumentación para agua regenerada (aspiración desde depósito a red) se encuentra representada en la *Figura* 21 *Esquema de una estación de bombeo. Aspiración de depósito a red*.

Como norma general las tuberías serán en acero inoxidable. Si se opta por instalar tuberías de acero al carbono, deberán someterse a un tratamiento de galvanizado en caliente o disponerse un sistema de pintado. Será de aplicación los sistemas de pintura recogidos en la norma UNE-EN ISO 12944-5:2018, considerando ambientes clasificados como C5 y durabilidades de pintura altas (A). Los tratamientos indicados se describen en el apartado *II.11 Acabados de superficies*.

Se diseñará el sistema adecuado de protección contra la corrosión de las tuberías que parten del bombeo. Los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II establecerán la necesidad de proyectar protección catódica al objeto de salvaguardar la tubería contra corrientes erráticas.

Todos los picajes han de realizarse en taller a la vez que la pieza donde van instalados y del mismo material, nunca en obra. En principio serán de ½" y con el diámetro constante durante todo el elemento (no reducciones).

Se preverá un picaje de reserva en las tuberías generales de impulsión y aspiración.

En los casos especiales de las tuberías de impulsión y aspiración generales de la instalación se instalarán a la salida del picaje dos válvulas en serie, que generalmente serán válvulas de bola. A partir de estos se instalará toda la instrumentación (manómetro, presostatos y transductores) y bomba de

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

taraje, preferentemente instalados en pared. La valvulería será en acero inoxidable y con el PN que requiera la instalación.

Se instalará en todos los casos tres sensores de detección de inundaciones, y válvulas motorizadas que aíslen la elevadora en caso de inundación, siendo su tipología y funcionamiento las indicadas por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

A no ser que no sea posible constructivamente, se ejecutará un desagüe por gravedad del bombeo a la red de saneamiento o a cauce.

Se motorizarán las válvulas de seccionamiento siguientes:

- Válvula general de aspiración.
- Válvula general de impulsión.
- Válvula general de entrada de agua regenerada.
- Válvulas individuales de entrada y de salida de agua regenerada a cada vaso del depósito.
- Válvula de salida de baldeo.
- Válvula general de entrada de agua para consumo humano al depósito.
- Válvulas individuales de entrada de agua para consumo humano a cada vaso del depósito.

Las válvulas motorizadas podrán ser telemandadas o bien manipuladas desde botonera colocada en la propia válvula. Los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II decidirán al respecto, generalmente en función de la necesidad de su frecuencia de manipulación.

En cualquier caso, de todas las válvulas motorizadas, al menos deben ser telemandas, desde el PLC y mediante bus de campo, las siguientes: válvula general de entrada de agua regenerada a depósito, válvulas de salida de agua regenerada de cada vaso, válvula del colector de impulsión del bombeo y válvula general de entrada de agua potable al depósito. Estas 5 válvulas cerrarán automáticamente en caso de alarma de inundación. Además, las válvulas de salida de agua regenerada de cada vaso permitirán hacer una gestión automatizada o remota de los vasos en servicio.

Siempre que las válvulas sean motorizadas se recogerán las señales de posicionamientos, extremos, alarmas eléctricas y con alimentación en 230 VCA (fuerza) y 24 VCC (control).

Para los tiempos de maniobra de las válvulas motorizadas se tomará el siguiente criterio:

- Válvulas con DN < 500 mm. Tiempo de maniobra de 3 minutos con motor.
- Válvulas con DN ≥ 500 mm. Tiempo de maniobra de 5 minutos con motor.

Se incluirá un doble sello en la unidad de control, tanto en la válvula como en la pared. El controlador dispondrá de capacidad de comunicación mediante bus de campo.

Para el accionamiento manual se dotará a la válvula de reductor y volante, sobredimensionándose un escalón por encima a su diámetro correspondiente, no dotándose en ningún caso de accionamiento mediante palanca.

Los motores del actuador deberán ser seleccionados para que admitan al menos tres maniobras completas y seguidas de las válvulas (sin que actúen las protecciones térmicas). Los actuadores multivueltas se elegirán preferentemente con relación 8:1 para reducir en la medida de lo posible el número de vueltas en el volante. Debe tenerse en cuenta que el empleo de reducciones de elevada relación aumenta el tiempo de maniobra manual y además ocasiona un alto par en el volante que provoca que el operario no perciba el cierre de la válvula, provocando averías.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

En cuanto a su instalación, será tal que en todo caso permita el acceso a los actuadores de válvulas (fundamentado en que el propio actuador con la posición del selector a cero es el sistema de seguridad de la válvula), realizándose el montaje de la unidad de control separada del actuador en una ubicación que permita la visualización de la válvula.

Los calderines/equipos hidroneumáticos serán de cuerpo de acero y con acabado interior y exterior con imprimación epoxi y llevarán 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.

Su diseño 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 antiariete 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.

Como norma general los equipos a presión a disponer en el bombeo serán de la siguiente tipología, salvo justificación en el proyecto:

- ≤ 3000 litros: Calderín/equipo hidroneumático agua-aire de vejiga con instrumentación para diagnóstico de la membrana.
- > 3000 litros: Calderín/equipo hidroneumático agua-aire con equipo compresor externo. El compresor se colocará en interior con filtro de aire y secador. No es necesario compresor de reserva.

En el caso de las impulsiones, las sobrepresiones se calculan teniendo en cuenta un paro no programado de la bomba, utilizando calderines en caso de ser necesario por sobrepresiones o subpresiones.

El calderín debe situarse lo más cercano posible al elemento generador del golpe de ariete, es decir, a las bombas y válvulas, según se recoge en el esquema de instrumentación de la *Figura 21*.

Deberá ser instalado de tal forma que se facilite el acceso a su inspección, estando accesibles las válvulas de llenado, el manguito de conexión a la instalación y la etiqueta de características.

Se observarán las recomendaciones del fabricante para el anclaje del soporte del calderín/equipo hidroneumático.

Se deberá instalar obligatoriamente una válvula de seguridad y un manómetro. Dicha válvula de seguridad se instalará en la tubería de unión del calderín/equipo hidroneumático con la conducción y nunca en la toma superior de que constan los equipos.

La válvula de seguridad estará tarada según la presión máxima de la instalación y nunca superior a la presión máxima admisible del equipo a presión.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Si fuesen necesarios varios calderines/equipos hidroneumáticos para un mismo sistema, tienen que estar unidos mediante un pantalón (deben funcionar exactamente igual). También se unirán las cámaras de aire, si funcionan con compresor único (por la parte superior). Por otro lado, se preverá su vaciado y desagüe.

La tubería de salida de unión del calderín/equipo hidroneumático con la conducción se dispondrá con codo favorable a la circulación de agua.

Hay que tener cuidado con el tramo desde la bifurcación del calderín hacia aguas arriba, ya que cuando se produce una depresión y el calderín aporta agua, lo haría tanto hacia aguas abajo como hacia las bombas, produciendo un efecto indeseado en la aspiración.

No se podrá conectar con el sistema hasta que la presión del agua no sea superior a la presión de hinchado del calderín/equipo hidroneumático, para evitar daños en la vejiga, en caso de ser de esta tipología.

En caso necesario, y a requerimiento de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II, se instalará protección contra vibraciones en bomba y motor.

II.7.3.1 Colectores de aspiración e impulsión

Ambos 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 45º para favorecer la dirección del flujo.

En el caso de estaciones con cámara de aspiración e instalación en cámara seca, el colector de aspiración está constituido por la conducción de la que deriva cada tramo que une la misma con la bomba correspondiente, junto con cada uno de dichos tramos.

Análogamente, el colector de impulsión está constituido por cada tramo de conducción que une las bombas con la conducción de impulsión general, y por dicha impulsión general.

Ambos 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.

El gálibo para tornillería será de 0,5 m entre tubería y pared, y también de 0,5 m entre tubería y solera. En caso de no ser posible esta distancia se hará un rebaje en solera.

Tanto la tubería de impulsión como la de aspiración tendrán su propia fijación y no transmitirá tensiones a la brida de la bomba.

Se pondrá neopreno en todos los apoyos de las conducciones.

Se instalará un by-pass, de diámetro inferior al de la impulsión general, con dos válvulas de corte para las pruebas de la puesta en marcha recirculando el agua al depósito.

Cabe indicar, que para la elección de la válvula de retención se tendrán en cuenta los siguientes factores:

- Velocidad de cierre: se deberá valorar la velocidad de cierre, en función de la necesidad de - laminar los efectos del transitorio en la medida de lo posible.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Pérdida de carga: en determinados casos puede ser interesante elegir la válvula para minimizar las pérdidas de carga.
- Factores económicos.

Adicionalmente se instalarán los presostatos y transductores de presión necesarios para el control de las bombas (ver *Figura 21 Esquema de una estación de bombeo. Aspiración de depósito a red.*).

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 y con una válvula de corte manual que permita aislarlo de red.

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/equipos hidroneumáticos. Éstos deberán situarse a continuación de la unión con los tramos individuales de las bombas y aguas abajo de la válvula motorizada de impulsión (ver *Figura 21 Esquema de una estación de bombeo. Aspiración de depósito a red.*).

II.7.3.1.1 *Condicionantes geométricos del tubo de aspiración*

Sus condicionantes geométricos dependerán principalmente de la forma de acceso de dicho tubo a la cámara, así como de la existencia y disposición de la campana de toma. Para su correcta instalación deberán seguirse las indicaciones del fabricante.

En el caso de que el tubo de aspiración entre horizontal en el depósito, y disponga de filtro en la toma, es conveniente que la aspiración de las bombas tome el agua en el depósito dentro de una poceta rebajada en la solera del propio depósito para que sea útil todo el volumen del mismo (ver *Figura 22*). Las dimensiones de la poceta serán de al menos 1 m de altura bajo la toma de aspiración (A), permitiendo de esta forma situar la tubería de aspiración a la misma cota que la solera del depósito. El ángulo de encuentro (α) entre solera y poceta será de 45º aproximadamente. La distancia del filtro de toma sobre la pared del vaso de aspiración (B) será de unos 50 cm, de forma que permita su correcta instalación y manutención. Asimismo, la sumergencia mínima recomendada será de al menos 1,5 veces el diámetro del filtro.

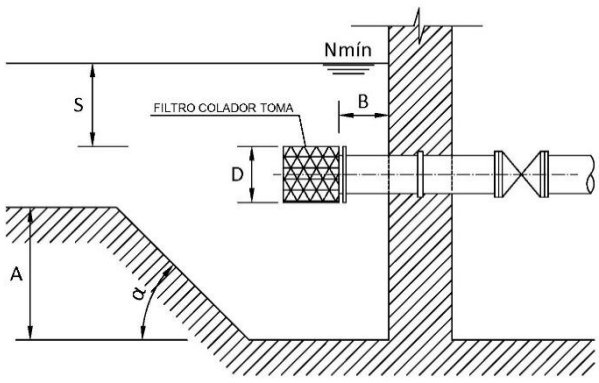


Figura 22. Esquema de condicionantes geométricos orientativos en el tubo de aspiración

En el caso de que el tubo de aspiración sea vertical (*Figura 23*), 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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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 con codo vertical descendente, se seguirán las recomendaciones indicadas en la *Figura 23*.

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.

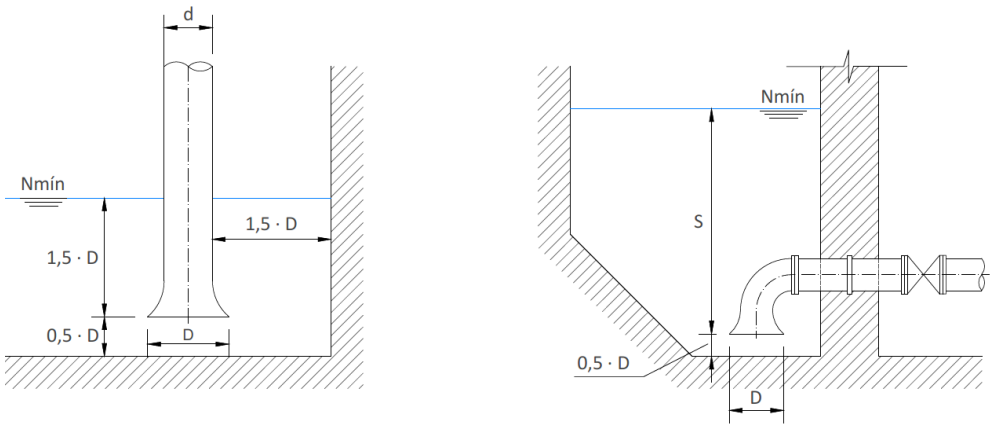


Figura 23. Esquema de condicionantes geométricos orientativos en tubo de aspiración vertical

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.7.3.1.2 *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 *IV.4.4 Velocidad máxima del agua*. No obstante, en tramos muy cortos, como los previos al colector general, pueden permitirse velocidades mayores.

II.7.4 Baldeo

En las estaciones de bombeo se deberá estudiar la necesidad de instalar puntos de suministro de agua regenerada para su utilización como baldeo.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Existen diferentes posibilidades para el llenado de los vehículos, siendo las más habituales las siguientes:

- Ejecución de un pequeño depósito enterrado alimentado por la red de agua regenerada del que cargan los vehículos del baldeo.
- Toma directa desde un punto de la red de agua regenerada.
- Ejecución de una acometida en el depósito de regulación de agua regenerada para el riego de zonas verdes, instalando una dársena, fuera de la parcela del depósito, de la que cargan los vehículos.
- Ejecución de una acometida en el depósito de agua regenerada del propio tratamiento terciario de la Estación Depuradora.

Los puntos de suministro estarán equipados con aquellos elementos necesarios que permitan proporcionar cargas de agua desde un punto de carga, de forma selectiva, a determinados usuarios autorizados, contabilizando de forma diferenciada las distintas entregas para su posterior facturación.

La toma para la alimentación del ramal al hidrante o punto de carga se realizará en el entorno del depósito de agua regenerada, junto a la vía pública.

Para la ejecución de la acometida en el depósito de regulación, dentro de la cámara de bombeo, se estudiará preferentemente la viabilidad de aprovechar las bombas dimensionadas para la red de riego, de tal forma que desde un ramal entroncado a la tubería de impulsión del bombeo se puedan satisfacer las demandas necesarias para baldeo. En caso de no ser viable esta posibilidad se dimensionarán equipos de bombeo independientes para este propósito.

Los componentes con los que contará este sistema se especifican a continuación:

- Entronque en la red para la instalación de la tubería que conformará el ramal de alimentación a hidrante: este entronque permitirá la total independencia del suministro a hidrante, respetando el normal funcionamiento de la alimentación a riego.
- Caudalímetro: se instalará un equipo medidor de caudal para contabilizar el volumen suministrado en cada carga de baldeo.
- Válvula motorizada: este aspecto es importante de cara a la seguridad de la instalación, ya que proporciona una alta autonomía al cierre del suministro en hidrante ante cualquier eventualidad por caída de red, pérdida de señal, etc.
- Cloración: este elemento permitirá transmitir a la derivación la cantidad necesaria de hipoclorito para garantizar la calidad del agua servida en caso de ser necesario.
- Cuadro de control: dispondrá del aparellaje necesario para el funcionamiento de los equipos.
- Armario exterior: se tratará de un armario metálico para instalación en vía pública con espacio registrable independiente. En él se alojará la electrónica de control de identificación y su botonera.
- Dispositivo de identificación: estará compuesto por la electrónica de control y registro de la lectura de tarjetas y la botonera de mando.
- Puntos de carga: se utilizarán puntos de carga situados en un poste o en el suelo.

Por otra parte, se dotará también a la conducción que llega hasta el punto de carga, de una válvula automática de corte y aislamiento. Esta válvula únicamente se abrirá en el momento en que se

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

autoriza la maniobra de carga o se realiza una maniobra manual en la botonera o en el propio control del depósito.

A la hora de dimensionar la impulsión de la instalación de carga sobre camión, se partirá de la premisa de unos tiempos máximos de llenado de camiones, que oscilen entre 10 y 15 minutos, lo que supone unos caudales comprendidos entre los 40 a 60 m^3 /h. Las bombas tendrán que trabajar a un régimen mínimo para mantener una presión máxima de llenado de 30 m.c.a. que sea suficiente para compensar las mínimas pérdidas de carga que se van a producir en las tuberías y elementos de la instalación.

El procedimiento de carga se fundamenta en el control de la entrega de agua en el punto de carga sobre camión. Este control se realizará basándose en dos aspectos principales como son la identificación del usuario y la medición individualizada por punto de carga del agua suministrada para su control, registro y facturación.

II.7.5 Obra civil

II.7.5.1 Cimentación equipos

Al margen de los cálculos estructurales completos del proyecto de la estación de bombeo se deberá asegurar una correcta fijación del grupo motobomba. Tal y como se indica en el apartado *II.7.2*, los equipos de bombeo nunca se instalarán anclados mediante pernos a la solera, se montarán sobre una base soporte, pudiendo disponerse de carril guía en caso de bombas sumergibles. La cimentación de la bancada cumplirá al menos con las siguientes características generales:

- Ha de realizarse independientemente para cada grupo.
- El largo y ancho debe exceder como mínimo 200 mm de la bancada del grupo.
- El tamaño recomendado será tal que proporcione un peso al menos de un 50% más que el equipo sustentado. Por lo que, una vez fijadas las dimensiones en planta con el criterio anterior, considerando una densidad del hormigón de 2300 kg/m^3 podemos determinar su altura: H = 1,5·W/L·A·2300, siendo W el peso del grupo motobomba, L y A los lados de la cimentación y H su altura.
- El factor de seguridad a considerar para la carga transmitida al terreno será de 2,5, respecto a la tensión admisible del terreno obtenida del estudio geotécnico correspondiente.
- La cara superior del anclaje debe quedar perfectamente nivelada para la posterior colocación de la bancada (con lechada autonivelante, por ejemplo).
- Para evitar corrosión en la bancada por posibles charcos se dará un suplemento de 5 cm como mínimo de altura respecto solera.
- El macizo se ejecutará solidariamente a la bancada mediante unas varillas o pernos de anclaje con una métrica según fabricante del grupo. Se dejarán las cavidades cuadradas necesarias (de 10-20 cm) debajo de cada taladro de la bancada y con profundidad suficiente. De forma optativa también se puede rellenar los huecos de la bancada con lechada.

Además de las consideraciones indicadas se seguirán las recomendaciones facilitadas por los fabricantes.

Se deberá comprobar la alineación de los grupos una vez instalados.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

II.7.5.2 Edificio de bombeo

El edificio deberá tener las dimensiones adecuadas para el correcto acceso (escaleras, trámex ...) y montaje de todos sus elementos (válvulas, carretes de desmontaje, bombas…).

Las entradas a los equipos y a los elementos de conexión y maniobra como son las cajas y botoneras se realizarán preferentemente por su parte baja y mediante prensaestopas (seleccionados del diámetro adecuado para su correcto ajuste) dejando unos centímetros sin entubar en la transición para favorecer la ventilación de los tubos y evitar las condensaciones.

Se instalarán los equipos de tal manera que no se vean mermadas su resistencia IP, que en ningún caso será inferior a IP54 para aquellos equipos en el exterior de armarios eléctricos.

Se deberá incluir en proyecto placas de toma de tierra para la conexión de las armaduras de los edificios, elementos muy necesarios que garantizan la correcta puesta a tierra de los elementos de obra civil y facilitan la instalación de la red de masas de BT del conjunto de la instalación.

Los elementos auxiliares que sea necesario instalar en las 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 artículo *II.10 Elementos complementarios.*

El edificio de bombeo dispondrá de salas independientes como pueden ser la sala de bombas, la sala eléctrica, la sala para calidad de las aguas, la sala de tratamiento…

Algunos condicionantes de estas salas se describen a continuación:

- Sala de bombas:

  Se evitarán diseños en los que las bombas estén en contacto con espacios con agua libre, para evitar la degradación de los equipos.

  En esta sala se dispondrá una arqueta sifónica, con pendientes adecuadas hacia ella en la solera de la sala, para la captación de agua de inundación y su evacuación. Dicha arqueta desaguará por gravedad, siempre que sea posible, y si no, mediante bomba de achique. En este último caso, la arqueta será lo suficientemente grande como para albergar dicha bomba y las sondas anti-inundación sin que haya interferencia entre estos equipos para su buen funcionamiento.

  Se pondrá puerta de dos hojas (dimensiones mínimas 3,20 m), que deberán abrir hacia fuera.

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

  - 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, 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.

  Se deberá ejecutar en el interior del edificio una plataforma fija desde la que poder acceder al mantenimiento de los equipos del polipasto o puente grúa: cuadros eléctricos, carro de elevación,

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

etc., cumpliendo con los requerimientos en materia de prevención de riesgos laborales. En cualquier caso, siempre que sea posible, el cuadro eléctrico se instalará a nivel de suelo.

Los cables serán tendidos preferentemente en bandeja plástica o de rejilla cuando la canalización discurra en pared, y a través de tubo embebido en obra civil cuando las canalizaciones eléctricas discurran en solera o a través del macizo.

A efectos de proteger el cable contra cualquier daño que provoque el acortamiento de su vida útil, se tendrá en cuenta el radio mínimo de curvatura de los cables, dependiente del tipo de cable y de su sección, y que será facilitado por el fabricante del cable.

La superficie en planta del macizo de anclaje será superior a la superficie de la bancada del grupo de bombeo, de forma que exista un margen suficiente para que la bancada no interfiera con la salida de la canalización eléctrica del macizo.

- Sala eléctrica:

Los sistemas de control y los sistemas eléctricos se dispondrán en armarios individualizados para cada sistema, instalados en una sala independiente a la cámara de bombeo, por lo que la sala de grupos estará separada de la sala del CCM, aunque en el mismo edificio. Esta última estará a una altura superior y con visual de toda la sala de bombas y existirán pasamuros para realizar conexión de cables con la sala de CCM. Estarán separadas con mamparas transparentes que permitan la visión de los grupos en su operación desde la sala de CCM.

Los variadores de frecuencia se instalarán en armario metálico independiente con protección IP54, para evitar ruido eléctrico y calentamiento de CCM y deben estar lo más cerca posible de las bombas y lo más lejos posible del PLC, para evitar armónicos.

Las ventanas de la sala se han de proyectar a partir de 2,20 m de altura, para disponer de todo el espacio de pared posible a la hora de la colocación de cuadros eléctricos, sin que éstas queden obstruidas por los citados cuadros y puedan disponerse cercanos a la pared.

La puerta de acceso a la sala debe tener al menos 2,50 m de altura para favorecer instalar o sacar los armarios eléctricos. En función de las condiciones particulares de cada proyecto se estudiará la necesidad que las puertas dispongan de rejillas para favorecer la ventilación.

Para el diseño de salas destinadas a uso eléctrico, se deben contemplar unas distancias mínimas para la correcta instalación y mantenimiento de los cuadros eléctricos:

- Distancia mínima entre frentes de armarios: 1,2 m.
- Distancia mínima entre partes posteriores de armarios: 0,8 / 1 m.
- Distancia mínima entre la parte posterior y la pared: 0,8 / 1 m.

- Sala eléctrica:

La sala de calidad albergará los equipos de medida de calidad de las aguas. Esta sala deberá contar con los siguientes elementos:

- Equipamiento de mobiliario y climatización adecuado (mesas, sillas, equipo calefactor y refrigerador…).
- Canalizaciones para interconexión entre la sala de telecontrol y la sala de calidad.
- Panel hidráulico fabricado en acero inoxidable el cual contendrá los equipos de medida y los elementos auxiliares necesarios para el correcto funcionamiento de éste.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Grifo toma muestra.
- Pileta para desagüe del grifo toma muestra.
- Canalizaciones y desagüe necesarios para el circuito hidráulico toma muestra.
- Acometida eléctrica y cuadro auxiliar para la alimentación del panel.
- Cuadro.
- Toma de agua potable.
- Pileta para desagüe del grifo de agua potable.
- Bombeo para elevar agua del desagüe al depósito.
- Bombeo para elevar agua del depósito al panel hidráulico.
- Turbidímetro.
- Medidor de cloro total.

II.7.5.3 Ventilación de la elevadora

Se dispondrán ventanas no practicables, de pavés o similar y protegido con trámex o lamas para evitar vandalismo y dar ventilación y luz natural.

Para la evacuación del calor generado en el interior de la sala de cuadros eléctricos, la sala de transformación (si dispone de ella) y la sala de bombas, deberá posibilitarse una circulación natural de aire como medida preferente de disipación de calor.

Los huecos destinados a la ventilación deberán estar protegidos de tal forma que impidan el paso de pequeños animales, y dispuestos de tal forma que, en el caso de ser directamente accesibles desde el exterior, no puedan dar lugar a contactos inadvertidos al introducir por ellos objetos metálicos. También deberán impedir la entrada de agua.

Se colocará una rejilla del tipo lamas en celosía con malla antipájaros en la parte interior.

Dicha ventilación se diseñará de tal manera que la circulación de aire pase alrededor de los transformadores o CCM's. Es decir, la entrada y la salida del aire estarán en paredes opuestas y a distinta cota.

Se estudiará el diseño del sistema de ventilación/climatización de la sala eléctrica para que la temperatura interior no supere los 35ºC considerando como temperatura ambiente la temperatura media diaria del mes más caluroso. No obstante, el diseño será revisado en función de la temperatura máxima de operación de los equipos alojados en la sala.

En el caso de colocar los cuadros eléctricos en un espacio que no disponga de ventilación natural suficiente, se estudiará la necesidad de garantizar la renovación de aire con extractores o la instalación de equipamiento de aire acondicionado (con equipos de reserva) y ventilación de los armarios en lugar de extracción. Se tendrá especial cuidado cuando se dispongan de variadores de frecuencia en las salas eléctricas.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

II.7.5.4 Canalizaciones eléctricas

Se diseñarán las atarjeas desde el punto de vista del mantenimiento, intentando que tanto su ancho, como su profundidad sean lo mayor posible, para que un operario pueda trabajar dentro, evitando trabajar en posturas incómodas. Por otro lado, las atarjeas estarán alineadas con los frontales de los cuadros, dejando un hueco libre en su parte posterior (que se cubrirá pertinentemente).

Los conductores que vengan del exterior a las salas eléctricas lo harán a través de arquetas eléctricas exteriores, con un adecuado drenaje que evite la entada de agua, de tal manera que no pueda llegar a dichas salas, evitando daños en el equipamiento eléctrico.

Se incluirá en el proyecto tapas para las atarjeas (preferiblemente de material aislante).

Deberán tener una ligera inclinación hacia los pozos de recogida o estarán provistas de tubos de desagüe. Es necesario acometer a la red de drenaje de la urbanización tanto las atarjeas como las arquetas eléctricas, para evitar sus posibles inundaciones.

II.7.5.5 Eliminación de ruidos

Las estaciones de bombeo deberán cumplir con la Legislación vigente en materia de ruidos:

- Ley 37/2003, de 17 de noviembre del Ruido.
- Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

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.7.6 Instrumentación

II.7.6.1 Instalaciones básicas

En el interior de la sala eléctrica se colocará un armario que contenga el cuadro eléctrico con los automatismos necesarios para, al menos, las siguientes operaciones:

- Parada de las bombas por presiones máximas y mínimas.
- Protecciones térmicas de los motores.
- Sistemas de transmisión de señales.
- Alarmas.
- Niveles en depósitos.

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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

II.7.6.2 Equipos de medida y señales

La instrumentación comprende los equipos de medición, que traducen una variable física a una señal de medida.

- Señales individuales: son aquellas que corresponden a un conjunto de motor-bomba.
  - Presión: se instalará un presostato de máxima presión en la impulsión de cada bomba y otro de mínima en la aspiración.
  - Vibraciones: constan de sondas para proteger los equipos. Dependiendo del tipo de motor-bomba, será adecuado instalar protecciones contra vibraciones o no. A partir de 300 kW de potencia eléctrica de cada motor, se instalarán protecciones contra vibraciones en bombas y motores.
  - Temperatura: del mismo modo que la protección contra vibraciones, son sondas para la protección de equipos y se instalarán de tipo PTC o PT100 según el siguiente criterio:
    - $10 < P \leq 40$ kW: 3 PTC serie, 150º C disparo.
    - $40 < P \leq 150$ kW: 6 PTC (3+3 serie), 130º C alarma y 150º C disparo.
    - $P > 150$ kW: 3 PT100.
  - Manómetro: deberán ser conformes a la norma UNE-EN 837 y se instalará en la impulsión de cada bomba.
- Señales de sistema: son aquellas que miden parámetros generales del bombeo, más allá de los necesarios para cada elemento en particular.
  - Señales correspondientes al tratamiento del agua.
  - Caudalímetros electromagnéticos: generalmente, en las estaciones de bombeo se instalarán caudalímetros electromagnéticos, que exigen menos longitudes de tramos rectos tranquilizadores por la presencia de elementos perturbadores (bombas, válvulas, codos, reducciones…), tanto en el tramo previo como en el posterior, que los ultrasónicos. Estos caudalímetros cumplirán las condiciones indicadas en el apartado II.5.8. Se considerarán los reflejados en la Figura 21 Esquema de una estación de bombeo. Aspiración de depósito a red.
  - Presostatos y sondas de presión del sistema: equipos sensibles a presión colocados bien en la aspiración o bien en la impulsión general del sistema. Tienen funciones de operación y funciones de seguridad. Se instalarán los indicados en la Figura 21.
  - Inundación: se incluirá bomba de achique para la elevadora, a la que irá asociada tres sondas de nivel. Estas sondas funcionarán según se vayan superando los niveles de inundación, que serán los siguientes:
    - Aviso: con la activación de este primer nivel, se detectará la presencia de agua en el pozo de achique, y se creará un aviso.
    - Corte de secuencia: con el segundo nivel, se creará un corte de secuencia (el equipo vuelve a funcionar automáticamente si desaparece el nivel de inundación).
    - Enclavamiento en CCM: con el tercer y último nivel, se creará un enclavamiento en CCM (el equipo se detiene definitivamente hasta que un operador no lo rearma).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Niveles de calderín: en los casos donde se instalen calderines de aire comprimido, existirán tres sondas de presión para indicar los distintos niveles de carga del propio calderín.
    - Paro de Carga
    - Carga
    - Alarma
- Para el caso de los calderines de vejiga se instalará la instrumentación de diagnóstico del estado de la membrana (sondas de humedad) cuando sea posible.
- Niveles de depósito: para controlar el estado del depósito, se instalarán los siguientes elementos por cada vaso:
    - Nivel analógico mediante medidor tipo radar: estará formado por una unidad sensor, de grado de protección IP68, y una unidad transmisora. Ambas serán independientes
    - Niveles digitales de instrumentación (3 unidades).
        - Nivel de mínimo
        - Nivel de máximo (prevertido)
        - Nivel de máximo (vertido)
    - Boyas de mínimo para protección de aspiración (2 unidades).
- Manómetros: serán conformes a la norma UNE-EN 837 y se instalará en las ubicaciones indicadas en la Figura 21.

Los manómetros, presostatos y transductores de presión tendrán un rango de medida acorde a la presión disponible en el punto en el que serán instalados, prestando especial atención en los instrumentos que se coloquen en la zona de aspiración del bombeo debido a que en este punto se pueden dar presiones relativas negativas.

Los presostatos o interruptores de presión son aparatos que cierran o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido, mientras que los transductores de presión convierten la presión en una señal eléctrica variable con base al rango de presión.

II.7.6.3 Sistema de supervisión y control. 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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 (EA, SA) o digitales (ED, SD) según el parámetro a controlar:

- Las asociadas a la instrumentación relacionada en el punto II.7.6, según el siguiente balance:
- Por transductor de presión: 1 EA.
- Por caudalímetro: 1 ED; 1 EA.
- Por medidor radar: 1 EA.
- Según sistemas y equipos:
- Cuadro de alarmas de CT: 8 ED por transformador y 2 ED de celda de protección general más conectividad bus para relé de protección.
- Grupo electrógeno (cuando lo haya): 2 ED.
- CGBT/CCM, servicios generales:
  - Por disyuntor motorizado de acometida: 4 ED; 2 SD.
  - Por disyuntor motorizado de grupo electrógeno fijo: 4 ED; 2 SD.
  - Por disyuntor batería de condensadores: 3 ED.
  - Por disyuntor salida cuadro general de alumbrado: 3 ED.
  - Por disyuntor a SSAA CGBT/CCM, SAI o cuadro secundario: 1 ED.
  - Por disyuntor tensión de mando: 1 ED.
  - Por disyuntor leds de señalización: 1ED.
  - Por disyuntor bote fijo de condensadores: 3 ED.
  - Por todos los servicios auxiliares de CGBT/CCM (calefacción, ventilación, alumbrado): 6 ED.
  - Por analizador de red: 2 ED; 2 EA; conectividad bus de campo.
  - Por descargador de tensión: 1 ED.
  - Por vigilante de tensión: 1 ED.
  - Por SAI: 4 ED.
- Cuadro de control:
  - Protección general, salida SI, instrumentación, 24Vdc, 24Vac, 230Vac, PLC, etc: 10 ED; 3 SD (resets).
  - Por grupo motobomba con sensor vibraciones: 1 ED; 2 EA.
  - Por señal humedad (bomba achique): 1 ED.
  - Por motor con PTC en devanados: 3 EA.
  - Por motor con PT100 en devanados: 3 EA.
  - Por motor con PT100 en cojinetes: 2 EA.
  - Por bomba con PT100 en cojinetes: 2 EA.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Por presostato: 1 ED.
- Por boya: 3 ED.
- Por electroválvula: 2 ED; 1 SD.
- Por detección de inundación: 3 ED.
- Por alta temperatura en sala: 1 ED.

- Motores:
  - Por presostato máx. presión para motor: 2 ED.
  - Por analizador de redes para motor: 2 ED; 2 EA; conectividad bus de campo.
  - Por motor, señales comunes (defecto mecánico, eléctrico, estado, disparo magnético, térmico, etc.): 11 ED; 1 SD.
  - Por motobomba de achique con arranque directo (AD): 13 ED; 1 SD.
  - Por extractor AD: 9 ED; 1 SD.
  - Por motor genérico AD (seta, botonera, conf. Marcha, etc.): 4 ED; 1 SD.
  - Por motor genérico AD + limitador de par: 4 ED; 1 SD.
  - Por motor genérico AD + sonda humedad + PTC: 4 ED; 1 SD.
  - Por motor con arrancador suave: 4 ED; 1 SD.
  - Por motor con arrancador estático: 4 ED; 1 SD; conectividad bus de campo.
  - Por motor con variador de frecuencia: 4 ED; 1 SD; 1 SA; conectividad bus de campo.
  - Por válvula/compuerta con inversor integrado no telemandado: 7 ED; 4 SD; 1 EA.
  - Por válvula/compuerta con inversor en cubículo: 7 ED; 2 SD; 1 SA.
  - Por válvula/compuerta con inversor integrado y telemandado por bus: 5 ED; 4 SD; 1 EA; conectividad por bus.
- Por cuadro de variadores de frecuencia: 6 ED.
- Cuadro general de alumbrado:
  - Analizador de red: 2 ED; 2 EA; conectividad bus de campo.
  - Descargador de sobretensiones: 3 ED.
  - Disyuntor de acometida: 3 ED.
- Comunicación serie RS232 o 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- 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, al menos, los siguientes parámetros de funcionamiento:

- Nivel máximo y mínimo en los vasos del depósito, en su caso.
- Velocidad máxima y mínima de funcionamiento de las bombas.
- Presión máxima y mínima de funcionamiento.
- Mandos para controlar el paro o marcha de las bombas y su velocidad de funcionamiento (cuando el selector esté en situación LOCAL).

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.7.7 Equipos de regulación de caudal

Para el arranque y regulación de las bombas se emplearán variadores de frecuencia.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Cada una de las bombas se equipará con un variador de frecuencia para la regulación de la velocidad, y, por lo tanto, de su caudal de bombeo. Para ello, deberá instalarse un sistema de medición de presión a la salida del bombeo (ver *Figura 21*).

Los variadores deberán cumplir con las especificaciones de la norma UNE-EN 61800.

El variador de velocidad dispondrá de una Intensidad Nominal 1,25 veces mayor a la Intensidad nominal del motor que accione cada bomba.

La regulación de la velocidad se realizará mediante una entrada de 4-20 mA, en correspondencia con las revoluciones de la bomba. La impedancia de entrada al variador para dicho control no será inferior a 20 kΩ.

La conexión del motor será:

- Tensión de salida: de 0 V a Ventrada
- Frecuencia: 0 a ±200 Hz.
- Intensidad de salida: 1.2 veces la Intensidad nominal del motor.
- Potencia del motor: 50-150% de la $P_{nominal}$ del variador.
- Frecuencia de modulación: 8-16 KHz.
- Sobrecarga:
  - 150 % de la Inominal durante 60 s
  - 200 % de la Inominal durante 0,5 s

La conexión a la red será:

- Tensión entrada:
  - 400 VCA ±10%;
  - 690 VCA ± 10%;
- Frecuencia: 50 a 60 Hz ± 10%
- Pérdida de suministro < 2 s
- Factor de potencia > 0,98 (sobre frec. fundamental)
- Tasa de distorsión armónica en corriente: THDI < 5% a plena carga

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

Los variadores se instalarán 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 autoajustable 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 ± 10 % y la otra estará diseñada para señal de control de 4 a 20 mA. Seis entradas digitales (como mínimo), tres de ellas configurables.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Dos relés de salida (como mínimo) a 250Vac/30Vdc/2A, 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 y frecuencia del motor. 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, y con la Directiva Europea de compatibilidad electromagnética 2014/30/UE y sus modificaciones posteriores.

En particular, la compatibilidad electromagnética de estos equipos deberá ser conforme a las normas UNE-EN 55011:2016/A1:2017 y UNE-EN 61000-6. La seguridad eléctrica cumplirá con la norma UNE-EN 61010.

II.7.8 Grupo electrógeno

Los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II valorarán la necesidad de instalación de grupo electrógeno con capacidad suficiente para alimentar a los equipos electromecánicos de la estación de bombeo (bombas, polipasto, etc.).

El grupo electrógeno deberá tener carenado y equipo silenciador cuando la estación se halle en zona urbana o zona de especial protección, cumpliendo la normativa vigente de aplicación.

El grupo electrógeno funcionará mediante motor diésel refrigerado por agua y contará con equipo precalentador del refrigerante del motor. El motor deberá funcionar en un rango de temperaturas comprendido entre -15ºC y 50ºC.

El motor y el alternador deberán poder soportar una sobrecarga del 10% durante 1 hora.

El grupo electrógeno tendrá regulador electrónico de velocidad y contará con un sistema de control y cuadro de conmutación que permitirán las siguientes maniobras en local o remoto:

- Arranque manual.
- Arranque automático cuando se produzca fallo de red.
- Arranque de emergencia; el grupo podrá arrancarse de forma local aun cuando exista un fallo en el sistema de control.
- Arranque mediante señal remota.

Cuando exista fallo en la red eléctrica en cualquiera de las fases, o caída de la misma en un 80%, el grupo electrógeno procederá al arranque mediante un programador con 5 intentos de arranque. Para ello deberá disponer de una centralita que gestione esta conmutación, así como de un regletero de donde tomar las señales de arranque, paro, fallo y nivel de combustible para poder llevarlas al PLC y transmitirlas.

El grupo electrógeno dispondrá de una batería para el arranque del grupo. Ésta deberá garantizar el poder realizar 10 intentos de arranque. El grupo electrógeno tendrá un sensor que mida la energía residual de la batería y será capaz de generar una señal de alarma en caso de que ésta no permita garantizar los 5 intentos de arranque exigidos.

El depósito de carburante para el grupo electrógeno tendrá un volumen equivalente al consumo acumulado que demandará la potencia mínima eléctrica para servir a la estación con objeto de garantizar el funcionamiento de las instalaciones básicas durante un periodo de 24 horas.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

El depósito estará dotado de doble pared, equipo de aspiración y retorno y detector de fugas. Los depósitos deberán disponer de sensores de nivel con objeto de poder efectuar una señal de alarma que avise de la necesidad de proceder a la recarga de carburante. Asimismo, deberá tener un nivel mínimo de parada del grupo cuando se agote el carburante para evitar la entrada de aire o partículas al motor. Los sensores de los depósitos quedarán conectados con el PLC de la estación.

El grupo electrógeno se instalará, preferentemente, en el interior del edifico en una sala destinada para albergarlo o bien en una caseta prefabricada, contando con las entradas y salidas de aire de ventilación adecuadas, y conduciendo la salida de aire al exterior mediante plenum de conexión que evite la recirculación del mismo en el interior del edificio. Se tendrá en cuenta la legislación vigente en materia de control de ruidos y vibraciones y, si fuese preciso, se preverá el aislamiento y tratamiento acústico de la sala o instalación de cabina insonorizada para la atenuación acústica del ruido hasta los niveles exigidos.

II.8 Alojamientos

II.8.1 Consideraciones generales

Todos los elementos de maniobra y control definidos en el artículo *II.5 Elementos hidráulicos de maniobra y* control 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 ≤ 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 ≥ 300 mm.

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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Los alojamientos, en cualquier caso, deberán ir provistos con distintos elementos auxiliares, entre ellos los siguientes, los cuales deberán cumplir con lo especificado para los mismos en el artículo *II.10 Elementos complementarios*:

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

Además, en todos los alojamientos deberá colocarse una placa identificativa del servicio (ver *Anexo 5 Planos*).

Desde la *Figura 24* hasta *Figura 35* se incluyen esquemas de las instalaciones más frecuentes con una simbología específica para este tipo de representaciones. En el *Anexo 5* de estas Normas se recogen los planos de obra civil de los registros y cámaras habitualmente instalados.



Figura 24. Simbología utilizada en los esquemas de las instalaciones

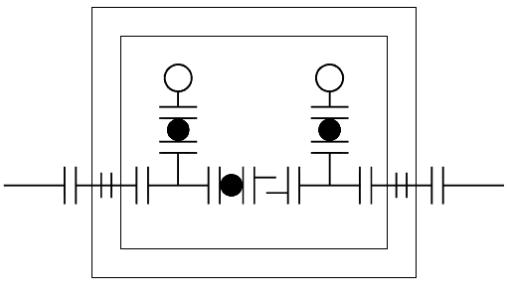


Figura 25. Seccionamiento con dos válvulas de aeración

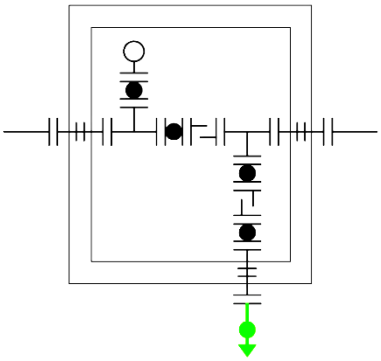


Figura 26. Seccionamiento con válvula de aeración y desagüe

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

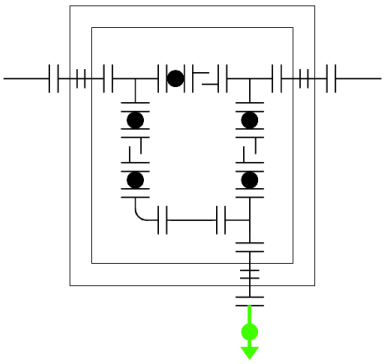


Figura 27. Seccionamiento con dos desagües

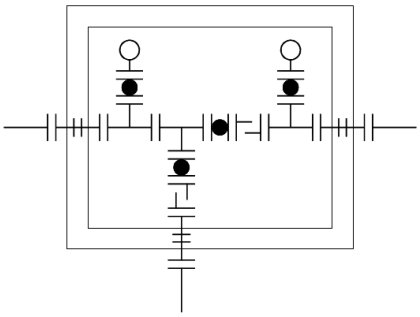


Figura 28. Seccionamiento con derivación y dos válvulas de aeración

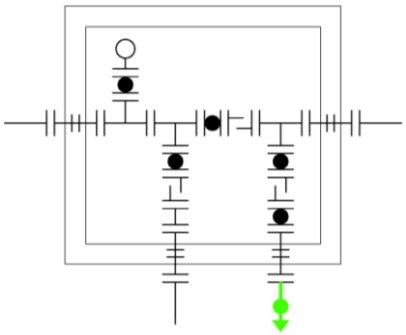


Figura 29. Seccionamiento con derivación, válvula de aeración y desagüe

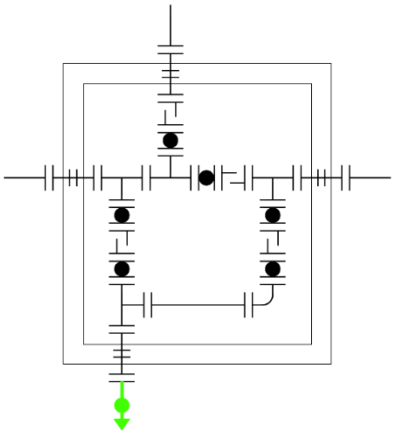


Figura 30. Seccionamiento con derivación y dos desagües

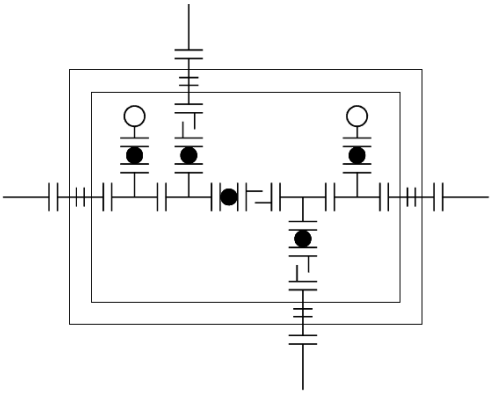


Figura 31. Seccionamiento con dos derivaciones y dos válvulas de aeración

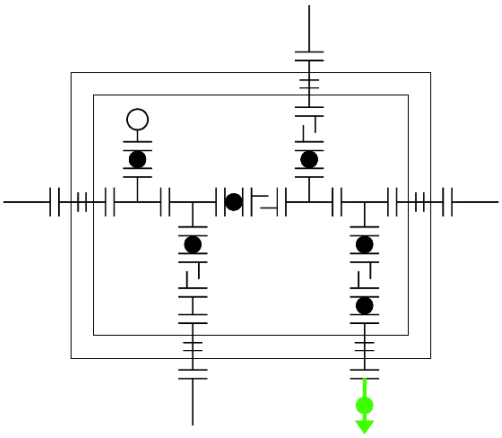


Figura 32. Seccionamiento con dos derivaciones, válvula de aeración y desagüe

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

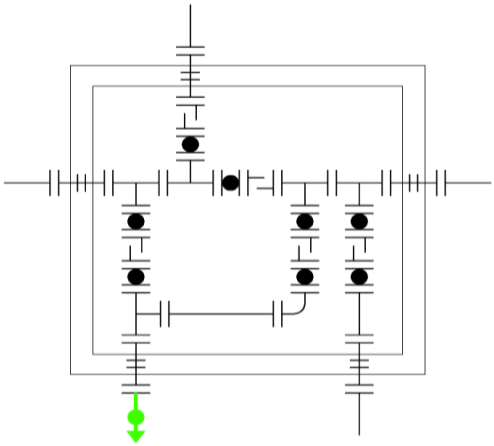


Figura 33. Seccionamiento con dos derivaciones y dos desagües

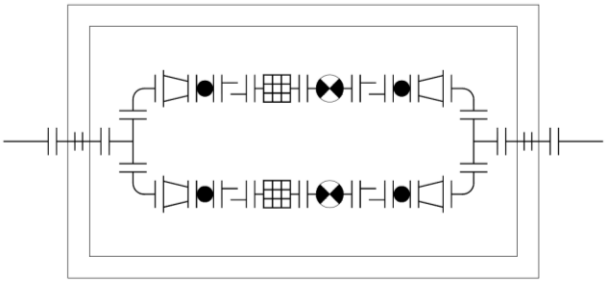


Figura 34. Instalación de válvulas reductoras de presión. Disposición en paralelo

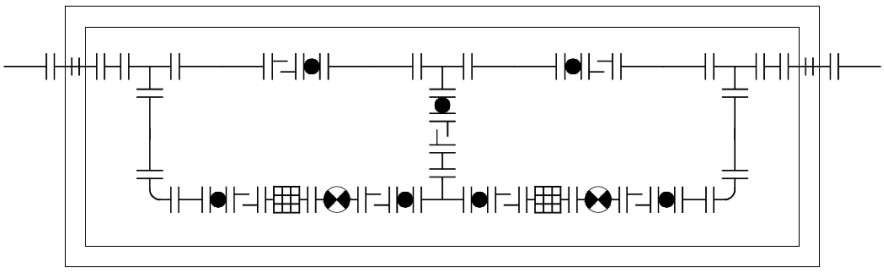


Figura 35. Instalación de válvulas reductoras de presión. Disposición mixta serie/paralelo

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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, y el segundo 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 las normas UNE-EN 124-1:2015, UNE-EN 124-2:2015, UNE-EN 124-3:2015 y UNE-EN 124-4:2015. Además, se adaptarán a lo indicado en la "*Especificación técnica de dispositivo de cierre*" vigente de Canal de Isabel II, en lo referente a las tipologías referidas en la misma. Sólo en zonas aisladas, o cuando razones de urbanismo así lo aconsejen, y previa autorización de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II, podrán instalarse tapas de materiales distintos a los indicados en dicha Especificación, las cuales deberán tener iguales características dimensionales y de resistencia que las anteriores de fundición.

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, en general, redondas.
- En alojamientos visitables la cota de paso mínima será de 600 mm.

En los *Planos 17, 18.1 y 18.2* del *Anexo 5 Planos* 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 124-1:2015)

  Diámetro, en mm, del círculo mayor que puede ser inscrito en la abertura libre del marco.

- Abertura libre, CA (UNE-EN 124-1:2015)

  Área no obstruida entre los asientos en el marco.

- Masa por unidad de área (UNE-EN 124-1:2015)

  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.

- Carga de ensayo, F_T (UNE-EN 124-1:2015)

  Carga, expresada en kN, aplicada a los dispositivos de cubrimiento o de cierre para el ensayo de la capacidad de soporte de carga.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Carga de flecha residual, F_P (UNE-EN 124-1:2015)

  Carga aplicada a los dispositivos de cubrimiento o de cierre para ensayar la flecha residual (F_p=2/3 F_T).

- Carga de deformación, F_D (UNE-EN 124-1:2015)

  Carga aplicada a los dispositivos de cubrimiento o de cierre para el ensayo de deformación bajo carga (F_D=1/3 F_T).

II.8.2.3 Clasificación

Los dispositivos de cierre podrán ser, según la norma UNE-EN 124-1:2015, de las clases A 15, B 125, C 250, D 400, E 600 y F 900. La carga de ensayo (F_T) que deben soportar los dispositivos cuya cota de paso sea igual o mayor a 250 mm será la indicada en la *Tabla 27 Fuerza de control (UNE-EN 124-1:2015)*. Cuando la cota de paso (CP) sea inferior a 250 mm la fuerza de control será la de dicha tabla multiplicada por CP/250, pero no debe ser menos de 0,6 veces la carga de ensayo de acuerdo con la mencionada tabla.

Tabla 27. Fuerza de control (UNE-EN 124-1:2015)

Clase	***F_T (kN)***
A 15	15
B 125	125
C 250	250
D 400	400
E 600	600
F 900	900

*Para la clase A, el fabricante puede, si se requiere por la empresa especificadora, declarar la carga de ensayo alcanzada.

La flecha residual de la tapa o rejilla después de la aplicación de F_p (2/3 de la carga de ensayo F_T) no debe exceder los valores dados en la siguiente tabla:

Tabla 28. Flecha residual admisible (UNE-EN 124-1:2015)

Clase	***Flecha residual admisible mm***	
A 15 y B 125	CP/100 (1)	
C 250 hasta F 900	CP/300 (2)	CP/500 (3)

(1) CP/50 para CP ≤ 450 mm con un valor máximo de 6,5 mm.

(2) 1,0 mm máximo cuando CP < 300 mm.

(3) 1,0 mm máximo cuando CP < 500 mm.

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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- 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 36* se muestran las clases mínimas a emplear en función de la zona donde se instale el dispositivo.

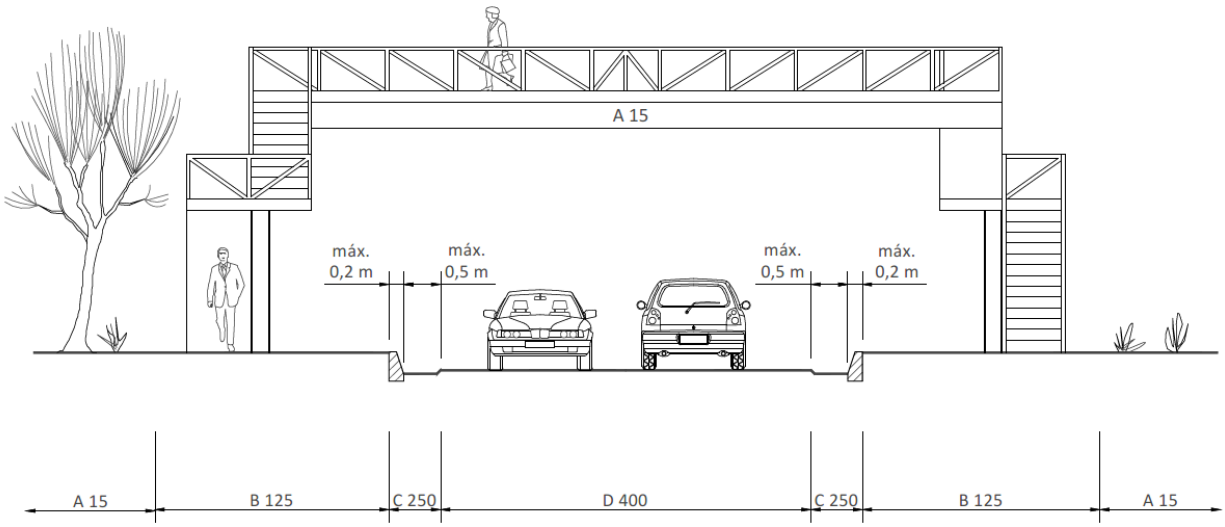


Figura 36. Clases mínimas de los dispositivos de cierre

II.8.2.4 Aseguramiento del cierre

La tapa/rejilla debe asegurarse en su marco para cumplir con las condiciones requeridas correspondientes al lugar previsto de instalación definido en el apartado anterior.

Este debe conseguirse, según la norma UNE EN 124:1-2015, mediante al menos uno de los siguientes métodos:

- Dispositivo de aseguramiento.
- Masa por unidad de área.
- Otros métodos.

Estos métodos deben diseñarse de forma que permitan la apertura de las tapas y rejillas mediante las herramientas habituales, excepto en el caso de que la empresa especificadora requiera un sistema de bloqueo adicional.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

El aseguramiento de las tapas/rejillas en los marcos debe ensayarse de acuerdo con el ensayo especificado en la norma UNE EN 124:2015. Debe declararse el método de aseguramiento y los detalles de diseño.

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 marca de identificación 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.
- Identificación del servicio: REUTILIZACIÓN u otro marcado relacionado con el servicio o tipología correspondiente de la red.

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.

El diseño y la ubicación del marcado completo deberán ser aprobados por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

En los planos anexos a estas Normas se especifican las dimensiones y tipología de tapas y elementos de cubrición normalizados.

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/m^2, arrancando desde la cimentación y concluyendo en la coronación. Dicha lámina deberá cumplir con la norma UNE-EN 13969:2005.

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, que podrán ser del tipo hidroexpansivas.

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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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 ≥ 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 1401-1:2009 y UNE 53994:2012) 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 13252:2017. La cota inferior de este drenaje coincidirá con la de la cimentación del alojamiento para impedir la inundación de este.

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

La configuración de las acometidas de agua regenerada se ajustará a lo indicado en la *"Especificación técnica de acometidas de agua para consumo humano"* vigente, y concretamente a las indicaciones de su *"Anexo 2 Especificaciones para las acometidas de agua regenerada"*. De la misma forma, 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 mencionada especificación técnica.

Los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II podrán establecer que la válvula de corte (pieza de toma) que se instala para ejecutar la derivación de la acometida desde la red de distribución quede maniobrable y se pueda proceder a cortar la acometida en esta primera llave. Esto facilitará la posibilidad de mantener la red de reutilización en servicio en caso de que se produzca una avería en el primer tramo de la acometida, debido a la estructura generalmente ramificada de estas redes. El alojamiento de dicha llave maniobrable será acorde a su ubicación (en calzada, en acera, en zona verde…) y al espacio disponible para su ejecución (cámara, pozo, arqueta…). De esta manera se podrán disponer dos válvulas de corte en cada acometida, la indicada anteriormente (para el primer tramo de la acometida) y la válvula de corte en acera propiamente de la acometida (para el segundo tramo de la acometida).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Adicionalmente, se instalará un filtro previo al contador, en caso de que no se encuentra incorporado en el propio contador. El filtro cazapiedras deberá tener un paso de malla de 3 mm como mínimo. Se recomienda que el contador sea electromagnético.

En el caso de que en un mismo ámbito convivan o vayan a convivir redes de agua para consumo humano y redes de agua regenerada, se instalará doble retención en las acometidas de agua para consumo humano, al objeto de evitar riesgo de circulación del agua de la red de agua regenerada a la de agua para consumo humano, en el supuesto de que se produzca una conexión accidental entre ellas.

II.10 Elementos complementarios

Los principales elementos auxiliares en los diferentes componentes de las redes de reutilización, así como las características básicas de los mismos serán los siguientes:

II.10.1 Pates

Los pates para obras de fábrica serán de polipropileno con alma de acero, debiendo cumplir con lo especificado para los mismos en la norma UNE-EN 13101:2003. En el caso particular de pozos de hormigón, deberán cumplir con lo especificado para ellos en las normas UNE 127917:2015 y UNE-EN 1917:2008.

Los pates se dispondrán en una única alineación vertical.

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 faciliten el antideslizamiento.

El punto límite de inserción de un pate en un registro, deberá estar claramente indicado en el propio pate, excepto cuando sea fijado en una pieza de hormigón prefabricado.

En cualquier caso, deberán cumplir con lo especificado para la correcta instalación en la normativa de aplicación. Con carácter general, y previa limpieza de los agujeros, se aplicará el taco químico, anclaje químico o resina y se introducirá el pate hasta su inserción total.

La separación del pate superior más próximo a la boca del pozo estará comprendida entre cuatrocientos y quinientos milímetros (400-500 mm).

En las tablas adjuntas se resumen las principales características geométricas que los pates deben cumplir.

Tabla 29. Características geométricas de los pates metálicos (UNE-EN 13101:2003)

Parámetro	***Valor (mm)***
Longitud mínima entre extremos del travesaño de apoyo con una sola alineación vertical	250
Proyección mínima desde la superficie de hormigón	120
Anchura o diámetro mínimo del travesaño de apoyo	20
Altura mínima del tope lateral para pates con una sola alineación vertical	20

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 30. Características geométricas de los pates de polipropileno (UNE 127917:2015 y UNE-EN 1917:2008)

Parámetro	*Valor (mm)*
Longitud mínima/máxima entre extremos del travesaño de apoyo con una sola alineación vertical	300/400
Proyección mínima desde la superficie de hormigón	120
Longitud de empotramiento mínima/máxima en la pared del pozo	75/85
Diámetro mínimo/máximo del travesaño de apoyo	20/35
Espacio vertical entre pates	250-300
Separación del pate superior más próximo a la boca de acceso	400-500

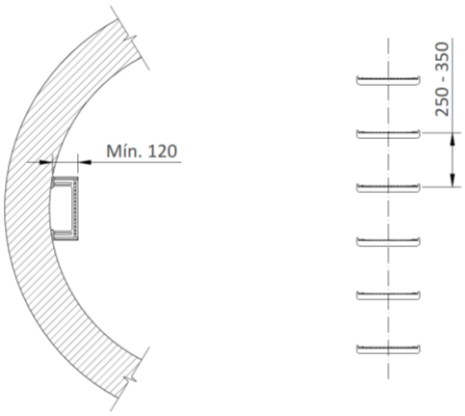


Figura 37. Disposiciones de los pates, en una sola alineación vertical (UNE EN 1917:2008)

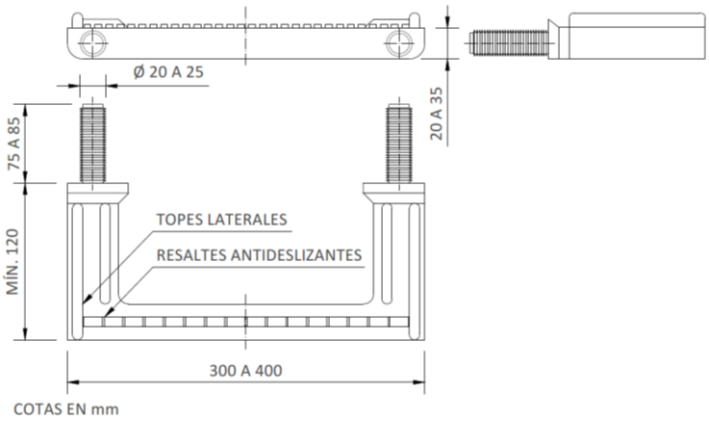


Figura 38. Dimensiones de los pates de polipropileno

II.10.2 Escaleras

Las escaleras serán fijas, ancladas a la pared de la estructura (escalas fijas) o transportables. En este último caso, podrán ser de una sola pieza o telescópicas y deberán ajustarse a lo establecido en su normativa específica.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Las escaleras fijas de acceso a los alojamientos o a las obras de fábrica deberán cumplir con lo especificado en la norma UNE-EN 14396:2004: Escaleras fijas para pozos de registro y en el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

La anchura mínima de las escalas fijas será de cuarenta centímetros (40 cm) y la distancia máxima entre peldaños de treinta centímetros (30 cm).

Cuando el paso desde el tramo final de una escala fija hasta la superficie a la que se desea acceder suponga un riesgo de caída por falta de apoyos, la barandilla o lateral de la escala se prolongará al menos 1 m por encima del último peldaño o se tomarán medidas alternativas que proporcionen una seguridad equivalente.

Las escalas fijas que tengan una altura superior a tres metros (3,00 m) dispondrán, al menos a partir de dicha altura, de una protección circundante.

En el caso de alturas superiores a 9,00 m será obligatorio la instalación de plataformas de descanso cada 9,00 m o fracción.

Las escaleras deberán disponer de huella, contrahuella y pasamanos.

Los pavimentos de las huellas estarán formados por trámex que serán de acero inoxidable AISI 304 y AISI 316 o PRFV, según lo especificado en el apartado *II.10.5 Trámex*.

La tornillería y elementos de unión debe ser de acero inoxidable.

II.10.3 Pasarelas y plataformas

Las pasarelas y plataformas cumplirán con lo establecido para las mismas en el Real Decreto 486/1997 y con las indicaciones siguientes:

- Las estructuras soportes serán de acero inoxidable, acero galvanizado en caliente, acero al carbono con protección anticorrosión o PRFV.
- Los pavimentos estarán formados por trámex, según lo especificado en el apartado II.10.5 Trámex.
- Cuando sea necesario se instalarán protecciones perimetrales que impidan la caída de objetos.

II.10.4 Barandillas y cadenas de seguridad

Las barandillas y cadenas de seguridad serán de acero inoxidable AISI 304 o AISI 316. Para el caso de las barandillas se admitirá la posibilidad de que sean de aluminio. En el interior de las instalaciones se admitirá la colocación de barandillas de PRFV.

Las barandillas deberán ser conformes al Real Decreto 486/1997, tendrán una altura mínima de 90 cm y dispondrán de protección que impida el paso o deslizamiento por debajo de las mismas, así como la caída de objetos sobre personas.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

II.10.5 Trámex

Los trámex serán de acero inoxidable AISI 304, AISI 316 o PRFV y estarán constituidos por pletinas de 30 x 2 ó 30 x 3 mm, unidas formando mallas de 30 x 30 mm. Estas mallas conformarán a su vez, piezas unitarias de dimensiones máximas de 3 m x 1 m (ver *Figura 39*).

Los cercos y piezas angulares de apoyo para encajar los trámex tendrán la misma protección frente a la corrosión que estos.

El acabado deberá ser antideslizante, para lo cual los metálicos serán de doble pletina con doble diente de sierra.

Los trámex irán sujetos a la estructura soporte mediante tornillos, tuercas y piezas inferiores adaptables de acero inoxidable.

Para evitar accidentes por caída de objetos, las zonas de tránsito de peatones por debajo de la superficie cubierta con los trámex llevarán incorporado en éste, una malla de protección cuya abertura máxima de los intersticios será de ocho milímetros (8 mm), en caso de trámex de acero inoxidable. En caso de ser de PRFV se deberá colocar trámex de malla de 8 x 8 mm de paso libre máximo.

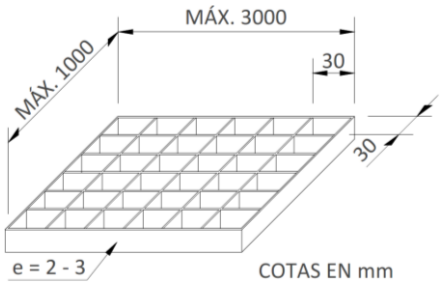


Figura 39. Detalle de trámex

II.10.6 Hitos de señalización

Se instalarán hitos de señalización en redes de aducción, conforme a lo establecido en el *Plano 19* del *Anexo 5 Planos* de estas Normas.

II.11 Acabados de superficies

Los requisitos técnicos necesarios para el tratamiento y pintado de estructuras, tuberías, soportes, accesorios, etc., construidos total o parcialmente con perfiles, chapas o tuberías en acero al carbono, así como elementos de fundición serán los indicados en los siguientes apartados. Dichos requisitos serán aplicables a componentes aéreos, sumergidos en agua y enterrados.

II.11.1 Preparación de superficies

Se seguirán los siguientes procedimientos:

- Limpieza: las grasas, aceites, suciedad y humedad deberán ser eliminados con paños o cepillos humedecidos en disolventes. Todas las salpicaduras de soldadura, los cantos vivos y los

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

defectos de laminación serán eliminados con muelas u otras herramientas adecuadas. Se procederá a la eliminación de óxido.

- Chorreado: todas las superficies de acero que posteriormente deban ser pintadas se prepararán mediante limpieza por chorreado abrasivo. El proceso se regirá por la norma UNE-EN ISO 8501-1:2008 y se conseguirá un chorreado abrasivo "a metal casi blanco", correspondiendo a un grado SA 2 ½ según dicha norma.
- Limpieza de la superficie chorreada: inmediatamente después de finalizado el chorreado, se eliminará toda la granalla, polvo y suciedad de la zona a pintar, utilizando aire comprimido, seco y exento de grasa.

II.11.2 Condiciones ambientales

Al trabajar en el exterior, no se podrá aplicar ninguna imprimación en condiciones meteorológicas adversas: lluvia, niebla o condensación y rayos solares directos.

Se deberán observar, siempre los siguientes parámetros ambientales:

- La superficie que tratar deberá estar, como mínimo, 3 °C por encima del punto de rocío.
- La humedad relativa máxima permitida para el pintado no supere, en ningún caso, el 80 %.
- Temperatura ambiente superior a 5 °C e inferior a 50 °C.
- Temperaturas superiores a 0 °C en el proceso de secado de la imprimación.

II.11.3 Galvanización en caliente

La galvanización en caliente deberá cumplir con las condiciones especificadas en la UNE-EN ISO 1461:2010.

II.11.4 Pinturas para protección de superficies metálicas

Será de aplicación los sistemas de pintura recogidos en la norma UNE-EN ISO 12944-5:2018, considerando, al menos, ambientes clasificados como C5 de categoría de corrosividad y durabilidades de pintura altas (A).

Se aplicarán varias capas que constituirán las capas de imprimación (primera capa de un sistema de pintura), intermedia (cualquier capa entre la de imprimación y la de acabado) y acabado (capa final de un sistema de pintura).

La capa de imprimación, las intermedias y la de acabado serán de distinto color.

En caso de aplicación en elementos exteriores, será obligatorio que el material sea resistente a los rayos UV.

II.11.5 Soldaduras

Las soldaduras durante la ejecución de las obras se realizarán por arco. Deberá especificarse el tipo de electrodo a utilizar según la norma UNE-EN ISO 15607:2004: Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Reglas generales.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Se deberá reflejar en planos de detalle todas las soldaduras, indicando su localización, tipo, tamaños y extensión, distinguiéndose las soldaduras a realizar en taller de las que se harán en obra.

Los planos deberán indicar con símbolos de soldadura o esquemas, los detalles de las juntas soldadas y la preparación necesaria del metal base. Las juntas o grupo de juntas en las cuales el orden consecutivo o la técnica del soldeo son especialmente importantes, se deben controlar cuidadosamente para reducir al mínimo los esfuerzos y distorsión causados por el acortamiento al enfriarse.

La capacitación profesional de los operarios que realicen los trabajos de soldeo deberá ser acreditada según la norma UNE-EN ISO 9606-1:2017*:* Cualificación de soldadores. Soldeo por fusión. Parte 1: Aceros o Código ASME Sección IX - Soldadura: Desarrollo y calificación de Procedimientos y Soldadores.

II.12 Automatización y control

En las conducciones de la red de aducción y distribución 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.

Dichos 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. 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 40*), de características definidas en la Norma Técnica para instalaciones de tritubo de polietileno en conducciones enterradas de comunicaciones vigente.

Cuando sea necesario realizar empalmes, se cortarán los conductos del tritubo perpendicularmente a su generatriz, de manera que estos empalmes queden al tresbolillo y separados entre sí una distancia de un metro. Posteriormente se procederá al corte, en sentido longitudinal, de la membrana que une los mismos, abriendo medio metro más a cada lado de los empalmes extremos y se procederá a realizar los tres empalmes, uno en cada conducto, con manguitos roscados de polietileno.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

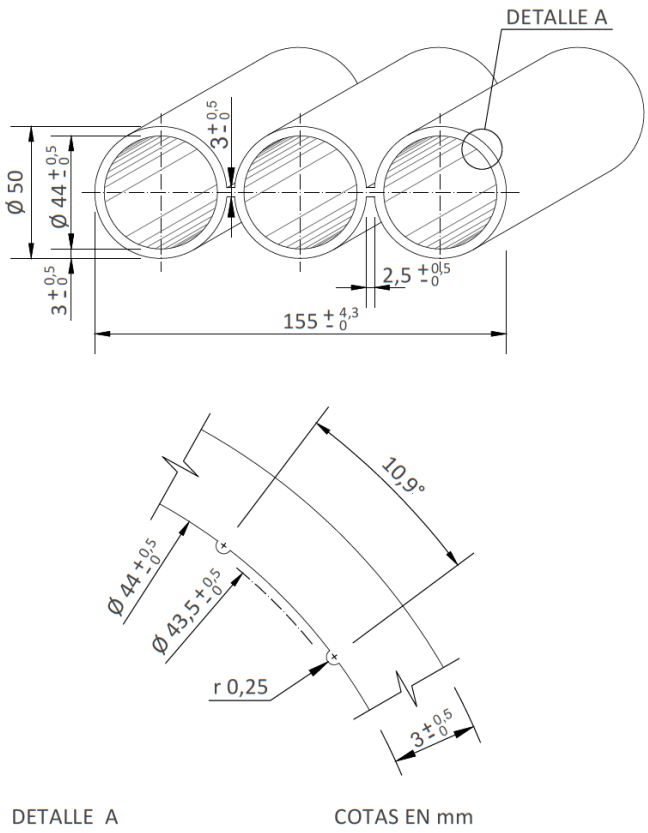
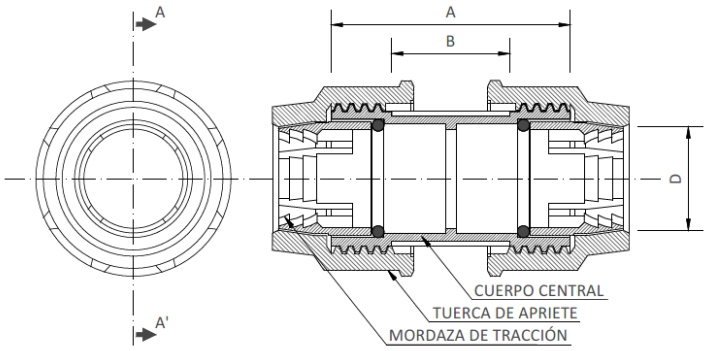


Figura 40. Dimensiones del tritubo

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 sus posibles reparaciones (ver Figura 41).
- 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 42).

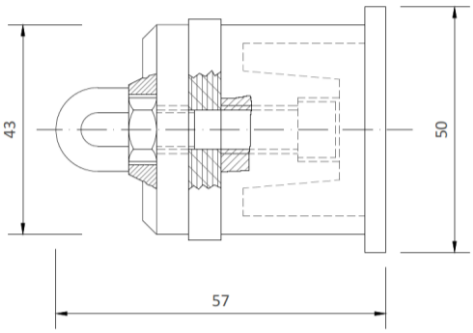
Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.



Ø CONDUCTO	A	B	D
50	100	50	$50,5\ ^{+0,6}_{-0}$

NOTAS:
- COTAS EN mm
- LAS COTAS DADAS SON DE CARÁCTER ORIENTATIVO
- LA PIEZA REPRESENTADA NO PRESUPONE TIPO

Figura 41. Manguito de empalme



NOTAS:
- COTAS EN mm
- LA PIEZA REPRESENTADA NO PRESUPONE TIPO

Figura 42. Tapón de obturación

II.13 Simbología en planos

La red de reutilización 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 es la que se adjunta a continuación en la *Figura 43*:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.



Figura 43. Simbología para la digitalización de las redes de abastecimiento

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

III Instalación eléctrica

III.1 Especificaciones generales

Todas las instalaciones eléctricas cumplirán la reglamentación oficial vigente y las normas de la compañía suministradora en el momento que se lleve a efecto el montaje.

En los casos en los que la reglamentación oficial así lo requiera, se deberá disponer del correspondiente proyecto visado por un técnico competente para la legalización de la instalación.

Para la puesta en servicio de la instalación, se deberá disponer del permiso de conexión a la red de la Compañía suministradora de energía, el Acta de Puesta en Servicio de centros de transformación, líneas eléctricas de media tensión y demás instalaciones que lo requieran, así como el Certificado de Instalación Eléctrica de Baja Tensión, otorgadas por la Dirección General de Industria, Energía y Minas.

Se realizará una correcta coordinación de protecciones, la cual estará suficientemente documentada y comprenderá todas y cada una de las protecciones eléctricas en los diferentes niveles de tensión, así como el estudio de la selectividad de las protecciones en los diferentes circuitos.

III.2 Alta tensión

Corresponde a la parte de la instalación comprendida entre el entronque con la línea de distribución de alta tensión de la compañía suministradora y la salida en baja tensión de los transformadores.

En el caso de que la línea de alta tensión no supere los 20 m, dicha línea no precisa de acta de puesta en servicio y no requiere proyecto específico ya que se considera acometida, según indicaciones de la Dirección General de Industria, Energía y Minas. Solo será necesario proyecto y legalización del centro de seccionamiento y del centro de transformación.

Si la línea que será cedida a la compañía distribuidora tiene más de 20 m, será necesario un proyecto para la línea y centro de seccionamiento y otro para el centro de transformación.

III.2.1 Línea de alimentación

Se define como la infraestructura eléctrica desde el punto de entronque facilitado por la compañía eléctrica hasta las instalaciones de Canal de Isabel II, tales como nuevas líneas aéreas, nuevas líneas subterráneas, nuevas posiciones en instalaciones de la compañía suministradora, etc.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Preferentemente, se cederá la titularidad de línea de alimentación a la Compañía suministradora, si no hubiera inconveniente por parte de ésta, debiendo realizarse la instalación en este caso de acuerdo con sus criterios y normativa.

Si las redes de distribución de la compañía suministradora lo permiten, la instalación quedará integrada dentro de un bucle/anillo.

La capacidad de la línea deberá ser la necesaria para alimentar todos los transformadores de potencia que se instalen en los centros de transformación y la posible ampliación de la instalación.

Desde el punto de entronque previsto, la línea de alimentación a la instalación (o líneas si se considera la alimentación en bucle/anillo) podrá ser aérea o subterránea, siendo preferente esta última opción, aprovechando siempre que sea posible el trazado de los colectores o caminos existentes. En el caso que la línea sea subterránea y la titularidad de la línea corresponda a Canal de Isabel II, estará compuesta por cuatro (4) cables unipolares de aislamiento en seco alojados en tubos resistentes y enterrados a una profundidad mínima de un metro treinta centímetros (1,30 m). La sección del cable utilizado será suficiente para posibilitar la futura ampliación de la instalación.

Si el punto de entronque es una línea aérea y la nueva línea de alimentación es propiedad de Canal de Isabel II, se preverá en la cabecera de la línea un poste con protección de pararrayos, autoválvulas y de cortacircuitos seccionadores fusibles de expulsión, cuando la carga lo permita, independientes de las protecciones exigidas por la Compañía suministradora de electricidad.

En el caso de líneas aéreas, los postes serán de celosía con crucetas del tipo bóveda, horizontal o tresbolillo y dispondrán de sistemas antiescalo. En el apoyo de final de línea, de transición aéreo a subterráneo, se instalarán pararrayos autoválvulas, seccionadores unipolares y un anillo equipotencial para puesta a tierra de acuerdo con la Reglamentación vigente.

En caso de que la ubicación y características de la línea aérea así lo exijan, será preciso dotar a la línea de dispositivos que aseguren la protección de la avifauna contra la colisión y electrocución.

Se deberá incluir una partida para el abono de los derechos de enganche y de acometida a la línea de alta tensión, así como una partida para la verificación de los equipos de medida.

Las verificaciones previas a la puesta en servicio de las líneas eléctricas de alta tensión deberán ser realizadas de acuerdo con la legislación vigente y a las Normas de la Compañía suministradora:

- Línea Aérea: ensayos de instalaciones de puesta a tierra, incluyendo medida de resistencia de puesta a tierra; el Reglamento de líneas requiere además comprobaciones de tensiones de paso y contacto en apoyos en zona frecuentada.
- Línea Subterránea: comprobación del aislamiento principal y de la cubierta, aplicando la norma UNE 211006:2010: Ensayos previos a la puesta en servicio de sistemas de cables eléctricos de alta tensión en corriente alterna.

III.2.2 Edificio centro de seccionamiento/transformación

Se define como el edificio de tipo convencional, o bien prefabricado a base de piezas de hormigón moldeado, vibrado y secado a vapor, en el que en su interior se alojará como mínimo los conjuntos prefabricados de aparamenta bajo envolvente metálica (cabinas/celdas). En el caso de los centros de transformación además contendrá los transformadores de potencia.

El centro de seccionamiento (CS) y el centro de transformación (CT) se ubicarán siempre en edificios independientes.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Centro de seccionamiento:

- Si la alimentación se realiza en bucle/anillo desde la red de alta tensión propiedad de la Compañía suministradora, o bien si ésta lo exige, se le dotará de una servidumbre de paso al interior de la instalación.
- Existirá un centro de seccionamiento en un edificio independiente con acceso directo desde vía pública, que se conectará con la protección general de la instalación de AT particular, mediante cable. Debe existir una coordinación de dichas protecciones propiedad de Canal de Isabel II, con las protecciones de la compañía en la red a la que esté conectada.
- En su interior únicamente se alojarán los conjuntos prefabricados de aparamenta bajo envolvente metálica (cabinas/celdas), el armario de medida de compañía para equipo de medida, con salida de datos serie y con terminal para conexión del equipo de medida de telegestión.
- Los equipos de medida se adaptarán a lo estipulado en el Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- La conexión entre la cabina de salida del centro de seccionamiento y la cabina de entrada al centro de transformación se realizará mediante 4 cables unipolares (uno de reserva equipado con terminales) de aislamiento en seco alojados en tubos resistentes y enterrados a una profundidad mínima de 1,30 m. La sección será la suficiente para posibilitar la futura ampliación de la instalación.
- No se ubicará en este centro ningún cuadro de baja tensión, excepto el propio cuadro de protección de alumbrado, emergencia, bases de enchufe del propio edificio y, eventualmente, equipo de medida.
- Deberá preverse una línea de alimentación de baja tensión al centro de seccionamiento desde un punto de la red de distribución de baja tensión, indicado por la compañía. En su defecto, podrá instalarse una celda con autotransformador incorporado para el alumbrado, fuerza y telemando, en su caso, del centro de seccionamiento.

Centro de transformación:

- Si excepcionalmente la instalación no dispusiera de centro de seccionamiento, aun siendo alimentado desde la red de distribución de alta tensión, el centro de transformación dispondrá de acceso directo desde la vía pública a un habitáculo o zona del centro de transformación para que el personal de la Compañía suministradora pueda acceder hasta los elementos de medida sin que se precise ninguna servidumbre de paso al resto de la instalación.
- Se dejará un espacio físico, para montar en el futuro un transformador adicional de similares características a los proyectados, así como para la futura instalación de su celda de protección correspondiente.
- Los cables de baja tensión y de media tensión discurrirán por canaletas independientes y sin cruzamientos, protegidas contra posibles derrames de aceites.
- No se ubicará en este centro ningún cuadro de baja tensión, excepto el propio cuadro de protección de alumbrado, emergencia, bases de enchufe del propio edificio y, eventualmente, equipo de medida, que soportará la máxima tensión de defecto prevista en el CT durante el tiempo previsto para el despeje de la falta. La tierra de dicho cuadro será la tierra de protección del CT y bajo ningún concepto se traerá la tierra de utilización de la instalación a

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

dicho CT. La envolvente de este cuadro deberá disponer de una tensión de aislamiento superior a la tensión de defecto que se pueda presentar en la instalación.

Los centros prefabricados constarán de todos los elementos previstos en sus normas correspondientes y su manejo se realizará con el procedimiento indicado por sus fabricantes.

Estarán dotados de todos los pernos de sujeción e izado correspondientes, que estarán apretados correctamente.

La situación del centro estará de acuerdo con las licencias de obra otorgadas, respetando las alineaciones con las edificaciones existentes, las distancias a bordillo y cuantas indicaciones figuren expresamente en ellos.

El emplazamiento del centro será tal, que permita el acceso de las canalizaciones de AT y BT discurriendo siempre que sea posible por zonas de dominio público, debiendo establecerse las correspondientes servidumbres de paso en aquellos casos en que la solución técnica más adecuada requiera o exija el paso por propiedad privada.

El centro quedará nivelado y con la rasante de su piso interior 10 cm como mínimo más alta de la rasante de las aceras o jardines colindantes.

Tanto en el centro de seccionamiento como en el de transformación se dispondrá del equipamiento que indique la legislación vigente, además de:

- Ventanas de inspección en las puertas de los transformadores que permitan visualizar las protecciones instaladas en el transformador.
- Instrucciones de explotación y seguridad, plastificadas o enmarcadas.
- Diagrama unifilar, plastificado o enmarcado.
- Pértiga de maniobra y pértiga detectora de tensión.
- Banqueta aislante.
- Guantes auxiliares con estuche metálico.

Medidas adicionales de seguridad:

- Las puertas de acceso a las salas de los transformadores dispondrán de una cerradura de seguridad, enclavada con la cerradura de puesta a tierra de la celda de protección de transformador. Esta cerradura no liberará la llave a menos que la hoja se encuentre en posición de cerrado.
- El piso del Centro estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a cuatro milímetros (4 mm) formando una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del Centro. Con esta disposición se conseguirá que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparecerá el riesgo inherente a la tensión de paso y contacto interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm de espesor como mínimo.
- Como medida de seguridad adicional, se construirá una acera de 1,50 m de ancho en envolventes independientes de CS/CT. Al menos en aquellas partes de la fachada donde existan elementos metálicos (puertas, rejillas, etc.), la acera dispondrá de mallazo embebido, de 30 x 30 cm y con al menos 10 cm de hormigón sobre el mismo. Dicho mallazo será de 1,00

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

m de longitud montado desde el cerramiento. Tanto el mallazo de la acera como los elementos metálicos mencionados se conectarán a la tierra de protección.

- A fin de simplificar el problema de distancias mínimas reglamentarias entre la tierra de protección y el resto de las tierras, preferentemente se diseñará una única tierra de protección para CS y CT, los cuales estarán próximos, aunque en envolventes separadas.
- Cuando la distancia entre tierra de protección y tierra de masas de utilización sea suficiente para considerarlas tierras independientes reglamentariamente, las tensiones aplicadas de paso en el acceso y la de contacto exterior se calcularán mediante el coeficiente de la configuración elegida para la tierra de protección, Kc, según método UNESA.
- Si la tierra de protección y la tierra de masas de utilización no pudieran ser independientes, al no cumplir la distancia mínima entre ellas establecida reglamentariamente, la tierra de protección adoptará una disposición remota que exigirá la no conductividad de la envolvente del CS+CT, de forma que no actúe por sí misma como una pica, por lo que la parte asentada en el terreno deberá estar aislada del mismo o mostrar una resistencia suficientemente alta como para poder despreciar la corriente que se derive a tierra en el propio CS+CT. El cable que unirá las masas del CS+CT con las picas remotas deberá ser de sección adecuada y disponer de un aislamiento suficiente para la tensión nominal de la red de distribución. En este caso de tierra de protección remota, la acera perimetral no dispondrá de mallazo embebido y las masas metálicas del cerramiento vertical estarán aisladas, sin conexión a la tierra de protección. Se tomará especial cuidado en que las tensiones transferidas desde la tierra de protección (remota o local en el CS+CT) a elementos metálicos accesibles tales como vallado perimetral del recinto u otros, sea inferior a la establecida reglamentariamente.
- En caso de edificio prefabricado de hormigón, éste estará construido de tal manera que, una vez fabricado y montado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldadura eléctrica y unidas a la red de tierras de protección. Se seguirán las mismas disposiciones que las ya señaladas para edificio “in situ”.
- En el cálculo de la intensidad de defecto, se considerará la impedancia del neutro del transformador de la subestación que alimenta el CT, o la impedancia capacitiva de la línea aérea en caso de existir neutro aislado en dicha subestación.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de paso y contacto en el interior, ya que estas serán prácticamente nulas.

Se requerirá el cálculo de las tensiones de paso en el exterior y en el acceso al CS+CT, de forma que estén dentro del límite establecido por la Instrucción Técnica Complementaria ITC-RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en las Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión, que se establece en el Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo.

Las PaT de Protección y Servicio (neutro) se establecerán separadas debiendo incluirse la correspondiente justificación.

Para acometer la tarea de seleccionar el electrodo de PaT es necesario el conocimiento del valor numérico de la resistividad del terreno, pues de ella dependerán tanto la resistencia de difusión a tierra como la distribución de potenciales en el terreno, y como consecuencia las tensiones de paso y contacto resultante en la instalación.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Las verificaciones previas a la puesta en servicio de las casetas prefabricadas deberán ser conforme a la legislación vigente; ensayos de instalaciones de puesta a tierra: medida de resistencia de puesta a tierra y comprobaciones de tensiones de paso.

La conexión de los distintos elementos a la línea de tierra de protección, el tipo del conductor de la línea de tierra y su sección será la especificada en el proyecto, de la misma forma se hará lo mismo para la conexión de la salida del neutro del cuadro de BT a la línea de tierra de servicios.

III.2.3 Celdas

En el interior del centro de seccionamiento y del centro de transformación se alojarán conjuntos prefabricados de aparamenta bajo envolvente metálica (cabinas/celdas), y estarán formados por los siguientes elementos, acorde a lo indicado en el plano *P 21* y previamente aprobado por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II:

- Cabinas de entrada/salida con Interruptor - Seccionador de línea en SF6.
- Cabina con Interruptor - Seccionador pasante en SF6. En función de la potencia de transformación y de las normas de compañía, estas celdas podrán estar telemandadas y contar con relés de protección.
- Cabina de protección general con Disyuntor Automático en SF6 y relés programables de protección con capacidad de almacenamiento de distintos bloques de regulación de la protección. Las protecciones de éstos serán al menos contra cortocircuitos entre fases y sobreintensidad (50-51), y contra cortocircuitos fase - tierra y fugas a tierra u homopolar (50N-51N). El disyuntor será motorizado.
- Cabina de medida en A.T. con 3 T.T. y 3 T.I. La relación de transformación de los TI's será determinada y aprobada por Canal de Isabel II, para que su calibre quede acorde para absorber futuras posibles ampliaciones del centro de transformación.
- Cabinas de protección de transformadores en número igual al de éstos, incluido el de reserva. La protección se realizará por medio de un interruptor-seccionador con fusibles combinados (ruptofusible). Para potencias iguales o superiores a 400 kVA, los fusibles se sustituirán por un disyuntor automático SF6. En todos los casos, se dispondrá de protección indirecta mediante relés programables de protección con capacidad de almacenamiento de distintos bloques de regulación de protección. Las protecciones de estos serán al menos contra cortocircuitos entre fases y sobreintensidad de fase y neutro (50-51, 50N/51N y 50G), y un seccionador de puesta a tierra inferior, con enclavamiento entre ambos. El disyuntor será motorizado en cada cabina de protección de transformador. Adicionalmente, se incorporará en estas celdas un relé que reciba las señales de los transformadores de intensidad de las salidas de baja tensión de los transformadores de potencia.

Todas las cabinas del centro de transformación dispondrán de testigos de presencia de tensión.

Se dejará un espacio físico, con obra civil ejecutada, para la instalación futura de una celda adicional de protección de transformador.

Las celdas se situarán en los lugares y en el orden indicado en los planos correspondientes. Se colocarán adecuadamente sobre la solera del centro. Estarán alineadas entre sí, paralelas a los paramentos y perfectamente aplomadas.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Se comprobará que las celdas en cuanto a sus funciones, así como su colocación, su orden y su alineación, se corresponden a lo especificado en el proyecto.

Las celdas estarán conectadas a la línea de tierra de Sistema de puesta a tierra PaT de protección en dos puntos mínimo.

Se comprobará que los mandos de interruptores seccionadores, seccionadores de PaT y enclavamientos realizan la función para la que fueron diseñadas.

Se realizarán ensayos eléctricos en el primario de las celdas para comprobar el adecuado funcionamiento y tarado de sus protecciones.

III.2.4 Transformadores de potencia

Serán trifásicos con devanados de cobre en baño de éster vegetal, refrigeración natural, conmutador sobre tapa, ruedas para transporte orientables en dos direcciones a 90°, borna para puesta a tierra de la cuba, llenado integral de aceite relé de protección DGPT2 hasta 250 kVA (para potencias superiores el transformador dispondrá de depósito de aceite y el relé mencionado se sustituirá por un relé de varias funciones) y válvula de vaciado y toma de muestra.

La conexión será en triángulo en la parte de alta tensión y estrella en la de baja tensión (Yzn11 para potencias hasta 160 kVA, y Dyn11 para potencias superiores a 160 kVA).

Cumplirán con la norma UNE 21428: Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite, 50 Hz, de 50 kVA a 2 500 kVA con tensión más elevada para el material hasta 36 kV. También cumplirán con la UNE-EN 60076: Transformadores de Potencia, RU 5201D, HD 428 y el Reglamento (UE) Nº 548/2014 de la Comisión de 21 de mayo de 2014.

En las instalaciones de alta tensión en las que la tensión de la línea de distribución de la compañía suministradora no sea de 20 kV, el primario del transformador será para doble tensión (P1: 20 kV, P2: la tensión de la línea), con conmutador de dos posiciones en la parte superior de la tapa. Una de las tensiones será la de la línea de la Compañía en el momento de montar la que nos ocupa y la otra la normalizada que adopte la compañía suministradora en el futuro.

La regulación en alta (tensión primaria) se realizará con conmutador manual en vacío con tomas más/menos 2,5 %, más/menos 5 % y más/menos 7,5 %. Rango de regulación de tensión en el primario en función de tensión de compañía.

Se preverá la posibilidad de modificar esta regulación en función de la posición que ocupe el centro de transformación en la red de la compañía suministradora.

Los transformadores con dos tensiones en el arrollamiento de AT dispondrán de un conmutador de dos posiciones, con mando exterior sobre tapa, debidamente señalizadas. Este dispositivo será de características similares a las descritas para el conmutador de tomas en AT.

La tensión asignada en vacío del arrollamiento de BT será clase B2: 420 V entre fases.

El neutro del arrollamiento de BT será accesible y dimensionado para la máxima tensión y corriente de las fases.

El número de transformadores y su potencia serán los siguientes:

- Si la potencia punta de consumo es inferior a 100 kVA, se instalará un único transformador cuya potencia, como mínimo, será la máxima punta de consumo.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Si la potencia punta de consumo está comprendida entre 100 y 630 kVA, el número de transformadores será 2 y la potencia conjunta el doble de la punta de consumo, dejando uno en reserva del otro.
- En el caso de que la potencia punta de consumo sea igual o superior a 630 kVA, el número de transformadores será 3 y la potencia conjunta un 50 % superior a la punta de consumo, dejando uno en reserva de los otros dos.

Se emplearán criterios similares para potencias superiores, considerando siempre transformadores con potencias normalizadas.

Si el número y potencia de los transformadores resultantes de la aplicación de los criterios anteriores supera los valores especificados en el vigente Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23, se deberá prever la instalación de un sistema fijo automático de extinción de incendios, o en su defecto se instalarán transformadores cuyo dieléctrico tenga una temperatura de combustión elevada, que permita prescindir del sistema automático de extinción.

Se indicarán como mínimo las características siguientes:

- Marca.
- Potencia.
- Tensión o tensiones primarias.
- Tensión de cortocircuito.
- Pérdidas en vacío.
- Pérdidas totales en carga.
- Tomas de regulación.
- Placas de características en transformador y en la puerta de acceso a sala de transformador.

Se deberán incluir, además, las siguientes características:

- Calentamiento máximo en bobinas con temperatura ambiente de 40 °C.
- Curvas de rendimiento.

Se dotará a los transformadores de un detector integrador de seguridad con las siguientes protecciones: disparo por nivel de dieléctrico, disparo de presión, alarma de temperatura y disparo de temperatura. También contará con visualizador de nivel y alarma por emisión de gases del líquido dieléctrico. Se prestará especial atención en la colocación y orientación del visualizador de nivel, para que la instrumentación sea visible desde el exterior de la sala del transformador.

Para el dimensionamiento de los transformadores y con objeto de prever la sobrecarga por armónicos, la potencia de las cargas se desclasificará según lo dispuesto en las especificaciones indicadas por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

Se estudiará con suma atención el enclavamiento tanto eléctrico como mecánico entre el interruptor-seccionador en alta tensión y el interruptor automático de baja tensión de cada uno de los transformadores, así como las defensas de estos, con el fin de impedir retornos al estar conectados en paralelo, o el acceso a su cubículo.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Los interruptores-seccionadores podrán conectarse y desconectarse desde su emplazamiento y desde el cuadro general de distribución en baja tensión.

Todos los elementos de protección y control deberán poderse verificar en servicio y sin riesgos para el personal.

Se dotará a cada uno de los transformadores de potencia, de unos transformadores de intensidad en las salidas de baja tensión tanto de las fases como el neutro y el aterrizaje de éste (corrientes homopolares de tierra captadas para la protección 50G).

Se deberá instalar un relé homopolar en la tierra del neutro de cada transformador, cableado con el relé de la correspondiente cabina de protección de alta tensión, que irá enclavado con el disyuntor de baja tensión del propio transformador.

Las operaciones necesarias para el traslado del transformador hasta su posición definitiva, se realizará aplicando la tracción necesaria por medio de mecanismos apropiados (tractores, polipastos, etc.).

La orientación de las ruedas se realizará elevando el transformador con gatos hidráulicos apropiados; se utilizarán barras de uña, barrones, etc., únicamente como medios auxiliares.

Los elementos de protección deben ser visibles desde el exterior de las salas de los transformadores.

Los ensayos en los transformadores estarán de acuerdo a las normas UNE-EN 60076.

El fabricante expedirá certificado de las pruebas, que serán presenciadas por la inspección del adjudicatario. Así mismo, expedirá certificado de los materiales de los distintos componentes del equipo.

Los ensayos mínimos unitarios serán:

- Relación de transformación en vacío.
- Pérdidas en el hierro.
- Pérdidas en los arrollamientos.
- Aislamiento de los arrollamientos entre sí y de éstos a la masa.
- Sobretensión.
- Tensión de cortocircuito.
- Tensión aplicada.
- Tensión inducida.
- Resistencia de devanados.
- Tangente de delta.

Adicionalmente, se realizará a uno de cada tipo de transformador los siguientes ensayos:

- Calentamiento.
- Impulso tipo rayo.

Tras el montaje se realizará una inspección visual de posible daño sufrido en transporte, el control de nivel de líquidos en el depósito de expansión y la revisión con Megger de la resistencia entre bobinado y entre éstos y masa y el ensayo de Respuesta en frecuencia unitarios (FRA).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

III.2.5 Suministro de alimentación segura

Para el accionamiento eléctrico de los disyuntores y para los circuitos de maniobra de los equipos de alta tensión, así como los relés de las celdas, se dispondrá un equipo específico que garantizará el suministro de energía a los mismos a una tensión de salida de 230 VCA.

En caso de avería del módulo de control, los módulos rectificadores y módulos inversores seguirán funcionando en modo autónomo, pasando a modo emergencia al régimen de carga de flotación, dando la pertinente alarma de módulo de control mediante señalización remota.

Cuando el rectificador o inversor en servicio presente alguna anomalía, automáticamente se producirá la desconexión de éste y la conexión del rectificador o inversor en reserva, señalizándose esta anomalía en el panel de control o cuadro de mando.

Las fuentes de alimentación se corresponden en cuanto a sus funciones a las especificaciones correspondientes, y se situarán en los lugares y en el orden indicado en los planos correspondientes.

La envolvente tendrá un grado de protección IP54. Su color será el determinado por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

Este equipo estará compuesto por:

- Un sistema de baterías con capacidad mínima de soportar una carga de 250 W durante 48 horas o una carga de 1,5 kW durante 8 horas de autonomía.
- Dos rectificadores, ambos en sistema redundante, con una tensión de salida de 48 VCC.
- Dos inversores, ambos en sistema redundante, con una tensión de salida de 230 VCA.
- Un módulo de control, con pantalla HMI, para supervisarlas siguientes medidas de funcionamiento: tensión de entrada y tensión de salida por cada módulo rectificador, tensión y corriente de batería, capacidad de batería, tensión de entrada y tensión de salida de cada módulo inversor.

En caso de avería del módulo de control, los módulos rectificadores y módulos inversores seguirán funcionando en modo autónomo, pasando a modo emergencia al régimen de carga de flotación, dando la pertinente alarma de módulo de control mediante señalización remota.

Cuando el rectificador o inversor en servicio presente alguna anomalía, automáticamente se producirá la desconexión de éste y la conexión del rectificador o inversor en reserva, señalizándose esta anomalía en el sistema de supervisión y control de la instalación.

III.2.6 Cuadro de señalización y alarmas

La instalación dispondrá de un cuadro de señalización y alarmas que indiquen el estado y defecto de las protecciones y los interruptores generales de Alta y Baja Tensión, y el disparo de las protecciones propias de los transformadores de potencia, con dispositivo de prueba de lámparas. Estará alimentado mediante fuente de alimentación segura de alterna, mencionado anteriormente.

Todas las alarmas descritas en este apartado se deben incluir en el sistema de control, para lo que será necesario añadir las entradas digitales necesarias en el PLC.

El diseño eléctrico de los circuitos y las diferentes configuraciones serán determinados por Canal de Isabel II en sus esquemas eléctricos tipo.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Los cuadros se situarán en los lugares y en el orden indicado en los planos del proyecto.

Se comprobará que su funcionamiento se corresponde con las especificaciones correspondientes.

III.2.7 Instalación de puesta a tierra

Se ejecutará de acuerdo con la instrucción técnica complementaria ITC-RAT 13 del vigente Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23. También cumplirá con lo prescrito en el capítulo 11 de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-18 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por Real Decreto 842/2002.

La puesta a tierra de masas del centro se dejará preparada para poder unirla en su día, si se estima conveniente, con la red general de tierras del conjunto de la instalación.

La puesta a tierra de protección se diseñará acorde a las especificaciones indicadas por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II, a fin de garantizar mejor la seguridad de las personas e instalaciones en caso de defecto en alta tensión. El diseño de las tierras se deberá ajustar escrupulosamente a lo establecido por dichas especificaciones.

Hay que distinguir entre la línea de tierra de la PaT de Protección y la línea de tierra de PaT de Servicio (neutro).

A la línea de tierra de PaT de Protección se deberán conectar los siguientes elementos:

- Cuba de transformador/es.
- Envolvente metálica del cuadro B.T.
- Celda de alta tensión (en dos puntos).
- Pantalla del cable aislado, extremos de conexión al transformador.
- Elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra y pantalla de separación de los circuitos primario y secundario de los transformadores de medida o protección.

Todo ello conforme a la legislación vigente.

A la línea de tierra de PaT de Servicio (neutro), se le conectará la salida del neutro del cuadro de B.T.

Las PaT de Protección y Servicio (neutro) se establecerán separadas, salvo justificación.

Para acometer la tarea de seleccionar el electrodo de PaT es necesario el conocimiento del valor numérico de la resistividad del terreno, pues de ella dependerán tanto la resistencia de difusión a tierra como la distribución de potenciales en el terreno, y como consecuencia las tensiones de paso y contacto resultante en la instalación.

Las verificaciones previas a la puesta en servicio de las instalaciones deberán ser de acuerdo a la legislación vigente; ensayos instalaciones de puesta a tierra: medida de resistencia de puesta a tierra y comprobaciones de tensiones de paso.

La conexión de los distintos elementos a la línea de tierra de protección, el tipo del conductor de la línea de tierra y su sección será la especificada, de la misma forma se hará lo mismo para la conexión de la salida del neutro del cuadro de B.T. a la línea de tierra de servicios.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

III.3 Baja tensión

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.

Comprende la parte de la instalación comprendida entre las bornes de baja tensión y los distintos elementos a accionar, motores, etc.

A efectos de determinar el material eléctrico a emplear, se efectuará la clasificación del local o emplazamiento, según determina la ITC-BT-30 del vigente Reglamento de Baja Tensión.

Por la naturaleza de la elevadora, el CGBT y el CCM conforman un mismo cuadro eléctrico. En él habrá características relacionadas con el CGBT y otras relacionadas con la alimentación a las cargas finales (CCM). El diseño eléctrico tanto de los circuitos de fuerza (unifilar) como de los esquemas desarrollados de la maniobra será el que determine los servicios técnicos de Canal de Isabel II, y será acorde al plano *P 22.*

III.3.1 Cuadro General de Distribución de Baja Tensión (CGDBT)

El Cuadro General de Distribución de Baja Tensión (en lo sucesivo CGDBT), será un Conjunto Verificado, según la norma UNE-EN 61439-1:2012: Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 1: Reglas generales.

En la fabricación del CGDBT, atendiendo al conjunto de normas UNE-EN 61439, se contemplarán las siguientes figuras que intervendrán en su fabricación:

- Fabricante Original: organización que lleva a cabo el diseño original y las verificaciones asociadas al conjunto de aparamenta, acorde a la norma aplicable a dicho conjunto.
- Fabricante del Conjunto: organización que toma la responsabilidad del conjunto completo.

Para la fabricación del CGDBT, tanto el “Fabricante Original” como el “Fabricante del Conjunto” serán la misma organización.

Se montará en un habitáculo diferente al centro de transformación.

El CGDBT estará formado por columnas construidas con chapa de acero galvanizada, plegada y laminada en frío de dos milímetros (2 mm) de espesor, donde se ubicarán, los módulos de acometida, colocados en un extremo del conjunto y los diferentes módulos de salida.

Dispondrá de una compartimentación forma 4a, según normas UNE-EN 61439.

El CGDBT estará diseñado para soportar los efectos electrodinámicos producidos por cortocircuitos.

Cada módulo en su parte frontal tendrá una puerta de bisagra con cerradura dotada de tres puntos de anclaje. La parte posterior se cerrará con una tapa desmontable mediante tornillos.

Las puertas dispondrán de un enclavamiento que impida el que puedan abrirse cuando haya tensión en la parte a que dan acceso, o bien todos los puntos en tensión dispondrán de protecciones mecánicas transparentes contra contactos accidentales.

El CGDBT en su conjunto será estanco a las proyecciones de agua, disponiendo al mismo tiempo de las aberturas necesarias para mantener una ventilación natural adecuada. Las entradas y salidas de cables

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

se acondicionarán con este fin. El grado de protección de la envolvente será IP54, e IP20 en las partes activas desnudas y placas de entrada y salida de cables.

El tratamiento previo de la chapa consistirá en una preparación de superficie: repaso de cordones de soldaduras, eliminación de proyecciones, porosidades, golpes y aristas vivas, desengrasado, fosfatado e imprimación. El pintado será a base de resina epoxi con posterior secado al horno. El espesor mínimo de pintura seca aplicada no debe ser inferior a cien micras (100 µm). Tanto para el color del centro como para el resto de las instalaciones se consultará a los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II. Dispondrán de cáncamos para facilitar el transporte y montaje.

Tendrá tantas entradas de alimentación como transformadores se instalen, dejando espacio libre suficiente para una adicional, en previsión del montaje futuro de un transformador adicional, el armario dispondrá del equipamiento, así como de elementos necesarios para facilitar la incorporación de una entrada adicional sin detener el funcionamiento de la instalación.

Cada módulo de entrada dispondrá de un interruptor automático magnetotérmico tetrapolar del tipo extraíble y corte omnipolar, dotado de un relé de protección diferencial ajustable con graduación de sensibilidad y temporización, con su transformador toroidal correspondiente, con capacidad para soportar los efectos de cortocircuitos, mando directo independiente a la puerta y con enclavamiento mecánico y eléctrico con el disyuntor del transformador correspondiente, de tal forma que cuando se dispare el disyuntor de alta tensión, lo haga también automáticamente este interruptor automático de entrada al cuadro. Estas entradas se montarán en un extremo del cuadro.

Igualmente dispondrá de un módulo de entrada para la conexión de un grupo electrógeno móvil o estacionario, equipado con magnetotérmico tetrapolar, enclavado mecánicamente en posición abierto por medio de una cerradura con los interruptores de baja tensión de los transformadores de potencia, con el fin de evitar retornos peligrosos en los transformadores BT/MT.

El embarrado principal, que debe estar preparado para futuras ampliaciones laterales del cuadro, será de tensión de cuatrocientos/doscientos treinta voltios (400/230 VCA), estará constituido por pletinas de cobre estañado capaces de soportar los efectos electrodinámicos de cortocircuito, siendo de la misma sección la barra de neutro que las de fase. Todas ellas estarán protegidas con una capa aislante del color adecuado a cada una de las fases y neutro.

El cálculo de la corriente de cortocircuito y efectos electrodinámicos de los embarrados e interruptores automáticos deberá realizarse teniendo en cuenta la potencia total de los transformadores instalados, incluido el de reserva. Se justificará que el embarrado y los interruptores soportan los cortocircuitos generados en los puntos en que están situados.

El CGDBT estará dotado de los elementos adecuados para su puesta a tierra y dispondrá de resistencias de calefacción reguladas mediante termostato.

Cada salida dispondrá de un interruptor automático magnetotérmico (de la intensidad adecuada en cada caso), con mando independiente a la puerta y con capacidad para soportar los efectos del cortocircuito, dotado de un transformador toroidal y de un relé de protección diferencial ajustable, con graduación de sensibilidad y temporización.

Los disyuntores de las entradas de alimentación al CGDBT serán motorizados.

En el frente del armario se instalarán los equipos de medida y señalización siguientes:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Aparatos de Medida:
  - El CGDBT dispondrá de un analizador de redes en cada una de las acometidas de alimentación, de las siguientes características:
    - Display multilínea para la indicación local de las siguientes variables: tensión simple, tensión compuesta, intensidad, potencias activa y reactiva, y consumo de energías activa y reactiva, tasa de distorsión armónica, tanto en corriente como en tensión. Todas estas variables deberán estar integradas en el sistema de control a nivel de PLC.
    - 2 salidas digitales.
    - 2 salidas analógicas.
    - Puerto de comunicación Ethernet y con capacidad de comunicación en el protocolo de comunicaciones que determine Canal de Isabel II en cada caso.
    - Sus dimensiones mínimas serán 144 mm x 144 mm.
      - Señalización óptica luminosa según especificaciones técnicas de Canal de Isabel II y planos típicos.
      - Señalización escrita: cada circuito estará señalizado con un letrero de formica negra con escritura en blanco, visible al menos desde 2,00 m de distancia, en el que figure el número de circuito a que corresponde en los esquemas y su nombre. En una parte destacada, como puede ser el ángulo superior izquierdo, se colocará un letrero de las mismas características que los anteriores, en el que figure el número del cuadro y su nombre según los esquemas eléctricos siendo visible, al menos, desde una distancia a cinco metros. Todos los letreros se fijarán mediante remaches.

Si por la concentración de equipos, un único cuadro hace las veces de cuadro general de distribución y de CCM, dicho cuadro cumplirá con las especificaciones más exigentes de ambos.

Los cuadros se realizarán acorde a los esquemas eléctricos proyectados, así como a los planos de vistas físicas.

Antes de su expedición a obra se realizará el montaje total del armario con los componentes colocados, y realizado el cableado completo, con el fin de comprobar los circuitos.

El fabricante del conjunto verificado presentará las certificaciones de las verificaciones de diseño recogidas en las normas UNE-EN 61439, emitidas por un laboratorio homologado e independiente.

Se realizará como mínimo los siguientes controles:

- Comprobación de dimensiones, espesor de chapa, acabado, etc.
- Comprobación del cableado de armarios y de cada componente en particular, de acuerdo con los esquemas, desde esto hasta los regleteros de bornas de salida.
- Comprobación de que se cumplen en todas las características indicadas en la especificación de diseño.
- Comprobación de las características y calidades de los componentes incluido en cada panel, tales como: contactores, arrancadores, transformadores, relés, fusibles, pulsadores, pilotos, regleteros de bornas, bandejas y conductores, racores, puestas a tierra, etc.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Comprobación del correcto funcionamiento de interruptores, pulsadores, lámparas piloto, relés, etc.
- Comprobación de rótulos.
- Comprobación del correcto funcionamiento de los contactores con tensiones de mando diferente a la nominal.
- Comprobación de los enclavamientos.
- Comprobación del marcado de fases.
- Comprobación de números y secciones de conductores.
- Ensayo de rigidez dieléctrica.
- Ensayo de simulación de funcionamiento.
- Ensayo de resistencia de aislamiento de cada cuadro.

Se comprobará mediante la emisión de Certificado de Cumplimiento y Certificado de Prueba los siguientes ensayos:

- Aislamiento: se realizará con una fase a tierra (si el circuito es monofásico) y se comprobará que el aislamiento es el adecuado según el vigente Reglamento de Baja Tensión.
- Rigidez Dieléctrica: consistirá esta prueba en someter al panel a una tensión 2V + 1.000 V, con un mínimo de 1500 V, siendo V la tensión nominal de servicio, el tiempo será de un minuto y se comprobará que no se producen anomalías.
- Continuidad de circuitos: consistente esta prueba en comprobar la continuidad de los circuitos principales.
- Simulación de Funcionamiento: consiste en una prueba en blanco del funcionamiento del sistema. Se comprobará que al quitar o poner los enclavamientos correspondientes, el sistema actúa de acuerdo con lo previsto.

III.3.2 Equipos de corrección de energía reactiva

En las instalaciones se montarán dos tipos de equipos de corrección de energía reactiva:

- Batería fija según especificaciones técnicas de Canal de Isabel II.
- Batería automática de condensadores según especificaciones técnicas de Canal de Isabel II.

Las baterías corresponderán en cuanto a sus funciones a las características especificadas y se situarán en los lugares y en el orden indicado en los planos correspondientes.

El fabricante, antes del suministro del conjunto verificado, realizará las verificaciones individuales según las normas UNE-EN 61439.

III.3.3 Centros de Control de Motores (CCM)

Estos cuadros son los que, alimentándose directamente del Cuadro de Distribución General de Baja Tensión (CGDBT), alojan toda la aparamenta necesaria para alimentar, controlar, señalizar, enviar y recibir señales para el mando desde el autómata, etc., del grupo de motores sobre los cuales tiene influencia. Asimismo, se aloja la aparamenta precisa para alimentar otros cuadros auxiliares con los

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

que está relacionado: cuadros en puentes grúa, equipos de control y regulación, equipos de preparación de reactivos, etc.

El Centro Control de Motores (en lo sucesivo CCM) será un Conjunto Verificado, según el conjunto de normas UNE-EN 61439.

En la fabricación del CCM, atendiendo a las normas UNE-EN 61439, se contemplarán las siguientes figuras que intervendrán en su fabricación:

- Fabricante Original: organización que lleva a cabo el diseño original y las verificaciones asociadas a un conjunto de aparamenta, conforme a la norma aplicable a dicho conjunto.
- Fabricante del Conjunto: organización que toma la responsabilidad del conjunto completo.

Para la fabricación del CCM, tanto el "Fabricante Original" como el "Fabricante del Conjunto" serán la misma organización.

Se considerarán los Centros de Control de Motores (en lo sucesivo CCM) que se precisen y que alimentarán a las distintas zonas de la instalación. Se instalarán preferentemente en una sala independiente convenientemente ventilada.

Los CCM serán de tipo autoportante, para montaje sobre suelo y de diseño normalizado en ejecución extraíble, estará formado por columnas construidas con chapa de acero galvanizada, plegada y laminada en frío de 2 mm de espesor, donde se ubicarán el módulo de acometida, colocado en un extremo del conjunto, y los diferentes módulos de salidas a receptores.

La forma de compartimentación del CCM será como mínimo 4a en la columna de acometida y 3b en las columnas de salida, según normas UNE-EN 61439, y estará diseñado para soportar los efectos electrodinámicos producidos por cortocircuitos.

El grado de protección será IP54 IK08. 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. El espesor mínimo de pintura seca aplicada no debe ser inferior a 100 µm. El color será el que en su día determine Canal de Isabel II.

La fabricación del cuadro estará condicionada a la aprobación por parte de Canal de Isabel II de los esquemas eléctricos del mismo. Dichos esquemas se irán actualizando si hubiera cambios en obra y puesta en marcha. Lo anterior no eximirá al fabricante de su responsabilidad referente al cumplimiento de normas y reglamentos aplicables.

Los esquemas mencionados incluirán planos del frontal del cuadro eléctrico con dimensiones, donde aparecerán pulsadores, indicadores, sinóptico, etc. Asimismo, incluirán unifilar general de la instalación con características eléctricas de cada equipo, protecciones principales y secciones de los cables de fuerza. Los esquemas desarrollados llegarán hasta el motor o receptor de que se trate, indicando secciones de cables y bornas y especificando las principales características eléctricas del receptor. Al final de la colección de esquemas se añadirá una lista de materiales con la descripción de marca y modelo, o similar, con las principales características eléctricas.

Serán montados completamente en fábrica, lo cual incluirá el montaje y cableado completo, así como un regletero intermedio, donde se conectarán todas las señales de entrada al autómata y salida desde el autómata, de tal manera que en obra solamente sea necesario la instalación de los cuadros y las conexiones de entrada y salida.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Los CCM serán modulares, contando con una columna de acometida, situada en un extremo, y un máximo de 6 diferentes columnas de salida. Cada una de éstas se dividirá en varios cubículos extraíbles.

En los CCM se dejará como reserva el equivalente al 25 % de la potencia instalada. Se distribuirá uniformemente en la superficie utilizada. Estas reservas, constarán de las unidades extraíbles con todos los elementos mecánicos instalados, sin aparamenta eléctrica. Del mismo modo, se deberán tener en cuenta en la columna de acometida, salidas tetrapolares y bipolares de reserva, así como el espacio de reserva para incorporar futuras alimentaciones directas.

El mando de todos los interruptores automáticos será accesible desde el exterior, sin que se precise abrir las puertas para conectarlos o desconectarlos.

El cableado se realizará en 2 canalizaciones separadas, una para circuitos de fuerza a 400/230 VCA y otro para mando y señalización a 24 V, siendo de distinto color los correspondientes a circuitos de mando y señalización.

Los CCM estarán dotados de resistencias de calefacción, reguladas mediante termostato, así como de los elementos necesarios para garantizar su adecuada ventilación.

Cada uno de los elementos que componen el CCM: aparamenta, elementos de medida, cableado, regleteros, etc., se marcarán de forma permanente con la referencia que les corresponda en los esquemas eléctricos. Queda prohibido marcar directamente sobre la aparamenta.

El embarrado general se dispondrá horizontalmente en la parte superior de las columnas, tendrá la misma sección en la barra de neutro que en cada una de las 3 fases y será capaz de soportar los efectos electrodinámicos del cortocircuito, incluso con la aportación de la corriente generada por los motores principales trabajando como generadores, de ser síncronos. Dicho cálculo deberá estar justificado en el Anexo de cálculos eléctricos del proyecto. Estará formado por pletinas de cobre estañadas de la sección precisa en cada caso. El embarrado para puesta a tierra se dispondrá horizontalmente en la parte inferior del cuadro.

El embarrado para la alimentación de las distintas celdas extraíbles estará formado por 3 o 4 barras verticales de cobre estañado de la sección precisa en cada caso, y estará protegido por pantallas aislantes que aseguren, con la puerta abierta y la celda vacía, una protección IP20.

Se justificará que el embarrado y los interruptores soportan los cortocircuitos generados en los puntos en que estén situados.

El cuadro se protegerá contra fallo de fase mediante el correspondiente relé.

En la columna de acometida se instalará un interruptor automático magnetotérmico tetrapolar regulable en umbral y temporización asociado con un relé de protección diferencial ajustable en sensibilidad y temporización, con su transformador toroidal correspondiente, dotado con bobina de disparo, con capacidad para soportar los efectos de cortocircuito, junto con un analizador de redes con tres transformadores de intensidad.

Además, en esta columna se instalarán la siguiente aparamenta:

- Los transformadores y elementos de protección necesarios para los circuitos auxiliares de mando y señalización.
- Las salidas para alimentación para cuadros auxiliares, así como sus correspondientes salidas de alimentación de reserva, que se protegerán con interruptores automáticos magnetotérmicos

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

tetrapolares y con interruptores diferenciales, con capacidad para soportar los efectos de cortocircuito.

- Los elementos de la protección frente a sobretensiones y descargas atmosféricas, que se protegerán mediante fusibles de tipo gL.
- Un analizador de redes con tres transformadores de intensidad, protegido con un interruptor automático magnetotérmico tetrapolar con capacidad para soportar los efectos de cortocircuito.

En las distintas columnas de salida se colocarán los diferentes cubículos extraíbles con los elementos precisos para la protección y el accionamiento de motores, cuya composición variará en función de la potencia del motor y de los requerimientos del receptor.

Los accionamientos de tipo electrónico, arrancadores estáticos y variadores de frecuencia, así como sus correspondientes filtros antiarmónicos (filtros dV/dt, etc.), debido al desprendimiento de calor que generan y a los problemas de compatibilidad electromagnética, no se instalarán en el interior de los cubículos de las columnas de salidas en ejecución extraíble del CCM, sino que ubicarán en columnas auxiliares en ejecución fija, con placas de montaje en su interior y dispondrán de puertas plenas.

Estas columnas auxiliares se anexarán al CCM y se seguirán considerando parte del mismo. Estarán dotadas de ventilación forzada, regulada mediante termostatos, extractores en techo y rejillas situadas en la puerta frontal o en los paneles laterales del mismo. El sistema de ventilación estará dimensionado con la capacidad suficiente para garantizar la evacuación de la totalidad de las pérdidas generadas por los equipos alojados en su interior. El sistema de ventilación no condicionará el grado de protección del cuadro.

Los teclados, displays, paneles de control, de los variadores de frecuencia o de los arrancadores estáticos, se dispondrán para que puedan manejarse, sin necesidad de abrir las puertas del armario, de forma que se facilite su manejo y visualización.

En el frente del armario se instalarán los equipos de medida y señalización siguientes:

Aparatos de Medida:

- El CCM dispondrá de un analizador de redes en cada una de las acometidas de alimentación, de las siguientes características:
  - Display multilínea para la indicación local de las siguientes variables: tensión simple, tensión compuesta, intensidad, potencias activa y reactiva, y consumo de energías activa y reactiva, tasa de distorsión armónica, tanto en corriente como en tensión. Todas estas variables deberán estar integradas en el sistema de control a nivel de PLC.
  - 2 salidas digitales.
  - 2 salidas analógicas.
  - Puerto de comunicación Ethernet y con capacidad de comunicación en el protocolo de comunicaciones que los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II determine en cada caso.
  - Sus dimensiones mínimas serán 144 mm x 144 mm.
- Señalización óptica luminosa según especificaciones técnicas de Canal de Isabel II y planos típicos.
- Señalización escrita:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Cada circuito estará señalizado con un letrero de formica negra con escritura en blanco, visible al menos desde 2,00 m de distancia, en el que figure el número de circuito a que corresponde en los esquemas y su nombre.
- En una parte destacada, como puede ser el ángulo superior izquierdo, se colocará un letrero de las mismas características que los anteriores, en el que figure el número del cuadro y su nombre según los esquemas eléctricos siendo visible, al menos, desde una distancia a cinco metros.
- Todos los letreros se fijarán mediante remaches.

Si por tamaño de la instalación eléctrica, fuera necesario un único cuadro, se refundirán las especificaciones del CGBT y del CCM, quedando claro que la ejecución de la maniobra para las distintas cargas será ejecutada en cubículos extraíbles.

Las características específicas de las distintas salidas a motores y alimentaciones serán determinadas por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II y en los correspondientes esquemas típicos.

En lo referente al control de calidad, se seguirá lo marcado en el apartado relativo a CGDBT.

III.3.4 Cuadros locales o auxiliares

Solamente se montarán cuadros auxiliares para aquellos grupos de equipos que por sus características específicas lo requieran, tales como: puentes-grúa, equipos preparación de reactivos, etc.

Será un Conjunto verificado, según la serie de normas UNE-EN 61439 y marcado CE.

El diseño eléctrico de los circuitos deberá estar acorde a las directrices de Canal de Isabel II, para en caso de ser necesario, se puedan integrar al sistema de control de la instalación.

Los cuadros que deban montarse en el interior de edificios estarán fabricados en poliéster reforzado con fibra de vidrio, mientras que los que se instalen a la intemperie, serán metálicos.

Los elementos de mando, control y señalización estarán montados sobre una puerta opaca que estará protegida por otra, provista de una ventana transparente con burletes elásticos que garanticen su estanquidad.

Los cuadros locales o auxiliares tendrán un grado de protección mínimo IP54 y acabado en el color RAL 1028, o el que determinen los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

Dispondrán, como protección general, un interruptor magnetotérmico tetrapolar, con poder de corte acorde a su punto de instalación, asociado con un relé diferencial indirecto regulable en tiempo y sensibilidad.

Los pulsadores de emergencia serán accesibles sin necesidad de abrir las puertas del cuadro, estarán colocadas en un lugar visible y que favorezca su accionamiento.

Estarán dotados de ventilación forzada, regulada mediante termostatos y con extractores en el techo. Dispondrá de rejillas situadas en la puerta frontal o en los paneles laterales del mismo, atendiendo a su montaje. Dispondrán de iluminación interior, que se accionará al abrir cualquier puerta.

Las entradas de los cables se realizarán por medio de prensaestopas.

La distribución del cableado en los cuadros se realizará a través de canaletas de material plástico, de apertura y cierre rápido y nunca se mezclarán, dentro de un mismo canal, distintos tipos de energía.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

El tipo de cableado de los cuadros será el NEMA tipo C, que consiste en llevar los cables de salida hasta una regleta de bornas situada junto a las entradas de cables del exterior. Cada uno de los cables de unión entre los elementos llevará una identificación, que deberá coincidir.

Los circuitos de mando se realizarán a tensión 24 VCA, mediante transformadores de circuitos separados y protegidos mediante interruptores automáticos bipolares. Con el fin de evitar caídas de tensión, las bobinas de los contactores serán alimentadas a 230 VCA, a través de relés auxiliares situados en el circuito de mando a 24 VCA. Tanto los circuitos de 230 VCA como los de 24 VCA serán protegidos con interruptores magnetotérmicos bipolares.

Todo cuadro eléctrico dispondrá de una cartera (interior a él) donde se depositará una copia del esquema eléctrico del mismo, tanto de fuerza como de maniobra.

Siempre existirá un mínimo de 25 % de la superficie (uniformemente repartida) de cada cuadro libre en condiciones de poder ser utilizada para ampliaciones o modificaciones. Las canaletas para cables estarán ocupadas en un máximo del 75 %.

En las zonas donde pueden producirse atmósferas explosivas, los cuadros se construirán e instalarán de acuerdo con la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-29 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por Real Decreto 842/2002.

El fabricante, antes del suministro del conjunto de verificado, realizará las verificaciones individuales según las normas UNE-EN 61439.

En lo referente al control de calidad, se seguirá lo marcado en el apartado relativo a CGDBT.

III.3.5 Líneas de alimentación, distribución, mando y señalización

Comprende las líneas de alimentación desde las bornas de baja tensión de los transformadores hasta el cuadro de distribución general, desde éste hasta los cuadros de alumbrado y hasta los centros de control de motores, y desde éstos hasta los cuadros auxiliares y hasta los distintos receptores. Forman parte también de estas líneas, las correspondientes a circuitos de mando y señalización.

Para acometidas a cuadro de distribución general superiores a 1600 A, éstas se ejecutarán mediante blindobarra o sistema similar en cobre o aluminio desde el transformador correspondiente.

En el resto de los casos, todos los conductores serán de cobre con doble aislamiento en seco de polietileno reticulado, siendo de emisión de humos, opacidad reducida y resistente al fuego cuando así lo determine la correspondiente ficha. Corresponderán a la designación de las normas UNE RV 0,6/1 kV. Los cables para aplicaciones generales en construcción cumplirán la Norma UNE-EN 50575:2015 de reacción frente al fuego.

Serán de una sola pieza, no permitiéndose empalme alguno.

Sus extremos estarán dotados de los terminales adecuados, así como de su identificación de forma permanente de acuerdo con los esquemas.

Además de las secciones mínimas fijadas por la reglamentación vigente (intensidad máxima admisible y criterios de caída de tensión desde bornes de baja tensión del transformador hasta el receptor), en el momento de realizarse la instalación, se establecen las siguientes:

- Para fuerza: 2,5 mm².
- Para maniobra y señalización: 2,5 mm² en el caso de utilizar cables unipolares y de 1,5 mm² si se utilizan cables multipolares.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Por cada conjunto de cables de maniobra, control y señalización que conexionen entre sí cuadros, sinópticos, etc. se dejarán como reserva un mínimo de conductores igual al 20 %.

Si la intensidad de corriente que circulase por algún tramo concreto de la instalación fuese muy elevada, puede estudiarse la sustitución de cables por barras de cobre debidamente blindadas.

El tendido de cables, según la parte de instalación a que pertenezcan, podrá realizarse de forma subterránea, sobre bandejas o bajo tubo. Se realizarán canalizaciones independientes por tensiones y dentro de éstas, los conductores tendrán colores diferentes según al tipo de circuito que correspondan (mando, señalización, etc.).

Siempre que sea posible, las canalizaciones eléctricas se llevarán por galerías de inspección y vigilancia sobre bandejas perforadas de acero laminado en frío y galvanizadas en caliente posteriormente a su mecanización, según UNE-EN ISO 1461:2010, colocadas en la parte más alta de ésta y a unos 30 cm por debajo de la losa de cierre, preferentemente fijadas sobre la pared en disposición vertical.

Dentro de los edificios, se canalizarán sobre bandejas de compuesto termoplástico libre de halógenos, preferentemente fijadas sobre la pared en disposición vertical, mediante soportes adecuados. Las ramificaciones desde éstas hasta los receptores se canalizarán en tubos del mismo material que las bandejas.

En recorridos intrincados, se podrá utilizar bandejas de varillas electrosoldadas galvanizadas en caliente, siendo éstas cosidas mediante cable de cobre desnudo de al menos 35 mm^2, perfectamente grapado y conectado a la tierra de protección de masas de utilización.

Las canalizaciones que hayan de realizarse en el exterior podrán ser aéreas o subterráneas.

Las canalizaciones aéreas serán metálicas y galvanizadas en caliente. Se podrán canalizar bajo tubo metálico, sobre bandejas portacables metálicas de acero laminado en frío o sobre bandeja portacables de varillas electrosoldadas, siendo estas últimas cosidas mediante cable de cobre desnudo de al menos 35 mm2. Las bandejas portacables siempre estarán dotadas con tapa.

La instalación dispondrá de cajas de registro accesibles, en aleación de aluminio, debidamente dimensionadas para la inspección y manipulación de los cables, siendo sus medidas mínimas de 120 mm x 120 mm x 60 mm.

Estarán dotadas de prensaestopas metálicos para la entrada y salida de cables. Dispondrán de un grado de protección IP67.

Las canalizaciones subterráneas serán entubadas y dispondrán de los elementos de protección y señalización que prescriba la reglamentación vigente en el momento de efectuarse el montaje. Durante éste, se dejará metida la guía para el posterior paso de cables.

Se construirán el suficiente número de arquetas, debidamente dimensionadas, para que puedan sustituirse cables con facilidad. Los cables estarán etiquetados de forma permanente a su paso por cada arqueta.

Las arquetas se ubicarán de tal modo que garanticen el aislamiento y eviten el intercambio de ambientes entre las diferentes salas o zonas de la instalación.

El número de capas será de 3 en los tendidos subterráneos y de 2 sobre bandeja.

Los circuitos de fuerza a 400/230 VCA y los de mando y señalización a 24 VCA se llevarán por canalizaciones separadas por tensiones.

Todas las conexiones se efectuarán dentro de cajas de derivación, que serán estancas, y se realizarán por medio de bornas de carril DIN.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Para cada zona de la instalación existirán tomas de corriente, repartidas uniformemente en la superficie de la parcela. Se dotará de un mínimo de dos por planta o instalación. Se instalarán en una única envolvente de características similares a los cuadros locales. Se les dotará de acometida única y constarán de, al menos, una base enchufe mural estanca de 3P+T de 32 Amperios para servicios, una base enchufe mural estanca de 2P+T de 16 Amperios y una base enchufe mural estanca de 2P+T de 16 Amperios tipo schuko. Cada una de las tomas dispondrá de protección magnetotérmica y diferencial general.

III.3.6 Motores

Las características serán, en general, las siguientes:

- Tipo jaula de ardilla, con forma constructiva IM 1001.
- Tensión: 400/230 VCA para los motores inferiores a 18,5 kW y 690/400 VCA para los de potencia igual o superior a 18,5 kW. En caso de potencias superiores a 300 kW los motores serán de alta tensión.
- Frecuencia: 50 Hz.
- Aislamiento: Clase F.
- Calentamiento: Clase B.
- Vibración: cumplirán con la norma UNE-EN 60034-14: “Máquinas eléctricas rotativas. 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”; Grado A para motores con P<75 kW, Grado B para motores con P ≥ 75 kW (tamaño CEI 315L o mayores).
- Ambiente: exterior. Temperatura ambiente de 40 °C.
- Carcasa y ventilador: provistos de pintura anticorrosiva.
- Protección: Completamente cerrados. Clases IP54 o IP68 (para elementos sumergidos de manera continua en agua), según normas UNE-EN 60529:2018, a excepción de los situados en las zonas de las plantas en que puedan existir gases explosivos, donde deberán cumplirse las exigencias de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-29 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por Real Decreto 842/2002.
- Arranque: directo hasta 10 kW, mediante arrancador electrónico entre 10 y 18,5 kW y mediante arrancador estático para potencias mayores de 18,5 kW, según especificaciones de las correspondientes fichas técnicas. El accionamiento de los motores de las bombas que forman parte del bombeo a red de agua reutilizada se realizará mediante variadores de frecuencia.
- Eficiencia: deberán ser IE3 mínimo.
- Normas CEI y UNE, referentes a máquinas eléctricas rotativas.

Estas características sólo podrán ser obviadas en el caso de motores de accionamiento de máquinas especiales, debidamente justificadas.

Relés electrónicos multifunción:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Potencias igual o superior a 18,5 kW y menores a 75 kW: llevarán protecciones contra sobrecargas, defecto a tierra, inversión de fase, fallo de fase y asimetría, y térmica de devanados a través de termistancias.
- Potencias igual o superior a 75 kW: llevarán protecciones contra sobrecargas, fallo de fase, defecto a tierra, bloqueo, inversión de fases, asimetría de fases, subcarga y térmica en devanados a través de termistancias. Además, dispondrán de resistencias de caldeo para evitar condensaciones y sondas termométricas para vigilancia de la temperatura de los cojinetes, con dispositivo de alarma por calentamiento.

Los motores con potencia superior a 75 kW llevarán resistencias de caldeo que se conectarán y desconectarán automáticamente al pararse y arrancarse el motor. Asimismo, llevarán sondas termométricas para la medida de la temperatura de los rodamientos, con dispositivos de alarma por calentamiento.

Se colocarán termistancias CTP para aquellos motores cuya potencia sea igual o superior a 18,5 kW.

Los motores con posición de montaje IM-1011, IM-3011, IM-3611 Y IM-2011 instalados en el exterior, deberán estar previstos con doble protector de entrada de aire del ventilador o caperuza para evitar su inundación.

Los motores tienen que ser de fácil accesibilidad para todos los trabajos de mantenimiento.

El aire de refrigeración no debe tener impedimentos físicos en su circulación.

Si después del montaje del motor no fuera bien legible la placa de características, hay que ponerle una segunda placa en una zona que permita su fácil lectura.

Si un sentido de giro falso pudiera conducir a un perjuicio, se tendrá que marcar de forma claramente visible el sentido nominal de giro en el motor.

La orden de arranque de los motores se deberá poder efectuar de forma local, mediante el selector de la botonera situada al pie del motor.

La botonera a pie de motor será de tipo de caja estanca de fundición de Al, con un grado de protección IP65. Tendrá selector Local - 0 - Remoto, así como pulsador de parada de emergencia y serán instaladas sobre soportes del tipo Canal de Isabel II.

Además, se podrá emitir la orden de arranque del motor de modo remoto desde el PLC.

Los motores accionados por variador de velocidad dispondrán de cojinete asilado en el extremo pasivo.

De todos los motores a instalar se exigirá Protocolo de Pruebas, que recogerá como mínimo los siguientes controles:

- Ensayo de cortocircuito.
- Ensayo de vacío.
- Ensayo de calentamiento.
- Rendimiento a 2/4, 3/4 y 4/4 de plena carga.
- Factor de potencia a 2/4, 3/4 y 4/4 de plena carga.
- Pérdidas globales.
- Par máximo.
- Par inicial.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Nivel de ruido.
- Del núcleo magnético: características magnéticas y aislamiento.
- Del inducido: aislamiento del cobre.
- Del rotor: características magnéticas.
- Se realizará, así mismo, inspección de la carcasa.
- Carcasa: Control dimensional y Certificado.
- Eje: Control dimensional y Certificado.
- Portaescobilla: Control dimensional.
- Inspección de los siguientes elementos auxiliares: cojinetes, engrase, caja de bornas, puesta a tierra, placa de características, ventilador y tapa, así como de la pintura de protección.

De todos estos controles se entregará un programa de puntos de inspección debidamente cumplimentado.

III.3.7 Instalación de tierras de utilización

La tierra de utilización cumplirá con las especificaciones dictadas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, y se ejecutará de forma independiente a la tierra de protección del centro de transformación.

Estará formada por cables de cobre desnudo de 50 mm² unidos en diversos puntos a picas de acero cobrizado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, ubicadas en pozos dispuestos para este fin, ejecutándose éstos preferentemente en las proximidades de cada armario o receptor importante.

Todas las masas de los elementos que componen la instalación estarán conectadas a la tierra de utilización con cables de cobre de 35 y 50 mm^2, mientras que los báculos y columnas de alumbrado se conexionarán con cable de 16 mm^2.

Se dejará preparada para poder conectarla en el futuro, si se considera conveniente y concurren las circunstancias precisas, a la puesta a tierra de masas del centro de transformación.

Las verificaciones previas a la puesta en servicio de las instalaciones deberán ser conformes a la legislación vigente; ensayos instalaciones de puesta a tierra: medida de resistencia de puesta a tierra.

III.4 Alumbrado

III.4.1 Cuadro General de Alumbrado (CGA)

El Cuadro General de Alumbrado, en lo sucesivo (CGA), estará diseñado para alojar toda la aparamenta necesaria para la distribución de los circuitos de alumbrado de edificios y de los circuitos de alumbrado exterior, así como su gobierno y control.

El CGA se alimentará directamente del Cuadro de General de Distribución de Baja Tensión.

Será un Conjunto verificado, según la serie de normas (UNE-EN 61439-1, UNE-EN 61439-2, UNE-EN 61439-3, UNE-EN 61439-4, UNE-EN 61439-5 y UNE-EN 61439-6) y marcado CE.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

El cuadro será de tipo prefabricado de primera calidad a base de acero laminado y con puerta que pueda montarse a ambas manos. Tendrá un grado de protección mínimo IP-55 y su color será RAL 1028 o el que los técnicos de Canal de Isabel II indiquen.

El diseño eléctrico de los circuitos y las diferentes configuraciones eléctricas, serán determinadas por Canal de Isabel II.

Este cuadro se diseñará para realizar las siguientes funciones:

- Distribución de circuitos para cuadros locales de alumbrado de edificios: se dotarán de tantos circuitos de fuerza como cuadros locales de alumbrado disponga la instalación. En general, las infraestructuras de reutilización que precisen alumbrado serán edificios únicos, por lo que, en dicho caso, no se necesitarán cuadros locales de alumbrado.
- Distribución y Control del Alumbrado Exterior: el mando para el control del alumbrado exterior deberá diseñarse contemplando los siguientes modos de funcionamiento:
- Encendido y apagado por célula fotoeléctrica.
- Encendido y apagado por reloj astronómico.
- Encendido y apagado por célula fotoeléctrica y reloj astronómico.
- Encendido y apagado manual de cada circuito.

Para ello se dotará al cuadro de los siguientes elementos:

- Un selector de tres posiciones para seleccionar el modo funcionamiento.
- Un selector de tres posiciones “manual 0 automático” para cada uno de los circuitos que formen parte del alumbrado exterior.
- Un reloj astronómico con contactor de encendido y apagado regulables.
- Dispositivo de célula fotoeléctrica.

El circuito de mando será a tensión de veinticuatro voltios (24 VCA).

El CGA dispondrá de protección frente a sobretensiones y descargas de tipo rayo.

Toda la aparamenta, regleteros, cableados, etc., se marcará de forma permanente de acuerdo con los esquemas eléctricos.

Las entradas de los cables se realizarán por medio de prensaestopas.

La fabricación del cuadro estará condicionada a la aprobación por parte de Canal de Isabel II de los esquemas eléctricos del mismo.

Todo cuadro eléctrico dispondrá de una cartera (interior a él) donde se depositará una copia del esquema eléctrico del mismo, tanto de fuerza como de maniobra.

El control de calidad del fabricante del conjunto será una entidad independiente y certificará los ensayos de tipo recogidos en las normas UNE-EN 61439-1 UNE-EN 61439-2 y el marcado CE.

El proyectista estudiará los edificios según sus tamaño o características y les dotará del número de Cuadros Locales de Alumbrado necesarios para disponer de la cobertura óptima, garantizando los niveles de iluminación exigidos en cada caso.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

III.4.2 Alumbrado exterior

Salvo indicación contraria se establece el siguiente nivel mínimo de iluminación:

- Viales
  - Iluminación media: 20 lux
  - Uniformidad media: 40 %
- Zonas de equipos
  - Iluminación media: 75 lux en escaleras
  - Iluminación media: 50 lux en resto de zonas
  - Uniformidad media: 50 %

Se cumplirá con lo exigido en el reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior, aprobado por Real Decreto 1890/2008 de fecha 14 de noviembre.

El alumbrado exterior será tipo LED y deberá disponer de certificado de garantía mínimo de 5 años del fabricante en cuanto a factor de mantenimiento y vida útil bajo condiciones de uso de 4.000 h/año, temperatura de 25 °C en horario nocturno.

El factor de potencia será corregido independientemente en cada punto de alumbrado.

El circuito de maniobra será a tensión de 24 VCA.

Cada punto de luz estará formado por 1 báculo o columna de altura mínima de 9,00 m, sobre el cual se montarán luminarias LED.

El equipo de encendido se montará sobre la columna o báculo en lugar fácilmente accesible y protegido contra los agentes atmosféricos.

Cada báculo o columna se conectará a la red general de tierras o se le dotará de pica independiente, según los casos.

El número mínimo de circuitos será de 2 con el fin de tener alumbrado de "noche" y de "media noche", procurando, siempre que sea posible, hacer circuitos cerrados en forma de anillo.

III.4.3 Alumbrado antideflagrante

En las zonas donde pueden producirse atmósferas explosivas, la instalación se realizará de acuerdo con la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-29 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por el Real Decreto 842/2002.

III.4.4 Alumbrado de edificios

Se utilizarán, en espacios interiores industriales, lámparas estancas de halogenuros metálicos de luz blanca. 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.

Salvo indicación contraria se establece el siguiente nivel mínimo de iluminación:

- Cuando sea necesaria una distinción pequeña de detalle (vestuarios, aseos, trasteros, etc.): 100 lux.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Cuando sea necesaria una distinción media de detalle (zona de trabajo: 300 lux; zonas de paso: 20 lux).

En cada edificio se montará un cuadro prefabricado de primera calidad, a base de acero laminado y con puerta que pueda montarse a ambas manos. Dicho cuadro alojará como mínimo los siguientes elementos:

- 2 interruptores automáticos diferenciales de sensibilidad 0,03 A, 1 para circuito de fuerza y 1 para circuitos de alumbrado.
- Tantos interruptores automáticos magnetotérmicos como circuitos de fuerza y alumbrado sean necesarios en el edificio.

El factor de potencia será corregido independientemente en cada punto de alumbrado.

El tipo de instalación será acorde en cada edificio, dejándose introducidas guías en los tubos durante el montaje para el posterior paso de cables.

Existirán dispositivos de alumbrado de emergencia en todos los edificios, disponiéndose de medios de iluminación de emergencia adecuados a las dimensiones de los locales y número de trabajadores ocupados simultáneamente, capaces de mantener, al menos durante una hora, un nivel de iluminación de 5 lux a nivel de suelo. Su fuente de energía será independiente del sistema normal de iluminación.

- Edificio de control
  - Nivel mínimo de iluminación 600 lux.
  - La instalación será empotrada, bajo tubo corrugado y cajas de PVC.
  - El cable cumplirá la designación RV 0,6/1 kV de las normas UNE.
- Edificios industriales
  - Nivel mínimo de iluminación 200 lux a nivel de suelo, y además se discriminarán diferentes zonas dentro del edificio, atendiendo a las exigencias de iluminación:
    - Zonas de operación y mantenimiento de equipos 300 lux.
    - Salas destinadas al servicio eléctrico 500 lux.
  - La instalación será al aire bajo tubo y cajas de PVC rígido. La entrada de cables será mediante prensaestopas.
  - El cable cumplirá la designación RV 0,6/1 kV de las normas UNE.
- Edificios con posibilidad de presencia de gases
  - El cuadro se montará en una zona del edificio en la que no pueda haber presencia de gases.
  - Será de tipo antideflagrante y cumplirá la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-29 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por Real Decreto 842/2002.
  - El cable responderá a la designación RV 0,6/1 kV de las normas UNE.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

IV Diseño del sistema de reutilización

IV.1 Información previa

Antes de proceder al estudio de una red de reutilización, como mínimo será necesario disponer de la siguiente documentación:

- Cartografía de la zona.
- Plano con la red hidrográfica y las cuencas vertientes.
- Características geológicas de la zona (plano geológico).
- Estudio y plano de la red existente.
- Ordenanzas municipales.
- Planos de ordenación y clasificación del suelo.
- Planos de situación de todos los servicios e instalaciones subterráneas y aéreas.
- Condicionantes de servicios existentes para la ejecución de las obras (condiciones impuestas por los organismos afectados).
- Características de las EDARs que servirán de origen a la red, indicando los caudales disponibles de las mismas.
- Características de los parques, zonas verdes, jardines, campos de golf a regar y otros posibles usos a considerar.
- Autorización para reutilización de aguas depuradas, otorgada por la Confederación Hidrográfica del Tajo (CHT), en la que se incluye el volumen máximo anual autorizado de agua regenerada.

IV.2 Criterios generales de diseño

El funcionamiento hidráulico de las redes de reutilización objeto de la presente Norma será siempre bajo presión hidráulica interior. Si, excepcionalmente, se dispusieran conducciones cuyo funcionamiento hidráulico fuera en lámina libre, se atenderá a las especificaciones que indiquen los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II al respecto.

Conforme a lo especificado en el apartado *II.1 Generalidades*, las redes de los sistemas de reutilización se clasifican en los tres niveles siguientes:

- Red de aducción.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Red de distribución.
- Red de aplicación.

Los diámetros mínimos de las conducciones a instalar en las redes serán los indicados en la *Tabla 31* adjunta.

Tabla 31. Diámetros mínimos de las tuberías a instalar en la red de reutilización

Tipo de red	***Diámetro mínimo DN (mm)***
Red de aducción	150
Red distribución	80

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 *IV.4.2 Hipótesis de cálculo*, en función de la hipótesis de cálculo considerada.

Las tuberías que se instalen en el sistema de reutilización deberán tener una PFA superior o igual a la presión de diseño DP (PFA ≥ DP) y una PMA mayor o igual a la presión máxima de diseño MDP (PMA ≥ MDP), cumpliendo lo establecido en el apartado *II.2.1 Generalidades. Mapa de usos*.

En el caso de que las respectivas normas de productos de las diferentes tipologías de tuberías incluidas en esta Norma, 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.

IV.3 Trazado

IV.3.1 Consideraciones generales

El trazado de las redes de reutilización deberá ser tal que se garantice que no se produce ninguna interconexión, accidental o de otro tipo, con las redes de abastecimiento de agua potable.

El agua necesaria para la limpieza de las redes de reutilización se aportará mediante una conexión con la red de abastecimiento de agua potable a la salida de la estación regeneradora y en los depósitos de cabecera, efectuando la acometida siempre por encima del máximo nivel del depósito.

En cualquier caso, el trazado consistirá, en general, en alineaciones rectas tanto en alzado como en planta entre las que se intercalará el correspondiente codo junto con un macizo de anclaje (ver apartado *IV.6 Anclaje de conducciones a presión*).

En cualquier afección a infraestructuras existentes o proyectadas de otros servicios se requerirá el informe preceptivo del organismo o compañía responsable.

Las separaciones mínimas entre las generatrices externas de las tuberías de agua regenerada alojadas en zanja y las de los conductos, o las aristas de los prismas, de los demás servicios instalados con posterioridad serán las siguientes, según la *Tabla 32* adjunta:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 32. Separaciones mínimas con otros servicios

Servicio	***Separación en planta***	***Separación en alzado***
	(cm)	***(cm)***
Abastecimiento	150	30
Saneamiento	100	20
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 correspondientes, según los casos.

Respecto al trazado específico de las conducciones, deberán observarse las siguientes prescripciones.

IV.3.2 Trazado en planta

Siempre que sea posible se seguirán las siguientes recomendaciones en el trazado de las conducciones.

Preferentemente, el trazado deberá ir por zona verde la mayor longitud posible.

En las redes urbanas el trazado de las redes de reutilización 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 el 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 relación con las distancias mínimas a los edificios, deberán tomarse las necesarias precauciones para evitar cualquier afección a sus cimientos, debiendo respetar, en cualquier caso, una separación mínima de unos 2 m, así como una distancia mínima de 1 m a los bordillos.

La separación en planta a las redes de distribución de agua potable será la máxima posible, recomendándose que sea, como mínimo, de 1,5 m. Caso de no ser posible, se adoptarán las medidas de protección que los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II consideren oportunas.

En el proyecto se establecerán las siguientes limitaciones por afecciones que, en cualquier caso, serán determinadas por el Organismo gestor en cuestión.

a) Dominio Público Hidráulico

Las limitaciones en la afección al dominio público hidráulico quedan recogidas en:

- Real Decreto Legislativo 1/2001, Texto Refundido de la Ley de Aguas.
- Real Decreto 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Cauce natural de una corriente continua o discontinua, es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias (artículo 4 del Real Decreto Legislativo 1/2001 y artículo 4 del Real Decreto 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 Real Decreto Legislativo 1/2001 y artículo 6 del Real Decreto 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.

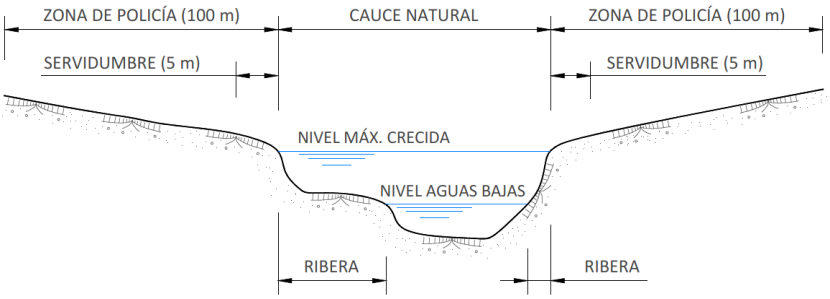


Figura 44. Cauce, zona de servidumbre y zona de policía (Real Decreto Legislativo 1/2001)

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 reutilización 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 su ejecución, se restaurará completamente el lecho del cauce.

b) Carreteras

En función del tipo de carretera que se trate, se atenderá a lo dispuesto en la siguiente legislación:

- Legislación estatal: Ley 37/2015 de Carreteras y el Real Decreto 1812/1994, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el 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 33* y *Tabla 34* se indican las distancias de uso y defensa de la carretera establecidas en dicha legislación.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- 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 33. Uso y defensa de la carretera (Ley 37/2015 de Carreteras, ver Figura 45)

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

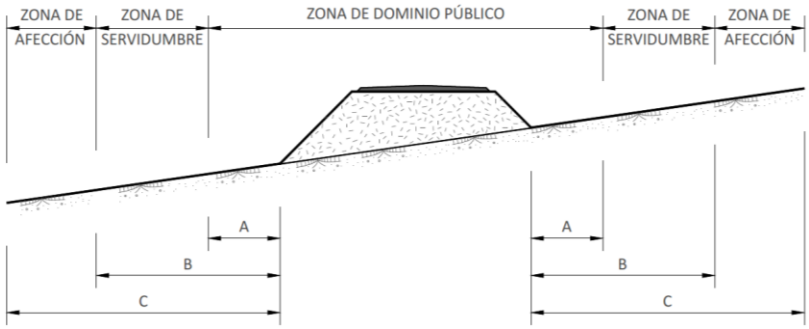


Figura 45. Uso y defensa de la carretera (Ley 37/2015 de Carreteras)

En las carreteras de titularidad estatal, como norma general, la tubería se instalará fuera de las zonas de dominio público y de servidumbre.

Tabla 34. Uso y defensa de la carretera (Ley 3/1991 de Carreteras de la Comunidad de Madrid, ver en Figura 46 y Figura 47)

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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

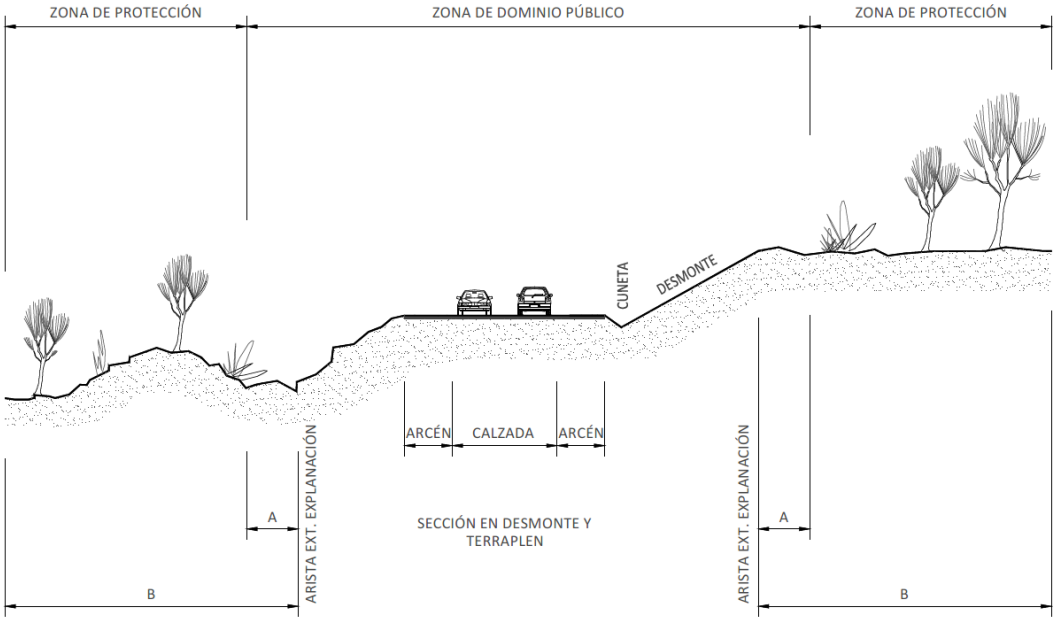


Figura 46. Uso y defensa de la carretera (Ley 3/1991 de Carreteras de la Comunidad de Madrid)

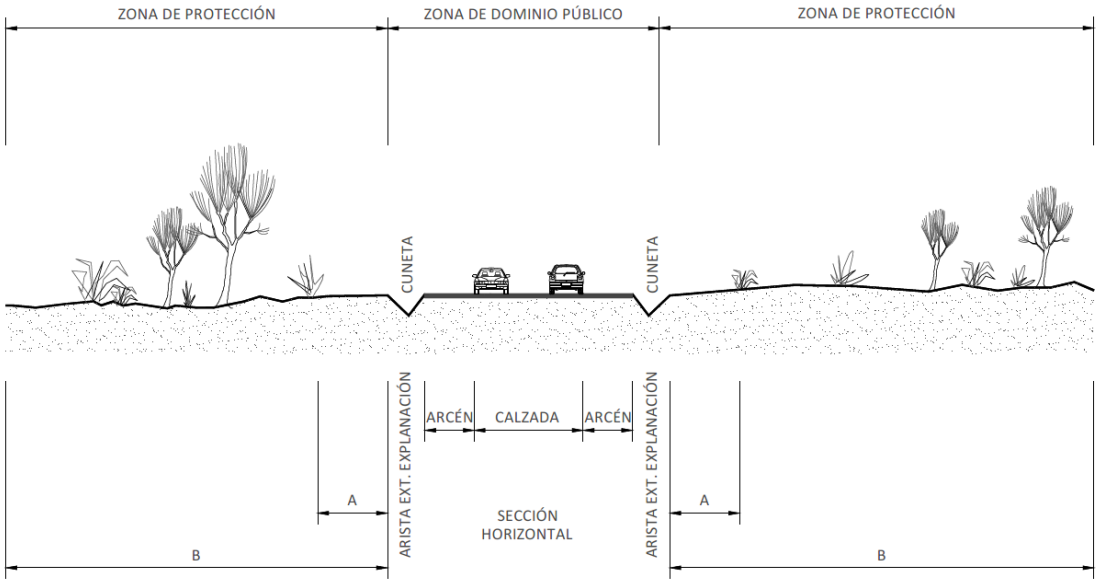


Figura 47. Uso y defensa de la carretera (Ley 3/1991 de Carreteras de la Comunidad de Madrid)

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 o Comunidad de Madrid) las previsiones de futuro con relación a duplicaciones de calzada, enlaces, glorietas, etc. y pedir la correspondiente autorización para realizar cualquier tipo de obra que afecte a estas infraestructuras.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

c) Ferrocarril

Las limitaciones en la afección a las infraestructuras ferroviarias se recogen en:

- Ley 38/2015 del Sector Ferroviario.
- Real Decreto 2387/2004, de 30 de diciembre, por el que se aprueba el 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 35. Uso y defensa del ferrocarril (Ley 38/2015 del Sector Ferroviario, ver Figura 48)

Tipo de suelo	***Distancia a la arista exterior de la explanación (m)***	
	A	***B***
General	8	70
Suelo urbano consolidado	5	8

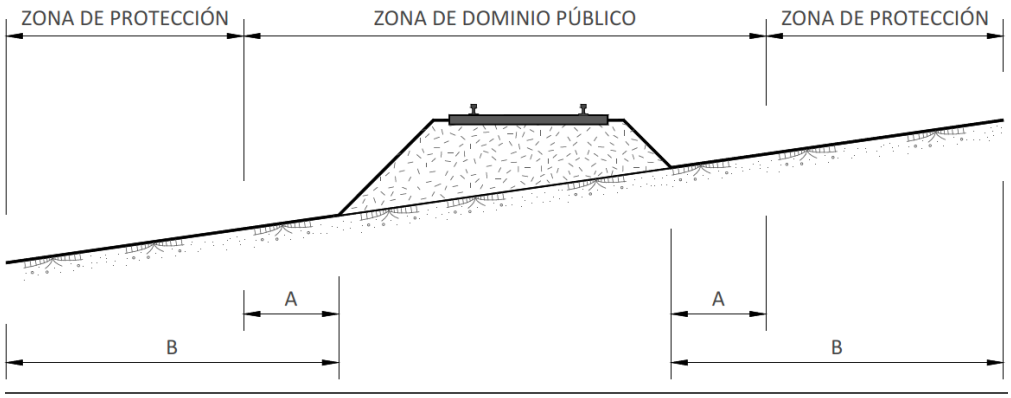


Figura 48. Uso y defensa del ferrocarril (Ley 38/2015 del Sector Ferroviario)

d) 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 8/1998 de Vías Pecuarias de la Comunidad de Madrid. Esta Ley asegura la conservación de las vías y regula sus usos.

Durante la definición del trazado de las tuberías se evitará ocupar las vías pecuarias longitudinalmente.

Será de aplicación lo establecido para las vías pecuarias en la Ley 9/2010 de Medidas fiscales, administrativas y racionalización del sector público y la Ley 6/2013 Medidas fiscales y administrativas, ambas de la Comunidad de Madrid, que modifican parcialmente a la Ley 8/1998.

e) 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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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.

f) 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 Real Decreto 614/2001 sobre Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

g) 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.

Si la conducción proyectada afecta de forma definitiva o temporal a viales o terrenos no públicos, se establecerá el correspondiente documento de imposición de uso, servidumbre o expropiación, según proceda. Los datos para estos documentos podrán formar parte del propio proyecto, y en ellos deberán señalarse tanto los propietarios privados como los organismos públicos afectados. Será indispensable disponer de los terrenos previamente al replanteo del Proyecto.

IV.3.3 Trazado en alzado

La profundidad mínima de las conducciones de reutilización se determinará de forma que se garantice que la conducción quede protegida frente a las acciones externas, especialmente el tráfico rodado (ver apartado *IV.5*) y preservada de las variaciones de temperatura.

No obstante, como criterio general, la profundidad mínima de enterramiento será de 1 m o un valor igual al diámetro exterior (el mayor de ambos). Cuando estos recubrimientos mínimos no puedan 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 apartado *IV.2 Criterios generales de diseño.*

En cualquier caso, las redes urbanas de reutilización deberán situarse en posición intermedia entre las de alcantarillado y las de abastecimiento, debiendo estar lo suficientemente alejadas de éstas últimas para evitar que filtraciones o pérdidas de agua regenerada puedan afectar a las tuberías de agua potable.

La pendiente mínima de las conducciones será del 0,4 %, independientemente que el agua vaya en sentido descendente o ascendente, para evitar los problemas de explotación que origina la acumulación de aire en el interior de las conducciones.

Se dispondrán válvulas de aeración y desagües en los puntos altos y bajos respectivamente relativos a cada tramo. Los desagües deberán disponerse de tal manera que puedan conectarse a la red de alcantarillado.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

IV.4 Dimensionamiento hidráulico de las conducciones

IV.4.1 Dotaciones y demandas

Las redes de reutilización de agua deberán ser diseñadas para atender las demandas de agua de la siguiente naturaleza:

- Riego de zonas verdes (parques y jardines).
- Riego de instalaciones deportivas y de ocio.
- Baldeo de calles.
- Usos industriales.
- Posible recarga de acuíferos y usos ambientales.
- Otros usos.

Se deberá considerar como dotación de cálculo la que se defina en la legislación vigente.

El Plan Hidrológico del Tajo de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo 2015-2021 (PHT), aprobado mediante Real Decreto 1/2016, de 8 de enero, en el "Anexo V Disposiciones normativas del Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo 2015-2021", incluido en el mencionado RD, hace referencia dentro de su "Apéndice 9 Dotaciones" a una **dotación máxima de riego de zonas verdes**.

Dicha *"**dotación máxima de referencia se establece en 2.500 m³/Ha** año para zonas ajardinadas de nueva construcción o reformas de zonas ajardinadas existentes. En el caso de zonas ajardinadas existentes que no se propongan reformar, o de **zonas ajardinadas que se rieguen con aguas residuales regeneradas, esta dotación podrá alcanzar como máximo los 4.000 m³/Ha/año, previa justificación técnica** adecuada de las necesidades hídricas y de la eficiencia alcanzada en la instalación de distribución y riego. En el caso de jardines históricos no aplicarán los máximos anteriores, debiendo justificarse en cada caso la dotación necesaria"*. Por tanto, la dotación máxima a aplicar para el riego de zonas ajardinadas que se rieguen con aguas residuales regeneradas se establece en 4.000 m³/Ha/año, debiéndose justificar técnicamente esta dotación, y exceptuando el caso de jardines históricos, en los cuales no se aplicarán los máximos anteriores, debiendo justificarse en cada caso su dotación necesaria.

Como referencia de diseño y cálculo, y a título orientativo, podrá considerarse la dotación anual de 2.250 m³/Ha·año, correspondiente a aplicar una dotación de 1,5 l/m²·día 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 36 Dotaciones medias* .

Tabla 36. Dotaciones medias de la hectárea tipo

Zonificación	***Suelo (%)***	***Dotación (l/m²·día)***	***Acumulado (l/m²·día)***
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
	100		1,5

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Como documentación adicional de referencia, se incluye en el *Anexo 3*. *Necesidades hídricas de los cultivos*, el método de cálculo de las necesidades hídricas a partir de la evapotranspiración y precipitación efectiva. En dicho anexo se emplea la hectárea tipo como referencia para establecer los porcentajes de tipos de cultivo establecidos según la *Tabla 36*, considerándose unos valores orientativos de precipitación efectiva y de evapotranspiración del cultivo para los distintos municipios de la Comunidad de Madrid, obteniendo la dotación de cada cultivo en función de dicha zonificación por municipio.

Se deberá adecuar la estructura y composición de las zonas verdes a fin de asegurar la sostenibilidad ajustando las dotaciones medias de agua para riego a los estándares exigibles, colaborando así en el uso racional de este recurso.

Como referencia para el dimensionamiento y cálculo de las dotaciones de zonas verdes, y a título orientativo, podrán considerarse los siguientes criterios técnicos, de tal manera que no superen el límite establecido por la Confederación Hidrográfica del Tajo:

- A partir de dotaciones y superficies reales (zonas verdes existentes o consolidadas) o proyectadas (zonas verdes de nueva construcción o a reformar).
- A partir del número de aparatos y sus características (aspersores, difusores, goteos, bocas de riego…) existentes reales (zonas verdes existentes o consolidadas) o que se estime vayan a funcionar (zonas verdes de nueva construcción o a reformar), días de riego al año, horas de riego al día, simultaneidad entre aparatos…
- Hectárea tipo sequía 1991-1993: 2.250 m^3/Ha año.
- Anexo 3. Necesidades hídricas de los cultivos.

En todos los casos contemplados se deberá establecer los días de riego al año (habitualmente 150) y las horas de riego al día (habitualmente 8 horas en horario nocturno o cuando las instalaciones estén cerradas al público) y la simultaneidad entre zonas a regar.

Las zonas verdes susceptibles de ser regadas con agua procedente de la red de reutilización 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 de agua para consumo humano encomendadas a Canal de Isabel II, 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 sus condiciones de protección.
- 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, como son las redes de reutilización objeto de estas Normas.

En casos excepcionales, y bajo autorización de Canal de Isabel II, se podrá modificar el límite de la superficie de riego anteriormente indicado.

De preverse alguna fuente ornamental o lámina de agua, debe instalarse un sistema de recirculación y filtrado mediante filtros de arena rápidos. Dichos espacios deberán estar delimitados y señalizados y con acceso controlado.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Para los demás usos indicados al principio de este apartado, se deberá calcular cada caso en el proyecto correspondiente, considerando igualmente la simultaneidad entre usos para los que esté diseñada la red.

Por otro lado, se deberá considerar el tiempo de permanencia del agua regenerada tanto en los depósitos como en las redes, al objeto de mantener su calidad.

IV.4.2 Hipótesis de cálculo

En el cálculo de nuevas redes 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

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.

A estas hipótesis se les impondrán las siguientes condiciones:

- Hipótesis 1. Consumo cero

En la hipótesis de que no haya ningún consumo en la red, 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 sobrepasará en ningún punto de la red el valor de 0,8 MPa, recomendándose que dicho valor sea siempre inferior a 0,6 MPa.

Cuando las condiciones topográficas impidan el cumplimiento del límite superior 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.

- Hipótesis 2. Consumo punta

La presión de funcionamiento (OP) en cualquier punto de la red no será inferior a 0,40 MPa, para lo que se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- En las aducciones, el consumo punta coincidirá con el caudal de diseño del bombeo del tratamiento terciario de la estación regeneradora de aguas.
- En las redes de distribución, si son ramificadas, el consumo punta será el caudal continuo necesario obtenido a partir del dimensionamiento realizado según el apartado IV.4.1. Dotaciones y demandas.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- En las redes de distribución, si son malladas, el reparto de los consumos punta de cada tramo no se conoce a priori, pues depende de numerosos factores (las demandas y presiones en cada punto de consumo, los diámetros de cada tramo, etc.), de manera que su determinación debe hacerse optimizando la red con la ayuda de herramientas informáticas. Se podrá estudiar la red usando métodos probabilísticos como el método de Clément, previa aprobación por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.
- 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. Es decir:

$$OP_i \geq 25\ \%\ DP_i$$

Siendo:

OP_i Presión de operación en cualquier punto de la red.

DP_i Presión de diseño en cualquier punto de la red.

- La velocidad de funcionamiento para los caudales resultantes no excede los valores indicados en el apartado IV.4.4 en ningún punto de la red.

IV.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/s²)
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 realizarse mediante la expresión de Colebrook-White (1939):

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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Siendo:

k Rugosidad absoluta de la tubería (m)

Re Número de Reynolds, adimensional:

$$Re = \frac{v \cdot ID}{v_C}$$

ν_c Viscosidad cinemática, en m2/s (1,01 x10^{-6}, para el agua a 20 ˚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:

$$v = 0{,}36 \cdot C \cdot ID^{0{,}63} \cdot J^{0{,}54}$$

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 37* 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 37. Coeficientes de rugosidad empleados en el cálculo de las pérdidas de carga

	Rugosidad absoluta		***Manning***		***Hazen-Williams***	
	k (mm)		***n***		***C***	
	nueva	***en servicio***	***nueva***	***en servicio***	***nueva***	***en servicio***
Fundición	0,100	0,200	0,012	0,017	130	100
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:

$$\Delta H_1 = K_1 \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

siendo:

ΔH_l Pérdida de carga localizada en las piezas especiales y en las válvulas (m).

k_l Coeficiente que depende del tipo de pieza especial o válvula (ver *Tabla 38*).

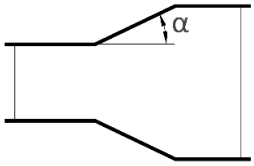
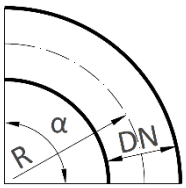
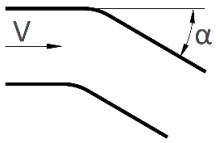
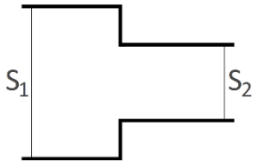
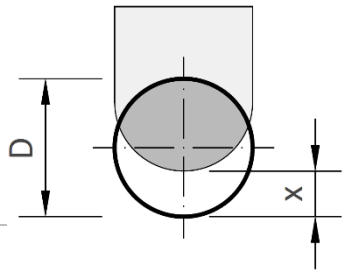
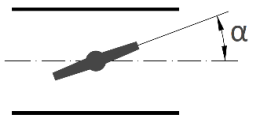
Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

v Máxima velocidad de paso del agua a través de la pieza especial o de la válvula (m/s).

g Aceleración de la gravedad (m/s²).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 38. 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˚	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
	$k_l = k_{90^o} \cdot \frac{\alpha}{90^o}$								
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
	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		

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

IV.4.4 Velocidad máxima del agua

En bombeos se recomienda calcular la velocidad máxima de circulación del agua mediante la expresión de Mougnie-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 37*)

Para conducciones a presión 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

IV.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)

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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 (s)

$$T = C + \frac{K \cdot L \cdot v}{g \cdot H_m}$$

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 39*, propuesta por Mendiluce.

Tabla 39. 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 m/s²)

a Celeridad (velocidad de propagación de las ondas) (m/s)

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48{,}3 + K_c \cdot \frac{D_m}{e}}}$$

$$K_c = \frac{10^{10}}{E}$$

D_m Diámetro medio de la tubería (mm)

e Espesor de la tubería (mm)

E Módulo de elasticidad del material de la tubería (kg/m²) (ver *Tabla 40)*

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 40. 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
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.

IV.5 Dimensionamiento mecánico de las conducciones

IV.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 reutilización. 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 sus disposiciones 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 solicitación 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:

- Acciones gravitatorias:
  - Peso propio.
  - Cargas permanentes o cargas muertas.
  - Sobrecargas de uso.
    - Carga debida al peso del agua en el interior de la tubería.
    - Presión interna actuante, incluyendo el golpe de ariete.
- Acciones del terreno.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Acciones del tráfico.
- Acciones climáticas.
  - Acciones del viento.
  - Acciones térmicas.
  - Acciones de la nieve.
- Acciones debidas al nivel freático.
- Acciones reológicas.
- Acciones sísmicas.

En cualquier caso, además de las acciones anteriores, deberán tenerse en cuenta en el dimensionamiento mecánico de la tubería aquellas acciones específicas que puedan producirse durante la instalación de la tubería (como, por ejemplo, el empuje producido en los tubos instalados mediante hinca, acciones debidas a la compactación de rellenos, etc.).

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.
- Aplastamiento, 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 805:2000, 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 (ovalación 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 y aerodinámicas, 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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:

- PFA ≥ DP
- PMA ≥ MDP
- PEA ≥ STP

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 *IV.4.2 Hipótesis de cálculo*).

MDP Presión máxima de diseño de la red en el punto donde se ubica el componente (obtenida de acuerdo con el apartado *IV.4.5 Sobrepresiones debidas al golpe de ariete*).

STP Presión de prueba de la red en el punto donde se ubica el componente (obtenida de acuerdo con el apartado *VI.4 Pruebas de la tubería instalada*).

IV.5.2 Tubos de fundición dúctil (FD)

IV.5.2.1 Tubos enterrados

En el cálculo mecánico de los tubos de fundición enterrados la solicitación 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:

  $$DP \leq PFA \qquad\qquad MDP \leq PMA$$

  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 545:2011. Según ésta, dichos valores se calculan con las siguientes expresiones:

  $$PFA = \frac{2 \cdot e \cdot R_m}{D_m \cdot C_1} \qquad\qquad PMA = \frac{2 \cdot e \cdot R_m}{D_m \cdot C_2}$$

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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	Coeficiente de seguridad para DP (C_1 = 3)
C_2	Coeficiente 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 545:2011.

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 11)
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 %.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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 41. Factor de apoyo

Ángulo de apoyo (2α)	***K_a***
20º	0,110
45º	0,105
60º	0,102
120º	0,090
180º	0,083

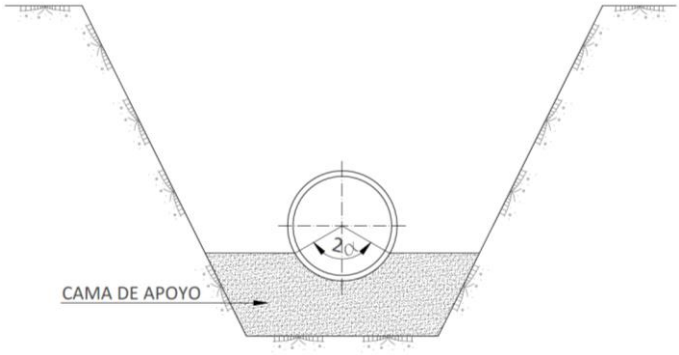


Figura 49. Ángulo de apoyo

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):

$$W_t = 40 \cdot (1 - 0{,}0002 \cdot DN) \cdot \frac{\beta}{H}$$

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

β Coeficiente de carga de tráfico, de valores:

Tabla 42. 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 β = 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)

$$S_c = 1000 \cdot \frac{E}{12} \cdot \left(\frac{e_{stiff}}{D}\right)^3$$

e_{stiff} Espesor nominal de la pared del tubo para el cálculo de la rigidez circunferencial (mm).

$$e_{stiff} = e_{min} + 0{,}5 \cdot (1{,}3 + 0{,}001 \cdot DN)$$

D Diámetro medio del tubo (mm).

$$D = DE - e_{stiff}$$

E' Módulo de reacción del suelo (kN/m²):

Tabla 43. Módulo de reacción del suelo

Tipo de compactación del terreno	**E' (kN/m²)**
Sin compactar	0
Mala	1.000
Media	2.000
Buena	5.000

IV.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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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.

IV.5.3 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 53331:2020 (método de la norma ATV 127).

En los tubos enterrados de PE y PVC-O la hipótesis pésima de carga y la solicitación 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:

  $$DP \leq PFA \qquad MDP \leq PMA$$

- Hipótesis II. Presión hidráulica interior positiva y acciones externas (estado tensional y deformacional).

  Debe comprobarse que, actuando conjuntamente ambas acciones, el coeficiente de seguridad a la rotura ν a corto y/o 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 44 y que la deformación producida sea inferior al 5 % del diámetro del tubo (UNE 53331:2020).

Tabla 44. Esfuerzo tangencial a flexotracción admisible en tubos de PE (UNE 53331:2020) y de PVC-O

	Esfuerzo tangencial de diseño a flexotracción (N/mm²)	
	PE	***PVC - O***
Corto plazo	21	100
Largo plazo	14	70

El coeficiente ν adopta los valores de la *Tabla 45* en función de la clase de seguridad definida en la norma UNE 53331:2020.

- 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 45. Coeficiente de seguridad a rotura ν para esfuerzos tangenciales a flexotracción

	Coeficiente de seguridad ν para esfuerzos tangenciales a flexotracción	
	PE	***PVC - O***
Clase de seguridad A (10^{-5})	2,5	2,5
Clase de seguridad B (10^{-3})	2,0	2,0

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

La determinación de estos esfuerzos tangenciales se realizará preferentemente mediante el método de la norma ATV 127 desarrollado en la UNE 53331:2020.

- 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 a rotura ν a largo y/o corto plazo para los esfuerzos tangenciales a flexotracción en clave, riñones y base sea superior al admisible, conforme a los valores indicados en la *Tabla 45* 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 53331:2020.

- Hipótesis IV. Presión hidráulica interior negativa y acciones externas (aplastamiento, 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 al aplastamiento η alcance al menos los valores indicados en la *Tabla 46*, lo cual puede realizarse mediante la siguiente expresión

$$\frac{P_{crit}}{q_{Vt}} \geq \eta$$

Siendo:

P_{crit} Carga crítica de aplastamiento (N/mm^2)

q_{vt} Acciones totales sobre el tubo (N/mm^2)

η Coeficiente de seguridad al aplastamiento (*Tabla 46*)

Tabla 46. Coeficiente de seguridad al aplastamiento η

	Coeficiente de seguridad al aplastamiento η	
	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 53331:2020):

$$P_{crit} = 2 \cdot \sqrt{S_t \cdot S_{sh}}$$

Siendo:

P_{crit} Carga crítica de aplastamiento (N/mm^2)

S_t Rigidez circunferencial específica a largo plazo (N/mm^2)

S_{sh} Rigidez horizontal del relleno hasta la clave del tubo (N/mm^2) (ver UNE 53331:2020, apartado 6.1.2.*)*

En el caso de los tubos de PVC-O, dicha presión crítica se puede calcular según la fórmula (UNE-EN 17176-2:2019):

$$P_{crit} = \frac{24 \cdot S_{calc}}{1 - \upsilon^2}$$

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Siendo:

P_{crit} Carga crítica de pandeo (kPa)

v Coeficiente de Poisson (v = 0,45)

S_{calc} Rigidez anular inicial calculada (kN/m^2)

$$S_{calc} = \frac{E \cdot I}{(d_n - e_n)^3}$$

E Módulo de Young (E = 4·106 KN/m^2)

I Momento de inercia por unidad de longitud (mm^3)

$$I = \frac{1}{12} \cdot e_n^3$$

d_n Diámetro nominal (mm)

e_n Espesor nominal (mm)

IV.5.4 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 Fiberglass Pipe Design.

IV.5.4.1 Tubos enterrados

La hipótesis pésima de carga y la solicitación 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)

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

HDB	Base de diseño hidrostático (mm/mm)
D_m	Diámetro medio del tubo (mm) (Dm = OD - e)
OD	Diámetro exterior del tubo (mm)
C	Coeficiente 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	Coeficiente de factor de apoyo (ver *Tabla 41* y *Figura 49*)
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	$E' = 5 \times 10^6\ N/m^2$
Terreno con compactación media	$E' = 2 \times 10^6\ N/m^2$
Terreno con mala compactación	$E' = 1 \times 10^6\ N/m^2$

Ss	Factor combinado de soporte del suelo (ver *Tabla 47*) en función de:
Es	Módulo de elasticidad del suelo natural
b	Ancho de la zanja

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 47. Factor combinado de soporte del suelo, S_s, en tubos de PRFV (AWWA M45)

Es/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) (Dm = 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 Coeficiente 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- 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):

$$\frac{\varepsilon_{pr}}{HDB} \leq \frac{1-\frac{\varepsilon_b \cdot r_c}{S_b}}{C_{pr}}$$

$$\frac{\varepsilon_b \cdot r_c}{S_b} \leq \frac{1-\frac{\varepsilon_{pr}}{HDB}}{C_b}$$

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:

$$r_c = 1 - \frac{DP}{3} \qquad \text{válida para DP} \leq 3 \text{ MPa}$$

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/mm^2). Se calcularán mediante la expresión:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

$$q_e = \gamma_w \cdot H_w + f_f \cdot \frac{W_e}{DN} + \frac{W_t}{DN} + P_v$$

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.

P_{crit} Carga crítica de pandeo (N/mm^2). Se recomienda calcularla mediante la siguiente expresión:

$$P_{crit} = 0{,}0024 \cdot C_n \cdot (\varphi_S \cdot S_S \cdot E' \cdot k_\nu)^{2/3} \cdot R_h \cdot \frac{(E \cdot I)^{1/3}}{D_m}$$

C_n Factor de efectos no lineales (C_n = 0,55)

φ_S Factor de variabilidad de la rigidez del suelo compactado (φ_S = 0,9)

k_ν Factor de corrección por coeficiente de Poisson (ν):

$$k_\nu = \frac{(1+\nu)\cdot(1-2\cdot\nu)}{(1-\nu)}$$

En ausencia de datos específicos puede asumirse que ν = 0,3, con lo que k_ν = 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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

IV.5.4.2 Tubos aéreos

La hipótesis pésima de carga y la solicitación 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:

$$C = \frac{P_{crit}}{P_V} \geq 2$$

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.

IV.6 Anclaje de conducciones a presión

IV.6.1 Empujes

En muchas situaciones, en las redes 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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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 50*).

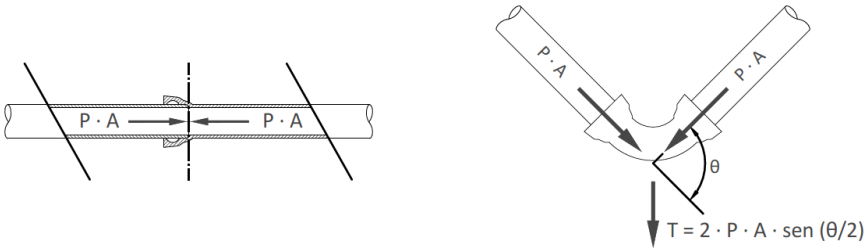


Figura 50. Equilibrio de fuerzas internas. Empuje en un codo

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 50*).

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 a presión, 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

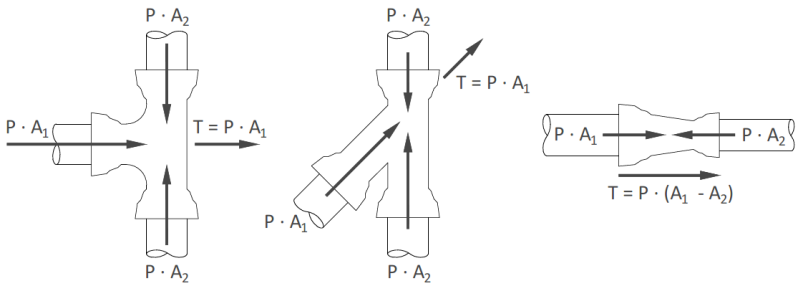


Figura 51. Derivaciones en T e Y, y Conos de reducción

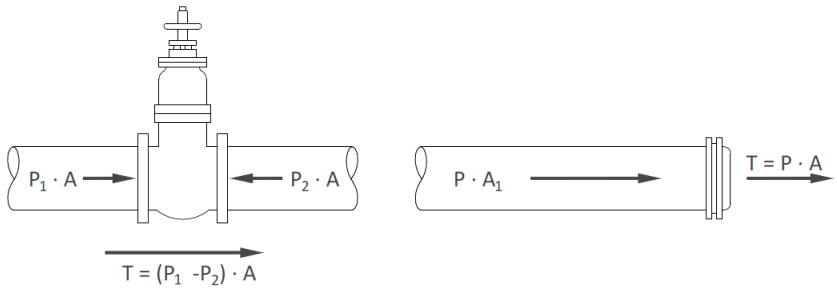


Figura 52. Válvula cerrada y extremo final de tubería

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 53*) favorece el deslizamiento de la misma, circunstancia que aumenta en función del ángulo de inclinación de dicha pendiente.

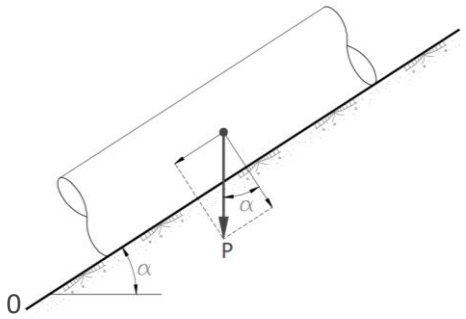


Figura 53. Tubería en pendiente

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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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 54). En caso de que la longitud máxima del tramo a anclar fuera superior a la admisible por el macizo colocado en el punto más alto, deberán realizarse varios tramos independientes, anclando cada uno de ellos en su cabecera mediante macizo de anclaje intercalados en el tramo en pendiente, o bien reforzar el macizo colocado en el punto más alto para que pueda soportar todo el tramo acerrojado en pendiente.
  - Garantizar la actuación de una longitud de acerrojado, L, mínima en un tramo horizontal superior de la conducción (ver Figura 55). 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.

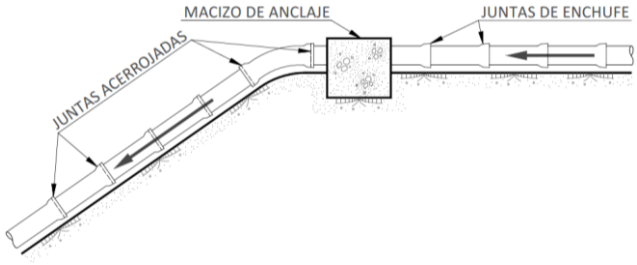


Figura 54. Anclaje de tubería en pendiente mediante macizo de anclaje

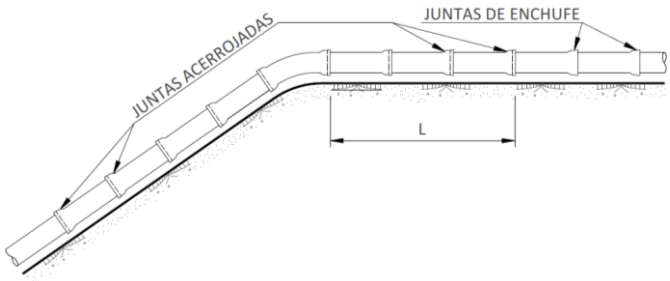


Figura 55. Anclaje de tubería en pendiente mediante la actuación de una longitud L de acerrojado

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 56*), el empleo de uniones acerrojadas, o la combinación de ambas.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

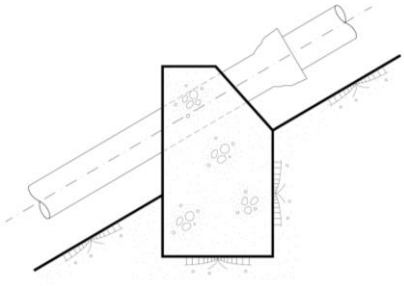


Figura 56. Macizo de anclaje en tubería en pendiente

IV.6.2 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.

IV.6.2.1 Macizos de anclaje

Se trata de grandes macizos de hormigón cuyo peso "P" inclina el empuje "T" hacia el terreno (*Figura 57 a*). 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 57 b).
- Comprobar que el ángulo "(90°- 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 57 c).
- 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 57 d).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

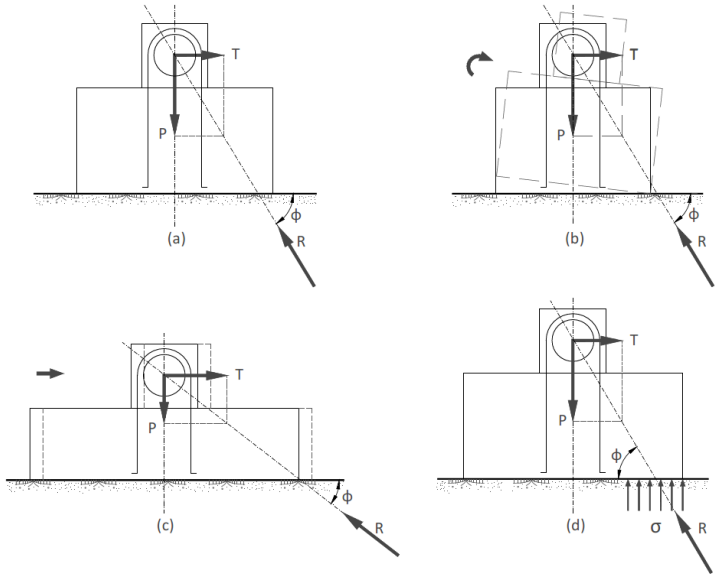


Figura 57. Macizo de anclaje

IV.6.2.2 Uniones autotrabadas o acerrojadas

Los empujes "T" en uniones autotrabadas o acerrojadas (ver *Figura 58*) 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.

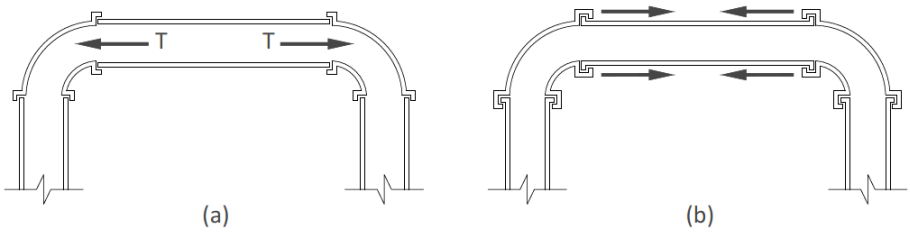


Figura 58. Uniones autotrabadas o acerrojadas

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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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.

IV.6.3 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 5* de estas Normas.

IV.6.3.1 Elementos horizontales

IV.6.3.1.1 *Geometría del macizo*

Se considera que el diseño más práctico y eficaz para los macizos de anclaje es de forma paralelepipédica.

El dimensionamiento se realiza a partir de macizos de base cuadrada, L=2·H, siendo H su altura (ver *Figura 60*).

Se exceptúan de lo anterior los macizos de anclaje de alojamientos (cámaras y registros), en los que sus dimensiones excedan de las dimensiones obtenidas por cálculo estructural, debido a la suma de las longitudes de los elementos que alojan.

IV.6.3.1.2 *Tipología del anclaje*

En cuanto a los elementos de anclaje de la tubería al macizo, se contemplan tres posibilidades (ver *Figura 59*):

- 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- 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 de este, 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.

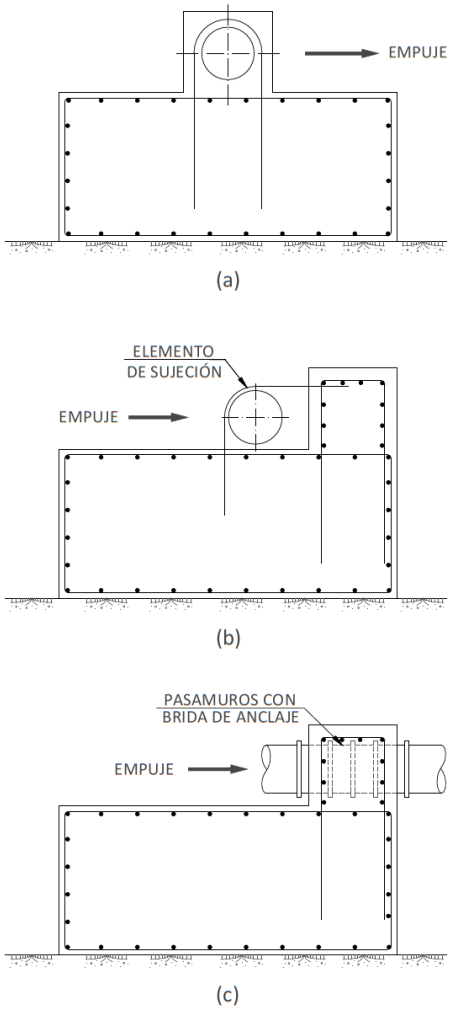


Figura 59. Anclajes: Elemento alojado (a), dado excéntrico (b) y dado con pasamuros alojado (c)

Los dados de hormigón a los que se anclará la conducción tendrán forma de paralelepípedo recto de altura s y base d x p (ver *Figura 60*), siendo sus dimensiones mínimas en metros las siguientes:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

$s \geq 0{,}30 + DN + 0{,}15$

$p \geq máx\ [(DN{+}0{,}10);\ 0{,}40)]$

$d \geq máx\ (s\ ;\ \frac{L}{2} = H)$

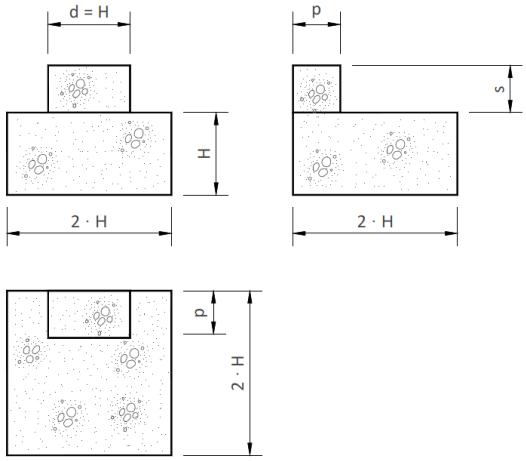


Figura 60. Caso de dado excéntrico

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.

$$h = \frac{DN}{2} + 0{,}30$$

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 48. 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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

IV.6.3.1.3 *Empujes de cálculo*

Siendo P_{cal} el valor de la presión de cálculo, que deberá cumplir con lo indicado en el apartado *IV.6.3.4 Resultados*, el empuje hidráulico para los distintos componentes se obtiene aplicando las siguientes fórmulas:

- Codo:

$$E = P_{cal} \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot 2 \cdot sen\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

Siendo:

ID Diámetro interior de la conducción

θ Ángulo de la desviación

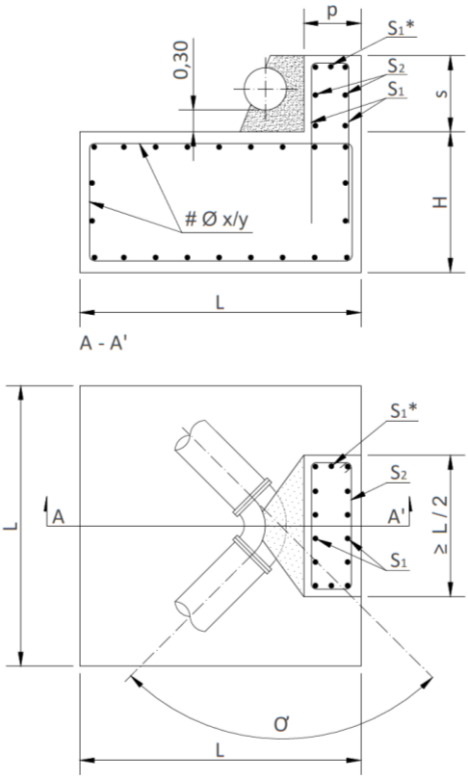


Figura 61. Codo horizontal

- Derivación:

$$E = P_{cal} \cdot \frac{\pi \cdot IDD^2}{4}$$

Siendo:

IDD Diámetro interior de la derivación

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

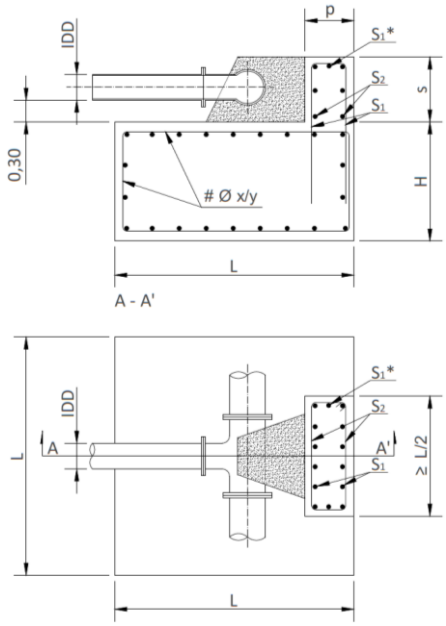


Figura 62. Derivación, T

- Cono de Reducción:

$$E = P_{cal} \cdot \frac{\pi \cdot (ID_1^2 - ID_2^2)}{4}$$

Siendo:

ID_1 Diámetro mayor de la reducción

ID_2 Diámetro menor de la reducción

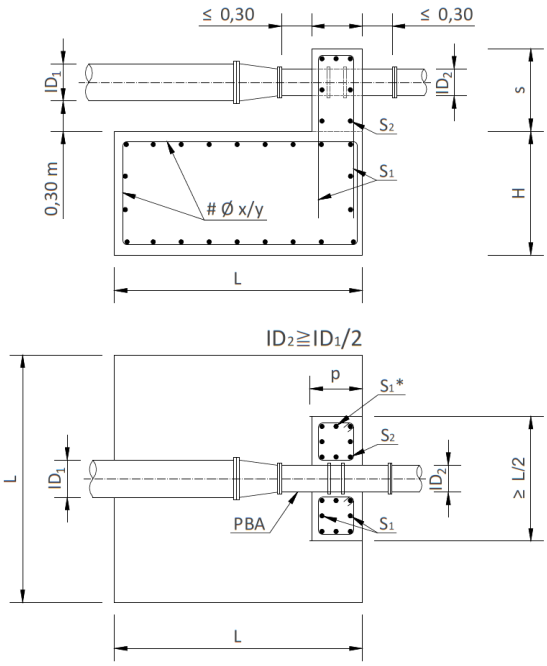


Figura 63. Cono de reducción

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Válvula:

$$E = P_{cal} \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4}$$

Siendo:

ID Diámetro interior de la conducción

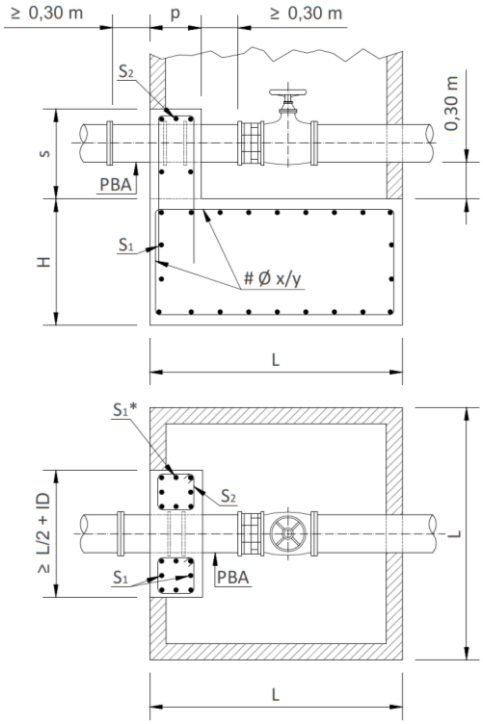


Figura 64. Válvula

IV.6.3.1.4 *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: $f_y \geq 400$ N/mm^2

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

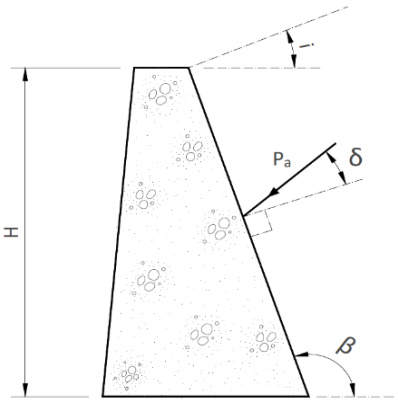
- Resistencia del hormigón: $f_c \geq 25$ N/mm^2
- Coeficientes parciales de seguridad de los materiales (ELU):
  - Hormigón: $\gamma_c = 1,5$
  - Acero: $\gamma_s = 1,15$

- Características del terreno. Se consideran los siguientes valores unificados del terreno:
  - Peso específico del terreno: $\gamma = 1.800$ kg/m^3
  - Ángulo de rozamiento interno: $\Phi = 30º$
  - 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 65):

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.



$$K_A = \left[\frac{cosec\ \beta \cdot sen\ (\beta - \phi)}{\sqrt{sen\ (\beta + \delta)} + \sqrt{\frac{sen\ (\delta + \phi) \cdot sen\ (\phi - i)}{sen\ (\beta - i)}}} \right]^2$$

Figura 65. 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°, β=90° y simplificadamente δ=0°.

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 66) se define como:

$$\text{Froz} = \mu \cdot (G + T)$$

Siendo:

μ (Coeficiente de rozamiento) = tan Φ

G (Peso del macizo) = 2,3 · Volumen del macizo

T [Peso del relleno que gravita el macizo sobre el macizo (simplificadamente)] = $\gamma \cdot h_T \cdot L \cdot L$

h_T = Altura de tierras sobre el 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- El esquema general de las fuerzas actuando en el macizo, y la formulación básica de partida es la siguiente:

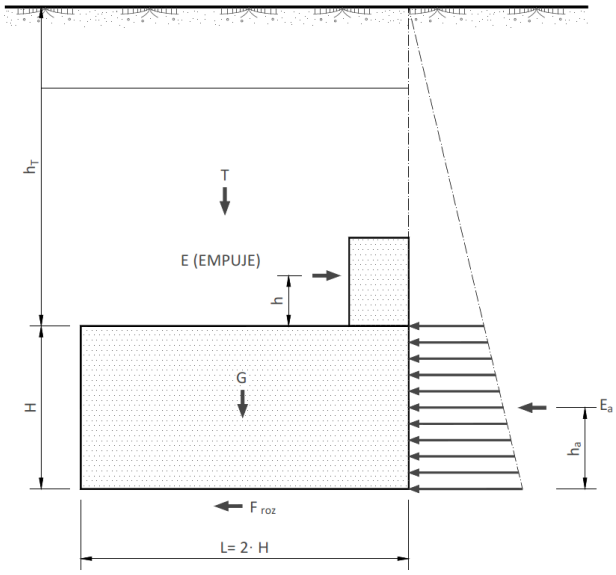


Figura 66. Esquema de fuerzas

Coeficiente seguridad frente al deslizamiento:

$$C_S = \frac{F_{estabilizadoras}}{F_{desestabilizadoras}} \geq 1{,}50$$

Coeficiente seguridad frente al vuelco:

$$C_v = \frac{M_{estabilizadoras}}{M_{desestabilizadoras}} \geq 1{,}80$$

- 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 2, 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* x L_2*, siendo:

  L_1* = L-2e

  L_2* = L

  Siendo:

  L Lado del macizo de anclaje

  e Excentricidad en la dirección del empuje

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

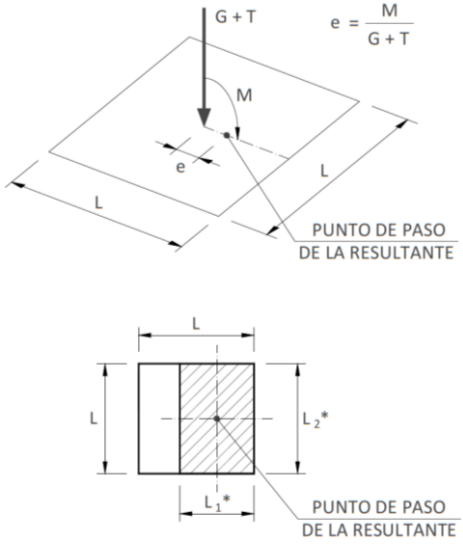


Figura 67. Tensión admisible del terreno

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:

$$\sigma = \frac{(G+T)}{L_1^* \cdot L_2^*} - \gamma \cdot (h_T + H) \leq 10 \ t/m^2$$

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 5. Planos*.

  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 2. 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- 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. Se podrán determinar los empujes aplicando las fórmulas que se señalan, justificándose debidamente las dimensiones de los macizos y dados de anclaje y armaduras necesarias.

IV.6.3.1.5 *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 (Rd), 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 22º30´ 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 IV.6.1 Empujes y IV.6.2. Sistemas de anclaje.
- 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Uniones autotrabadas o acerrojadas.
- Otras alternativas, siempre y cuando se encuentren debidamente justificadas.

IV.6.3.2 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 68*:

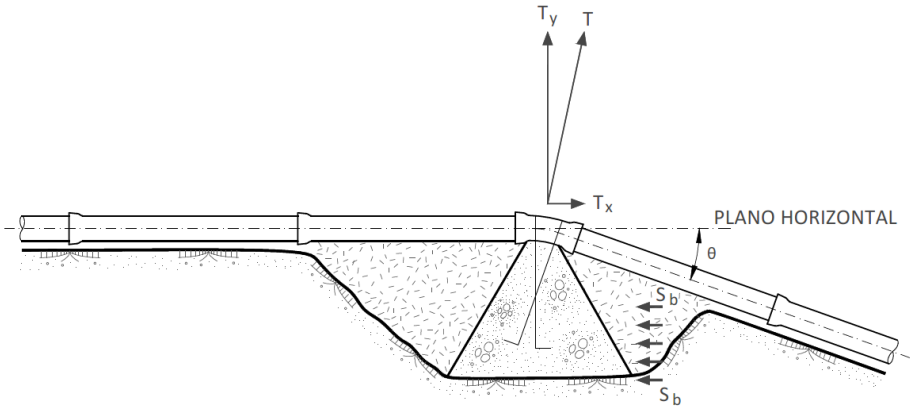


Figura 68. Macizo de anclaje, codo vertical

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 Coeficiente 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 *IV.6.3.1.4 Hipótesis de cálculo* (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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

IV.6.3.3 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 69*:

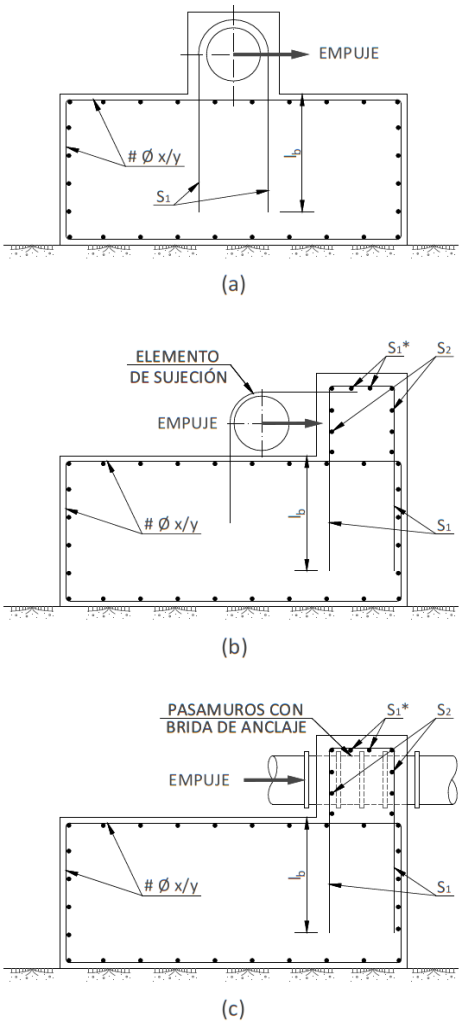


Figura 69. Armado de macizos

Las prescripciones para 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 armaduras 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 de la EHE-08.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- 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 las 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 ≥ diámetro de la barra mayor.
    - Distancia libre ≥ 1,25 veces el tamaño máximo del árido.
  - Separación máxima entre barras (artículo 42.3.1): s ≤ 30 cm.

  En caso de que no se cumpla la separación máxima entre barras, será necesario añadir una armadura suplementaria S1* (en cada cara), *tal c*omo se indica en la *Figura 69*.
- 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 S1, por simetría a ambos lados del tubo.
- El procedimiento de cálculo seguido para determinar la armadura S1 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 70, 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 70.
- La componente $A_{st}\cdot f_{yd}\cdot\mu\cdot\text{sen}(\alpha)$ es la resistencia del refuerzo por cortante y la $A_{st}\cdot f_{yd}\cdot\cos(\alpha)$ 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 70.

  Por tanto, la tensión tangencial en la superficie de la fractura, τ_d, según el diagrama de fuerzas indicado en la *Figura 70*, puede calcularse de la siguiente forma:

$$V_u \leq V_n$$

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

$$V_u = \tau_d \cdot p \cdot d$$

$$V_n = A_{st} \cdot f_{yd} \cdot [\mu \cdot sen\,(\alpha) + \cos(\alpha)]$$

De este modo, el esfuerzo cortante quedaría:

$$\tau_d = \frac{A_{st} \cdot f_{yd}}{p \cdot d} \cdot [\mu \cdot sen\,(\alpha) + \cos(\alpha)]$$

Siendo:

V_u Solicitación cortante de cálculo

V_n Resistencia a cortante de cálculo

A_{st} Armadura de cosido (ver *Figura 70*)

α Ángulo de la armadura de cosido (ver *Figura 70*)

s Separación entre redondos (ver *Figura 70*)

p Largo de la pieza, dado de hormigón en este caso (ver *Figura 70*)

d Ancho de la pieza, dado de hormigón en este caso, en sentido perpendicular a la *Figura 70*

μ Coeficiente de rozamiento entre ambos hormigones

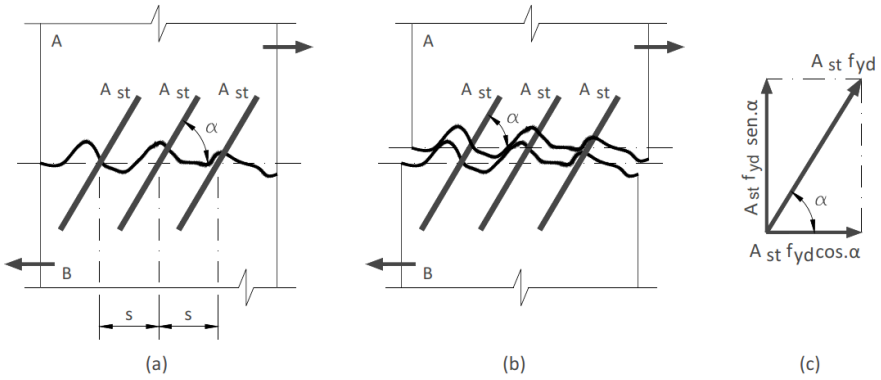


Figura 70. Estado de Corte fricción

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:

μ = 1,4·λ	Hormigón colocado monolíticamente
μ = 1,0·λ	Hormigón colocado contra otro endurecido y de superficie intencionadamente rugosa
μ = 0,6·λ	Hormigón colocado contra otro endurecido y de superficie no intencionadamente rugosa
μ = 0,7·λ	Hormigón anclado mediante conectadores

Siendo λ=1,0 para hormigón de peso normal.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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:

$$\tau_d(N/mm^2) \leq 0{,}25 \cdot f_{cd}$$

$$0{,}25 \cdot f_{cd} = 0{,}25 \cdot \frac{f_{ck}}{1{,}5} \approx 0{,}166 \cdot f_{ck} = 0{,}166 \cdot 25\, N/mm^2 \approx 4{,}15\ N/mm^2$$

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.

IV.6.3.4 Resultados

Los resultados obtenidos, según el procedimiento descrito en los apartados precedentes, se presentan en las tablas incluidas en el *Anexo 2. Dimensiones y armado de macizos de anclaje* y en el *Anexo 5. Planos*.

En el *Anexo 2* 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, debiendo cumplir en todo caso lo exigido por la vigente EHE.

En los planos del *Anexo 5* 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 ésta, 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Otras debidamente justificadas, previa conformidad del Servicio correspondiente de Canal de Isabel II.

IV.7 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 apartado *II.6 Depósitos* y en la normativa referenciada en el mismo.

IV.7.1 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 49*). Deberá garantizarse un resguardo de 0,60 metros desde el nivel del aliviadero hasta la losa superior.

Tabla 49. Altura de agua recomendable

Capacidad útil (m³)	***Altura de agua recomendable (m)***
Hasta 500	3 a 4
> 500 a 10.000	4 a 5
> 10.000	5 a 7

IV.7.2 Capacidad del depósito

Los depósitos de regulación a instalar entre la aducción y la red de distribución tendrán que tener capacidad para atender la dotación anual obtenida según el apartado *IV.4 Dimensionamiento hidráulico de las conducciones*, dividida entre 150 días de riego al año.

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 *IV.4 Dimensionamiento hidráulico de las conducciones* de estas Normas.

IV.7.3 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. En el caso de que la estructura sea de acero los materiales deberán cumplir la Instrucción de Acero Estructural (EAE).

No se podrán emplear hormigones con resistencias inferiores a 30 N/mm^2 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/mm^2.

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:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- 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.

IV.7.4 Diseño estructural

El dimensionamiento estructural de los depósitos se realizará conforme a la legislación y normativa vigente aplicable. 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).

En el proyecto de cada depósito se aportará toda la documentación necesaria para justificar suficientemente su adecuado dimensionamiento, 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 1990:2003/A1:2010).

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 1991-4:2011.

Respecto a la abertura de fisura máxima a admitir en el cálculo, los depósitos de las redes de reutilización encomendadas a Canal de Isabel II se clasifican dentro de la clase de estanquidad 1 según la UNE-EN 1992-3:2011, lo que supone que la fuga se limita a una pequeña cantidad (ver apartado *VI.5.2* de estas normas) 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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

sismicidad, como es el caso de la Comunidad de Madrid, no sea necesario tomar medidas especiales ni comprobar la estructura para la acción sísmica.

Se deberá prestar especial atención a las juntas (de hormigonado o construcción, retracción y dilatación) y a los conductos que atraviesan elementos estructurales, utilizando los materiales y juntas de sellado apropiadas.

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.

IV.8 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 Elementos hidráulicos de maniobra y* control, 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 26 Velocidad máxima del agua (UNE-EN 1074-1:2001)*.

IV.8.1 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 apartado *II.5.5 Válvulas de aeración*.

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.

IV.8.1.1 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.

IV.8.1.2 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:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- 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 a su caudal de vaciado de agua ,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, 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 con 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.

IV.8.1.3 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.

IV.8.2 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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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.

IV.8.3 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 50* se indican los diámetros mínimos que se deberán emplear en los desagües en función del tamaño de la conducción.

Tabla 50. 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 ≤ 900	200

Cuando sea posible, los desagües deberán disponerse de tal manera que puedan conectarse a la red de alcantarillado.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

V Consideraciones constructivas

V.1 Seguridad y salud y protección medioambiental

Deberá prestarse especial atención a la seguridad y salud en el trabajo, a cuyo efecto será preceptivo el cumplimiento de la legislación vigente en materia de Seguridad y Salud en el trabajo en lo que le sea de aplicación. En particular la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, RD 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, RD 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo (el cual se ve modificado por el RD 2177/2004) , y el Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención; el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y el Real Decreto 1627/1997, mencionado anteriormente, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.

Se deberán tener en cuenta para cada actuación específica las normas de prevención y protección medioambiental que establezca la legislación vigente en cada caso.

Respecto al ruido ambiental o contaminación acústica, considerado tanto en su vertiente de protección de la salud como del medioambiente, se deberá cumplir la legislación indicada en el apartado *II.7.5.5 Eliminación de ruidos*.

V.2 Gestión de residuos

Según el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) con arreglo a la orden MAM/304/2002 de 8 de febrero y sus modificaciones posteriores, el productor de los residuos debe incluir un estudio de gestión de residuos de construcción y demolición con los contenidos mínimos que indica el citado Real Decreto.

Asimismo, para la gestión de los residuos generados durante la construcción de las obras, se tendrán en cuenta las especificaciones establecidas en el Real Decreto mencionado, así como en la Ley 5/2003, de 20 de marzo, de Residuos de la Comunidad de Madrid y la Orden 2726/2009, de 16 de julio, por la que se regula la gestión de los residuos de construcción y demolición en la Comunidad de Madrid.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

De igual modo, para aquellos casos en los que se planifique la utilización de materiales naturales excavados en obras distintas a aquéllas en las que se generaron y en operaciones de relleno, se tendrá en consideración lo establecido en la Orden APM/1007/2017.

V.3 Medidas de prevención y seguridad en las instalaciones

Todas las instalaciones deberán cumplir con todos los requisitos de seguridad y salud establecidos en la normativa vigente en materia de prevención de riesgos laborales, así como en materia de seguridad industrial, que sean de aplicación durante su posterior explotación.

Las obras ejecutadas deberán contar con las medidas preventivas y de seguridad necesarias que permitan evitar riesgos en la explotación de las instalaciones.

V.4 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, debiendo depositarse 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.

V.4.1 Transporte

Las operaciones de transporte de los tubos deberán hacerse, en su caso, conforme a las vigentes normas de seguridad vial y tráfico. El transporte desde fábrica se realizará con medios adecuados a las dimensiones de los componentes, solicitándose, si es el caso, los permisos pertinentes para el transporte por carretera.

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. Asimismo, 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. Se deberá prestar especial atención 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.

V.4.2 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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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 su disposición (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, en ningún caso, excederse alturas de 3 metros. En la *Tabla 51* 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 habrá que situarlos en lugar cerrado y protegidos de la luz solar y de temperaturas elevadas.

Tabla 51. Alturas máximas de almacenamiento (número de hileras) de los tubos

DN	Fundición	PE	PVC-O	PRFV
≤ 100	16	10	12	5
200	11	6	7	5
300	9	4	4	5
400	7	3	3	5
500	5	3	2	4
600	5	3	2	3
700	4	3	2	3
800	3	3	1	2
900	3	2	1	2
1.000	2	2	1	2
1.100	2	2		2
1.200	2	2		2
1.400	1	2		1
> 1.500	1	1		1

Los tubos de materiales plásticos no deberán estar en contacto con combustibles y disolventes, se protegerán de la luz solar y se evitará que su superficie alcance temperaturas superiores a 45 °C o 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 ˚C 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.
- Los anillos elastoméricos se protegerán del aire en circulación, envolviéndolos y almacenándolos en envases cerrados.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Las juntas no se almacenarán en locales con equipos capaces de generar ozono, 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.

V.4.3 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, de tal manera que el movimiento de los tubos, una vez descargados, sea mínimo, y 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 aquel 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, si es admisible la descarga mediante estrobos, enganchando para ello las bocas del tubo.

En cualquier caso, no serán admisibles 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 admitan la rodadura, ésta debe realizarse 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.

V.5 Instalaciones en zanja

V.5.1 Zanjas

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. Para otras disposiciones (aéreas, terraplenes, etc.) el respectivo Proyecto deberá especificar las condiciones de instalación.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

En cualquier caso, antes del inicio de los trabajos de instalación de la canalización, se deberá realizar un reconocimiento suficientemente detallado para localizar cualquier tipo de servicio afectado (tuberías, cables u otras construcciones subterráneas). Si los resultados de dicho reconocimiento afectaran al trazado de la nueva canalización, los citados servicios afectados deberán reponerse, para lo que habrá de contarse con la oportuna autorización del organismo o compañía responsable.

En el caso de instalación de conducciones de PE además de lo indicado en el presente artículo, se tendrá en cuenta lo indicado en la norma UNE 53394:2018 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).

V.5.1.1 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. Si esto no fuera posible y de dichos estudios geotécnicos se desprendiera que hay riesgo de inestabilidad en las paredes de la zanja, éstas deberán entibarse conforme a lo establecido en el apartado *V.5.1.4 Entibaciones*.

En cualquier caso, es también recomendable ataluzar el borde superior de la zanja, tal como se muestra en la *Figura 71*.

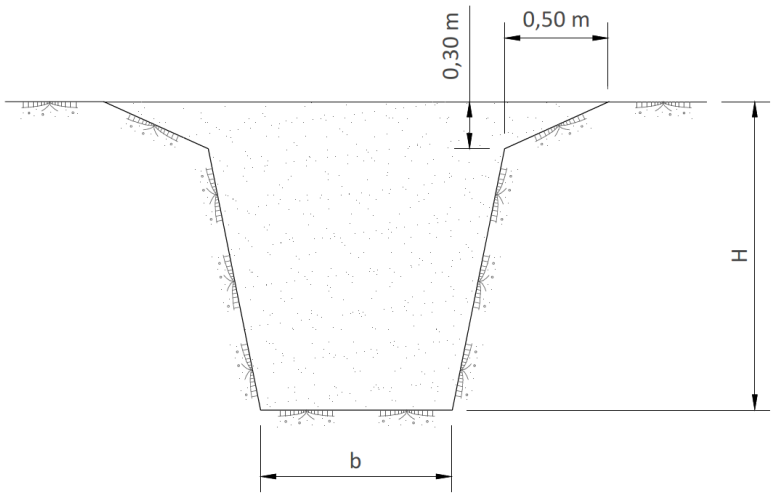


Figura 71. Bordes ataluzados en zanjas

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 el terreno natural en partes aproximadamente iguales, las cuales tampoco deberán exceder profundidades superiores a cuatro o cinco metros de altura (ver *Figura 72*).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

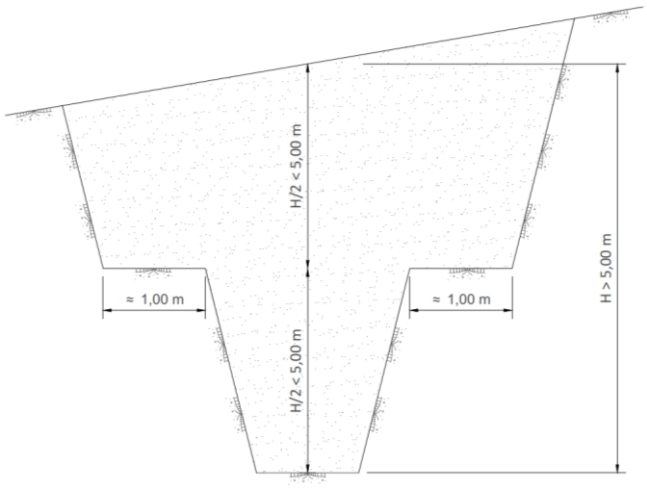


Figura 72. Bordes ataluzados en zanjas

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 80 cm y dejar, al menos, un espacio de 25 a 50 cm a cada lado del tubo según se indica en la *Tabla 52*.

Tabla 52. Ancho mínimo de zanja en función del DN y de su profundidad

DN	***Ancho mínimo de zanja b (m)***
DN≤350	*OD + 0,50*
350<DN≤700	*OD + 0,70*
700<DN≤1.200	*OD + 0,85*
DN>1.200	*OD + 1,00*

Profundidad de zanja H (m)	***Ancho mínimo de zanja b (m)***
1,00<H≤1,75	*0,80*
1,75<H≤4,00	*0,90*
H>4,00	*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 0,50 m si el DN es menor de 700 mm o de 0,50 a 1,00 m para tuberías mayores.

Cuando la profundidad de la zanja o la pendiente de la solera sean grandes, deberá preverse un sobreancho 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.

V.5.1.2 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 se reduzcan en lo posible las líneas quebradas, procurando tramos de pendiente uniforme de la mayor longitud posible.

El fondo de la zanja deberá quedar perfilado de acuerdo con la pendiente de la tubería, por lo que su pendiente mínima será de 0,4 %, tal como se indica en el apartado *IV.3.3 Trazado en alzado*. En general, se procurará excavar las zanjas en el sentido ascendente de la pendiente para dar salida a las

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

aguas por el punto bajo. Se deberán 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 sobre-excavación por debajo de la rasante de unos 15 a 30 cm, para su posterior relleno, compactación y regularización. El relleno de estas sobre-excavaciones, 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, 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 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 kg/cm^2. El tamaño máximo del árido del material de sustitución será de 30 mm. De la misma manera, dicha sustitución se podrá realizar mediante hormigón en masa, que deberá cumplir al menos las prescripciones indicadas en la EHE para el Hormigón No Estructural (HNE-15/C/TM).

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 excavarse 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 el ancho necesario para evitar su caída. Dicha distancia, desde el borde de la zanja, será superior a la mitad de su profundidad, como norma general, y superior a su profundidad, en terrenos arenosos. Deberá estudiarse en función del tipo de terreno. Para los que no sean utilizables en el relleno se seguirá el Plan de Gestión de Residuos correspondiente. En particular, deberá removerse la tierra vegetal que se encuentre en las

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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.

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 banqueta del ancho necesario para evitar su caída, con un mínimo de 1,50 m. Para los que no sean utilizables en el relleno se seguirá el Plan de Gestión de Residuos correspondiente. 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.

V.5.1.3 Agotamiento de zanjas y rebajamiento del nivel freático

La presencia de agua en el interior de las zanjas deberá ser evitada a toda costa, debiendo ser achicada antes de comenzar las tareas de montaje de los tubos y comprobando que los codales de la entibación, 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, podrá requerirse el correspondiente drenaje longitudinal de la zanja, 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.

V.5.1.4 Entibaciones

Si la excavación de la zanja hubiera de realizarse con taludes inestables de forma natural, y si de los estudios geotécnicos realizados se desprendiera que hay riesgo de inestabilidad en las paredes de la zanja, de tal manera que la pendiente de las paredes sea superior a la del ángulo de deslizamiento del terreno o talud natural, las mismas deberán entibarse.

Las entibaciones mediante tablestacas o paneles fenólicos de madera solo podrán utilizarse puntualmente, mediante la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

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 ésta esté lo suficientemente soportada. En cualquier caso, deberá ser conforme con las normas UNE-EN 13331-1:2002 y UNE-EN 13331-2:2002.

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, si así lo requieren, los planos y cálculos justificativos de la misma. En cualquier caso, la resistencia característica mínima del sistema debe ser de 30 kN/m^2, tal como se indica en la norma UNE-EN 13331-1:2002.

En la siguiente tabla se resumen los tipos de entibación aconsejables en función de la tipología del terreno (Norma Técnica de Prevención NTP 278, del Instituto de seguridad e higiene en el trabajo):

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 53. Tipos de entibación en función de la tipología del terreno

Tipo de terreno	Solicitación	Profundidad del corte (m)			
		< 1,30	1,30 - 2,00	2,00 - 2,50	> 2,50
Coherente	Sin solicitación	---	Ligera	Semicuajada	Cuajada
	Solicitación de vial	Ligera	Semicuajada	Cuajada	
	Solicitación de cimentación	Cuajada			
Suelto	Cualquiera	Cuajada			

V.5.2 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 y garantizar la uniformidad de su pendiente de diseño. Se prestará especial atención en el caso de los tubos de PRFV.

Para tuberías con protección exterior, el material de ejecución de la cama de apoyo deberá ser tal que el revestimiento protector no sufra daños.

En los casos en que la tubería estuviera 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 definirse en los proyectos correspondientes conforme a las especificaciones que se indican a continuación.

V.5.2.1 Camas de apoyo de material granular

Deberán cumplir con las siguientes especificaciones:

- El espesor mínimo bajo la generatriz inferior del tubo será de 15 cm para asegurar el perfecto asiento de la tubería.
- El material 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), y 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 acuñados. 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 modificado según norma UNE 103501:1994 o bien, el 70 % de la densidad relativa, si se tratara de material granular libremente drenante (arenas y gravas finas), de acuerdo con las normas NLT-204/72 y NLT-205/91.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Las camas granulares simplemente vertidas no se realizarán en ningún caso. Además, deberá prestarse especial cuidado en las operaciones de compactación para no producir movimientos ni daños en la tubería.

V.5.2.2 Camas de apoyo 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 15 cm.
- Resistencia característica no inferior a 20 N/mm^2.
- 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 función del factor de apoyo que adopte el proyectista en el cálculo mecánico).

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.

V.5.2.3 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, profundidad de la excavación, tipo de relleno, cargas actuantes, etc.

Como criterio general, los tubos flexibles deberán disponerse sobre camas granulares, no debiendo apoyar ni embutir la tubería en hormigón.

En relación con la naturaleza del terreno del fondo de la zanja se tendrán en cuenta las indicaciones siguientes:

- Terrenos de gran resistencia y rocas: Se dispondrán camas, en general, granulares con un espesor mínimo de unos 15 a 20 cm.
- Suelos normales (areno-arcillosos estables): En general, deberán disponerse camas granulares, o camas de hormigón.
- 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 modificado > 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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 para cada caso.

V.5.3 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 colocarán puntos de referencia, de alineación y de nivel, a partir de los cuales se colocarán los tubos.

Las tuberías, sus accesorios y 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.

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 podrán 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 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, excepto en caso de uniones acerrojadas. En el caso de que esto no sea posible, se tomarán las precauciones debidas 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 los 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 *IV.6 Anclaje de conducciones a presión*.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Las conducciones podrán reforzarse con recubrimiento de hormigón si tuvieran que soportar cargas superiores a las de diseño de la propia tubería, para recubrimientos inferiores a 1 m, si se prevé que puedan producirse erosiones y descalces, 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 de color morado (preferentemente RAL 4001 o 4005 o PANTONE 2577 U). La banda señalizadora deberá incluir el texto AGUA REGENERADA NO POTABLE.

V.5.3.1 Uniones

En general, el montaje de unos tubos con otros debe realizarse en el interior de la zanja. Solo los tubos de PVC-O y los de PE 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.

- 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.
- 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.
- Uniones mecánicas (tubos de fundición). 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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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.

- 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.

- Uniones soldadas (tubos de polietileno, PE). Los métodos de soldadura a tope, con embocadura o por electrofusión, deben cumplir con lo especificado en la norma UNE 53394:2018 IN. 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.

V.5.3.2 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. 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 unas separaciones mínimas en horizontal de 25 cm y en vertical de 30 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

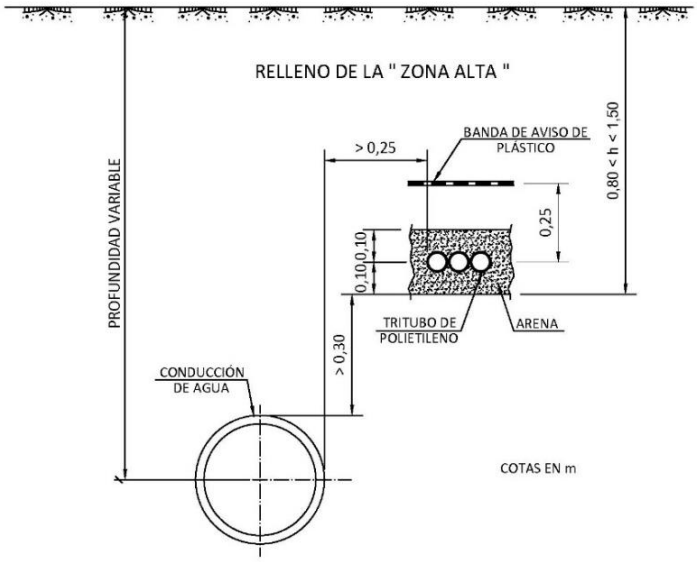


Figura 73. Instalación del tritubo

- 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 su colocación, 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- 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.

V.5.4 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 74 y Figura 75*).

La zona baja de las zanjas para tubos de fundición dúctil 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 modificado.

En el caso de tubos de material plástico se rellenará la zanja con gravilla de canto rodado de tamaño máximo 25 mm 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 caso de que la zona baja se rellene con gravilla, se colocará un geotextil filtrante entre dicha zona y la zona alta, de tal manera que se evite la migración de finos de la zona alta a la baja, y se puedan producir deflexiones del terreno debido a su descompresión.

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 modificado.

El material del relleno, tanto para la zona alta como para la baja, podrá ser, en general, procedente de la excavación de la zanja, en caso de cumplir con las especificaciones dadas anteriormente.

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 el paso de arroyos y de carreteras, se presenta la *Figura 75* como solución orientativa, pero en todo caso, la solución que finalmente se considere deberá contar con la aprobación de la Dirección Técnica de Canal de Isabel II y de los organismos afectados. La capa superior de zahorra natural que constituye el cauce del río se podrá sustituir por hormigón, para evitar el lavado de finos de dicha capa. En caso

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

de que la profundidad de enterramiento del tubo sea pequeña (sobre 1 o 1,5 m) se podrá rellenar la zanja de hormigón en su totalidad.

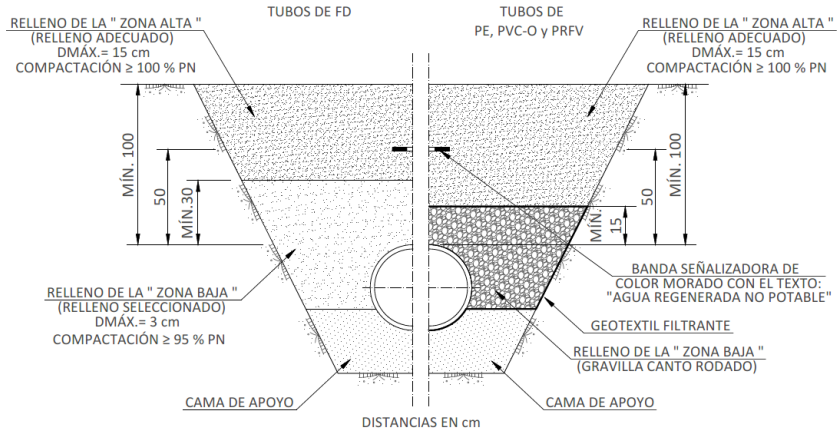


Figura 74. Rellenos en tubos enterrados en instalaciones convencionales

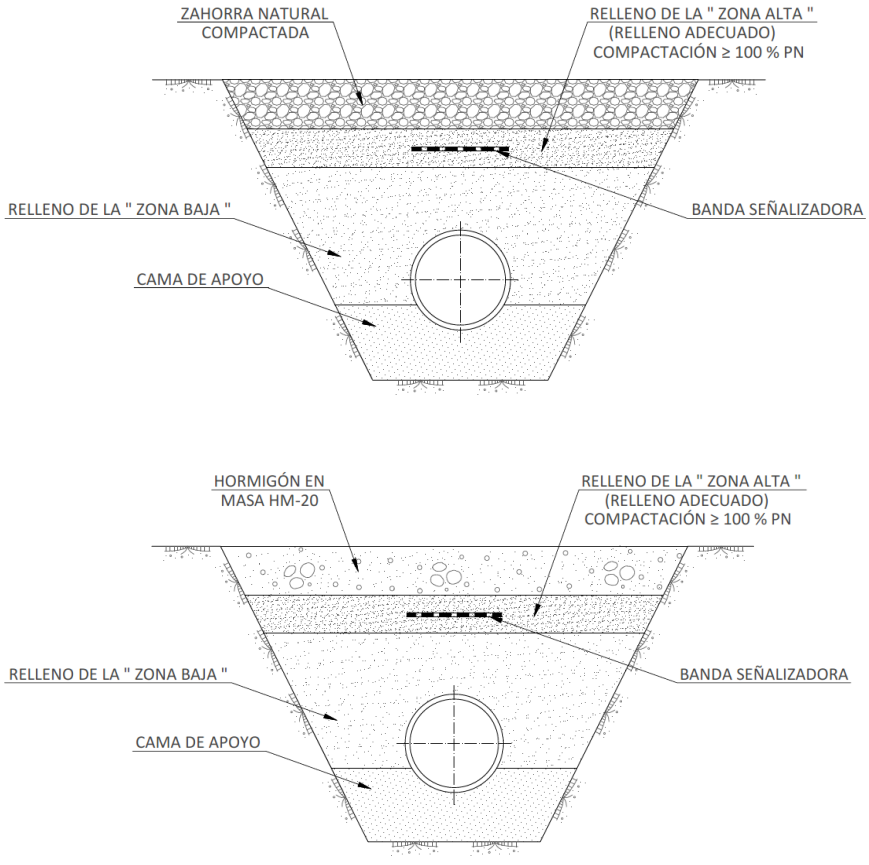


Figura 75.Rellenos en tubos enterrados en cruces de arroyos (superior) o pasos bajo viales (inferior)

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

V.5.5 Reposición de pavimento

Una vez realizadas las pruebas de instalación, que deberán cumplir con lo indicado en el apartado *VI.4 Pruebas de la tubería instalada*. 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 discurra la traza y conforme a las condiciones impuestas en las preceptivas licencias o permisos.

V.6 Instalación subterránea de conducciones sin apertura de zanja

Alternativamente a las instalaciones convencionales enterradas (ver apartado *V.5 Instalaciones en zanja*), las conducciones podrán colocarse mediante tecnologías sin apertura de zanja 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.
- 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.

La instalación de conducciones sin apertura de zanja podrá realizarse por alguna de las siguientes tecnologías, de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE-EN 12889:2000.

- Hinca.
- Por percusión (podrán ser con desplazamiento o con evacuación del terreno excedente).
- Por rotación.
- Por empuje.
- Perforación horizontal dirigida (PHD).

En cualquier caso, en la fase de proyecto, deberá realizarse un estudio geotécnico que incluya, al menos, un perfil geológico-geotécnico de la traza de la tubería a hincar.

Además, previo al comienzo de las obras, el contratista someterá a la aprobación técnica de Canal de Isabel II 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.

V.7 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,

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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 IV.5 Dimensionamiento mecánico de las conducciones 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 su montaje y desmontaje.

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.

Con carácter general, no es aconsejable emplear tubos de PE en instalaciones aéreas. Cuando los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II autoricen su utilización, las distancias máximas serán las contempladas en la norma UNE 53394:2018 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.

V.8 Cruce de tuberías de agua regenerada 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 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.

V.8.1 Cruce de tuberías bajo infraestructuras lineales existentes

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

Si se autoriza la ejecución del cruce a cielo abierto la tubería se alojará en una galería visitable, según se indica en el apartado *V.8.2*.

En otro caso el cruce de la conducción se ejecutará mediante hinca de tubería, en cuyo interior se alojará la tubería de agua regenerada. El diámetro mínimo contemplado para la tubería de agua regenerada en estas condiciones será de 200 mm (DN ≥ 200 mm). El diámetro de la tubería de hinca (DN_H) excederá, como mínimo, en 300 mm al diámetro de la tubería de agua regenerada ($DN_H \geq DN + 300$ mm).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

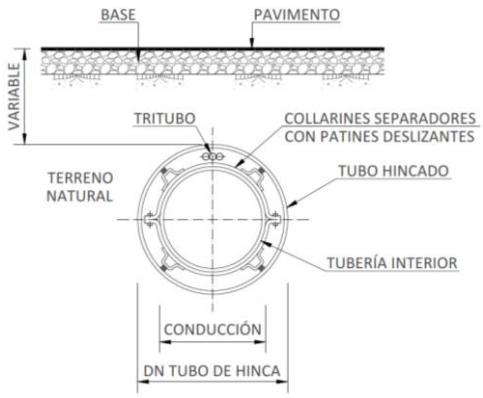


Figura 76. Sección transversal de hinca de tubería

La tubería para instalar en el interior de la tubería hincada, dependiendo de las condiciones del terreno, ambientales, etc. será de fundición dúctil con unión flexible acerrojada según UNE-EN 545:2011, de acero al carbono con protección anticorrosión, o de acero inoxidable AISI 316L según UNE-EN 10088-1:2015, con junta soldada, y espesor (e) mayor o igual que la centésima parte de su diámetro (DN) y nunca inferior de 6 mm (e ≥ DN / 100 y e ≥ 6 mm).

El control, mantenimiento y explotación de la tubería de agua regenerada, objeto de la actuación, se realizará mediante la instalación de dos válvulas de seccionamiento, alojadas en cámaras, dispuestas a ambos lados de la carretera, y cuya ubicación se adecuará a los 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.

Si el cruce se puede ejecutar en zanja se dispondrá banda de señalización a 50 cm por encima de la generatriz superior de la conducción.

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

V.8.2 Cruce de nueva infraestructura sobre tubería existente o prevista

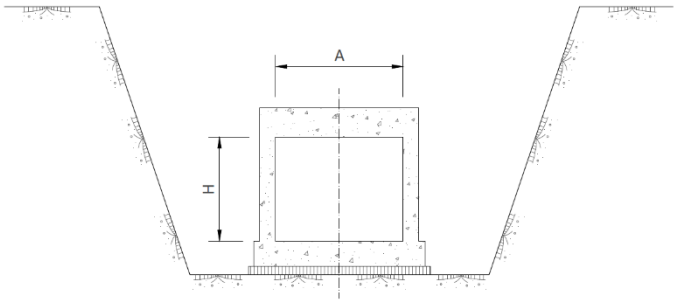
La obra de cruce se realizará en zanja a cielo abierto.

El cruce se realizará mediante una tubería alojada y debidamente anclada en galería rectangular, de dimensiones mínimas según la *Figura 77*, 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.

La pendiente mínima de la obra de cruce será al menos del 0,2%, de tal manera que se facilite su drenaje.

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 forma que se facilite la evacuación del agua almacenada en la misma.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.



SECCIÓN TIPO EN GALERIA

DN (mm)	*A (m)*	*H (m)*
≤ 300	≥ 1,50	≥ 1,80
300 < DN ≤ 900	≥ (2DN+0,90)	≥ 1,80

Figura 77. Cajón prefabricado para alojamiento de tubería

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

VI Gestión de la calidad

VI.1 Introducción

El sistema de gestión de la calidad de cualquier empresa, relacionada con la fabricación de los componentes que integran las redes de reutilización o con la ejecución de estas, deberá ser conforme a las normas UNE-EN ISO 9000:2015 y UNE-EN ISO 9001:2015, debiendo disponer del correspondiente certificado.

En el caso de obras, la gestión de la calidad comprende el conjunto de actividades que tienen lugar antes, durante y después de su ejecución, con el objetivo de verificar si ésta reúne las condiciones suficientes como para alcanzar los requisitos establecidos en el proyecto.

Asimismo, los organismos que actúen como entidades certificadoras o laboratorios de ensayo deberán ser conformes a lo establecido en el apartado siguiente.

VI.2 Control de calidad de los componentes

La calidad de los distintos componentes deberá ser asegurada por el fabricante mediante un sistema de control de las materias primas y del proceso de fabricación, que garantice el cumplimiento de las prescripciones técnicas de las normas de referencia utilizadas para su producción y los requisitos establecidos por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

El sistema de gestión de calidad del fabricante deberá ser conforme a la norma UNE-EN ISO 9001:2015, debiendo disponer del correspondiente certificado.

A petición de Canal de Isabel II, se deberá facilitar la documentación relativa a cada uno de los componentes descritos en los capítulos anteriores, al objeto de conocer las características técnicas, materias primas, proceso de fabricación, control de calidad durante el mismo, certificaciones de producto, marcado CE y recomendaciones de su instalación y manipulación.

Todas las piezas constitutivas de mecanismos (llaves, válvulas, juntas mecánicas, etc.), deberán ser intercambiables para un mismo diámetro nominal y presión normalizada, para cualquiera que sea el modelo o fabricante.

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 su color y aspecto, de forma que tanto la superficie exterior como la interior estén libres de irregularidades que puedan afectar negativamente a la hora de cumplir los requisitos previstos.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Igualmente serán sometidos a una comprobación de sus características geométricas, de forma que se verifique que todas sus dimensiones son correctas.

Además de lo indicado anteriormente, siempre que un producto esté contemplado en una norma armonizada, los fabricantes de ese producto están obligados a tener y exhibir el Marcado CE para su comercialización en Europa. Por tanto, los fabricantes deberán presentar a los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II la documentación correspondiente a dicho marcado. El Marcado CE deberá cumplir con los siguientes actos legislativos de la Unión Europea: Decisión n.º 768/2008/CE y Reglamento (UE) n.º 305/2011.

Los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II podrán solicitar la documentación que permita verificar el cumplimiento de los estándares mínimos de calidad de cada uno de los componentes especificados en los apartados anteriores, y que podrá ser la siguiente:

- 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.

En el caso de no disponer de Certificado de producto, los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II podrán considerar la validez y/o suficiencia de un informe de ensayos, en el cual se deberá garantizar que los componentes incluidos en el mismo corresponden con los analizados.

Los organismos de acreditación deberán ser conformes a lo establecido en la norma UNE-EN ISO/IEC 17011:2017.

Los organismos que actúen como entidades certificadoras o laboratorios de ensayo deberán ser conformes a lo establecido en las normas: UNE-EN ISO/IEC 17065:2012 para entidades que realizan la certificación de producto, UNE-EN ISO/IEC 17021 para organismos que realizan la certificación de sistemas de gestión y UNE-EN ISO/IEC 17025:2017 para laboratorios. El/los laboratorio/s que hayan realizado los ensayos requeridos deberá/n estar incluido/s en uno o varios de los siguientes niveles:

- Laboratorio certificado con UNE-EN ISO 9001:2015 por entidad acreditada por ENAC u organismo equivalente, o laboratorio acreditado por ENAC con UNE-EN ISO/IEC 17025:2017, para la realización de los ensayos requeridos. Deberán aportarse los certificados correspondientes, en el caso que así se requiera.
- Laboratorio con sistemas UNE-EN ISO 9001:2015 o UNE-EN ISO/IEC 17025:2017 para la realización de los ensayos requeridos, implantados o mantenidos, pero no certificados o acreditados, respectivamente. La implantación de dichos sistemas deberá estar verificada por entidad certificadora de control de calidad, independiente del laboratorio. En el caso que se requiera deberá documentarse dicha implantación.
- Laboratorio que cumpla los siguientes requisitos:
    - Sistema de aseguramiento interno: disponen de una organización interna de los servicios, de sistemáticas de control de los equipos y de métodos de ensayo/calibración, como garantía de los resultados.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Trazabilidad: disponen de control de la trazabilidad de sus medidas, mediante planes de calibración y la realización de inter-comparaciones con otros laboratorios.
- Disponer de procedimientos documentados o normas para la prestación de servicio a los clientes.

En el caso de que así sea requerido, a efectos del último caso indicado, deberá aportarse la siguiente documentación a fin de comprobar los requisitos anteriores:

- Organigrama con funciones definidas, cualificación y experiencia del personal.
- Manual de calidad.
- Procedimientos o normas de descripción de los ensayos solicitados en la normativa de aplicación.
- Procedimiento predefinido de elaboración y contenido de los informes de ensayo.
- Planes de mantenimiento y calibración de equipos.
- Certificados de calibración de equipos por entidad acreditada por ENAC u organismo equivalente.
- Plan de inter-comparación con otros laboratorios o entidades de reconocido prestigio, en caso de disponerse de los mismos.
- Resumen de la sistemática general de aseguramiento de la trazabilidad de las medidas del laboratorio.
- Referencias de ensayos realizados en los cinco últimos años. Deberá acreditarse la realización de al menos 3 ensayos de similares características.
- Inscripción en cualquier relación de organismos reconocidos de ámbito internacional, nacional, autonómico o local.

Tanto en los certificados como en los informes de ensayos se deberá demostrar la trazabilidad del producto a que se hace referencia, así como la identificación del fabricante tanto en las muestras como en la documentación.

Los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II podrán solicitar el Manual de Control de Calidad del fabricante y en el mismo deberán señalarse las normas oficiales de ensayos que se apliquen, o en otro caso incluirse la descripción detallada de los métodos de ensayo utilizados.

Adicionalmente, los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II podrán solicitar los ensayos (según las normas correspondientes) e informes necesarios que justifiquen el tipo y la calidad del material de cualquiera de los elementos del componente.

Se exigirá certificado de producto según norma de referencia a los siguientes elementos:

- Tubos de Fundición Dúctil (FD), según UNE-EN 545:2011.
- Tubos de PVC-O, según UNE-EN 17176:2019.
- Tubos de PE, según UNE-EN 12201-2:2012+A1:2014.
- Tubos de PRFV, según UNE-EN 1796:2014.
- Dispositivos de cubrimiento, según UNE-EN 124:2015.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Los elementos que actualmente están amparados por una norma armonizada y, por lo tanto, es obligatorio su marcado CE, son los siguientes:

- Elementos prefabricados para pozos de registro y cámaras de inspección de hormigón armado, según UNE-EN 1917:2008 (sistema 4: declaración del fabricante sin intervención de organismos notificados).
- Pates para pozos de registro enterrados, según UNE-EN 13101:2003 (sistema 4: declaración del fabricante sin intervención de organismos notificados).
- Escaleras fijas para pozos de registro, según UNE-EN 14396:2004 (sistema 4: declaración del fabricante sin intervención de organismos notificados).

Para el resto de los elementos, los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II decidirán la documentación exigible, previo análisis de la norma de referencia vigente, y su carácter armonizado o no.

En cuanto al equipamiento instalado, con objeto de asegurar su calidad, se deberá realizar un control de calidad de los equipos fundamentales de la instalación por parte de una empresa independiente. Para ello habrá que realizar una serie de inspecciones mínimas durante la fase de fabricación de estos equipos.

Los equipos y sus exigencias mínimas se describen a continuación:

- Cuadros eléctricos

Se llevará a cabo la comprobación documental de las exigencias requeridas en el apartado *III.3.1, pruebas de funcionamiento simulado, rigidez dieléctrica y aislamiento*. Se prestará especial atención a los certificados de cortocircuito para los cuadros eléctricos. Todo ello deberá quedar recogido en el Dosier de calidad que debe emitir el fabricante y que será obligatorio para la recepción.

- Autómata de control

Se llevará a cabo la comprobación documental de las exigencias requeridas. Todo ello deberá quedar recogido en el Dosier de calidad que debe emitir el fabricante y que será obligatorio para la recepción.

- Bombas

Se exigirán los certificados de materiales, pruebas de funcionamiento según la norma ISO 9906, protocolos de las pruebas de rutina en fábrica del motor eléctrico. Además, para bombas de potencia superior a 110 kW se exigirá el equilibrado de los rodetes. Todo ello deberá quedar recogido en el Dosier de calidad que debe emitir el fabricante y que será obligatorio para la recepción.

En cuanto a las exigencias de las pruebas de las bombas, se hará una diferenciación por potencia:

- Para bombas de potencia inferior a 30 kW, se exigirá la prueba de una bomba de cada tipo, siendo el grado de aceptación de la prueba según la ISO 9906 el 2B.
- Para bombas de potencia igual o superior a 30 kW, se exigirá la prueba todas las bombas, siendo el grado de aceptación de la prueba según la ISO 9906 el 1E.

- Calderería

Se exigirá comprobación de certificados de materiales, los protocolos de ensayos de rutina en fábrica para el motor eléctrico, procedimientos de Soldadura, protocolos examen soldadores, examen visual de las soldaduras al 100 %, pruebas de funcionamiento en vacío y comprobación del

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

acabado exigido. Todo ello deberá quedar recogido en el Dosier de calidad que debe emitir el fabricante y que será obligatorio para la recepción.

Para las conducciones de los diferentes materiales se deberá cumplir lo indicado en los apartados siguientes.

VI.2.1 Fundición dúctil

Será de aplicación lo especificado en la norma UNE-EN 545:2011, cuyo contenido se resume en la *Tabla 54*.

Tabla 54. Control de calidad de tubos y piezas especiales de fundición dúctil (UNE-EN 545:2011)

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
	Rectitud	6.2; 4.3.4
Características mecánicas	Resistencia a flexión longitudinal	Anexo B
	Rigidez diametral	Anexo C
	Estanquidad bajo presión	6.5; 4.8
Control de los revestimientos	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
	Espesor de recubrimiento de pintura	6.7; 4.6.2.2
Control de las uniones	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

VI.2.2 Policloruro de vinilo orientado molecularmente (PVC-O)

Será de aplicación lo especificado en la norma UNE-EN 17176:2019, cuyo contenido se resume en la *Tabla 55*.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 55. Control de calidad de tubos y piezas especiales de PVC-O (UNE-EN 17176-2:2019 y UNE-EN 17176-5:2019)

Tipo de control		***Apartados***
Control de materiales	MRS	5.3
	Tª reblandecimiento Vicat	10
	Opacidad	6.3
Características geométricas		7
Características mecánicas	Resistencia a presión hidrostática	9.1
	Resistencia a impactos externos a 0 °C	9.2
	Rigidez anular	9.3
Características físicas	Resistencia a tracción	10
Control de uniones con juntas no resistentes al esfuerzo axial	Estanquidad a presión interna a corto plazo	5.1
	Estanquidad a presión negativa a corto plazo	5.2
	Estanquidad a presión a largo plazo	5.3
Control de uniones resistentes al esfuerzo axial	Ensayo de presión y flexión para estanquidad y resistencia	5.4 y 5.4

VI.2.3 Polietileno (PE)

Será de aplicación lo especificado en la norma UNE EN 12201-1:2012, UNE-EN 12201-2:2012+A1:2014 y UNE-EN 12201-3:2012+A1:2013 cuyo contenido se resume en la *Tabla 56.*

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 56. Control de calidad de tubos y piezas especiales de PE (UNE EN 12201-1:2012, UNE-EN 12201-2:2012+A1:2014 y UNE-EN 12201-3:2012+A1:2013)

Tipo de control		***Apartados UNE-EN 12201-1***	***Apartados UNE-EN 12201-2***	***Apartados UNE-EN 12201-3***
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	4.4		
	MRS	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

VI.2.4 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 57*.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 57. 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
Control de las juntas		7

VI.3 Control de la ejecución de obras

El control de calidad de la ejecución de las obras (recepción de los distintos componentes que integran la red de reutilización, su instalación, 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 deberá disponer de la capacitación adecuada.

El transporte, almacenamiento y manipulación de componentes deberá realizarse acorde a las indicaciones dadas en el apartado *V.4 Transporte, almacenamiento y manipulación*.

La recepción e inspección visual de componentes seguirá, entre otros, los siguientes criterios:

- Canal de Isabel II podrá solicitar 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.
- 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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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.

Comprobaciones dimensionales: siempre que se hagan operaciones de manipulado en obra en los tubos o en las piezas especiales, como proceder a su corte, deben realizarse posteriormente las oportunas comprobaciones dimensionales, al objeto de verificar que se cumplen sus características geométricas y tolerancias establecidas para cada tipo de tubo en los respectivos apartados de este documento y las normas correspondientes.

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.

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: las características de los materiales se comprobarán antes de su utilización mediante la ejecución de los ensayos cuya frecuencia y tipo dependerán de las características de la obra (volumen de relleno a ejecutar, profundidad de zanja, diámetro de tubería, tipología y procedencia de materiales a emplear…). A continuación, se indican volúmenes de material aconsejables para la ejecución de dichos ensayos:

Por cada lote de 750 m^3 de material cuyas características sean similares, a emplear como relleno:

- 1 análisis granulométrico de suelos, según UNE-EN ISO 17892-4:2019.
- 1 contenido de materia orgánica, según UNE 103204:2019.
- 1 ensayo compactación. Proctor modificado, según UNE 103501:1994.
- 1 límites de Atterberg, según UNE-EN ISO 17892-12:2019.
- 1 determinación de humedad, según UNE-EN ISO 17892-1:2015.
- 1 índice CBR en laboratorio, según UNE 103502:1995. CBR ≥ 10.
- 1 contenido de sulfatos en suelos, según UNE 103202:2019 y UNE 103201:2019, o NLT 120.

Por cada lote de 500 m^3 de material filtro o drenante cuyas características sean similares:

- 1 análisis granulométrico de suelos, según UNE-EN ISO 17892-4:2019. Tamaño máximo < 76 mm y cernido tamiz 0,080 < 5%.
- 1 equivalente de arena, según UNE 103109:1995 o NLT-113. EA > 30.
- 1 resistencia al desgaste de los Ángeles, según NLT-149. Coeficiente de desgaste < 40.

Por cada lote de 10.000 m3 de material filtro:

- 1 ensayo compactación. Proctor modificado, según UNE 103501:1994.

Control de calidad de la ejecución o de producto terminado:

Rellenos: por cada 1.000 m^3 o fracción de capa colocada de material:

- 2 densidad "in situ" según UNE 103900:2013, con determinación de humedad.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Para obras de redes de distribución hasta 3000 ml, el control de calidad de la ejecución o de producto terminado podrá consistir en la realización de una densidad in situ mediante métodos nucleares por cada 100 ml según UNE 103900:2013.

Rellenos de material filtrante: por cada 1.000 m^3 o fracción de material filtro colocado:

- 2 densidad "in situ" según UNE 103900:2013, con determinación de humedad.

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 (pozos de registro, 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.

Pruebas de funcionamiento de la instalación. Protocolo de pruebas: señales y secuencias: se deberán realizar una serie de pruebas de funcionamiento a la finalización de una instalación con automatización. Dichas pruebas se dividen en las siguientes categorías:

- Pruebas de señales físicas. Comprobación del cableado del sistema y del direccionamiento de las señales físicas al PLC según el listado de señales de la instalación.
- Pruebas de máquinas o elementos. Comprobación del funcionamiento de máquinas individuales o elementos funcionales como bombas, válvulas, compresores, etc.
- Pruebas de conjuntos funcionales o secuencias. Se probará tanto el funcionamiento automático de la instalación según las lógicas de funcionamiento programadas, como la respuesta del sistema ante situaciones anómalas.
- Pruebas de buses de campo y comunicaciones a nivel local.
- Pruebas de HMI (gestión de usuarios, avisos y alarmas).
- Estas pruebas deberán quedar recogidas en un documento llamado Pruebas de Señales y Secuencias, que será obligatorio para la recepción de la instalación.

Dentro de este control de calidad de la ejecución, 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 siguiente.

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 *VI.5 Control de la recepción de los depósitos.*

VI.4 Pruebas de la tubería instalada

A medida que avance el montaje de la tubería se podrán ir haciendo las pruebas de la tubería instalada conforme a la metodología expuesta en el presente artículo.

Con carácter general, se deberá probar la longitud total de la red instalada, salvo que el respectivo proyecto especifique otra distinta, en cuyo caso los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

determinarán los tramos que deben probarse. Las pruebas se efectuarán de forma previa a la ejecución de acometidas.

La prueba de la tubería instalada se realizará conforme a la metodología general de la norma UNE-EN 805:2000.

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.

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 1000 o incluso 2000 metros), debiendo ser aprobada por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II. Para la selección de los tramos de prueba se pueden seguir, junto con otras, las indicaciones dadas en la propia UNE-EN 805:2000. 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 $MDP_a \geq DP + 0{,}2\ MP_a$.

El procedimiento de prueba, conforme a la metodología general indicada en la norma UNE-EN 805:2000, puede llevarse a cabo en tres fases:

- Prueba preliminar
- Prueba de purga
- Prueba principal o de puesta en carga

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

VI.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, preferentemente de aguas abajo a aguas arriba. 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.

VI.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 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 805:2000, 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:

$$\Delta V_{máx} = 1{,}5 \cdot V \cdot \Delta P \cdot \left(\frac{1}{E_w} + \frac{ID}{e \cdot E}\right)$$

Teniendo que cumplirse:

$$\Delta V \leq \Delta V_{máx}$$

Siendo:

$DV_{máx}$	Pérdida de agua admisible (l)
V	Volumen del tramo de conducción en prueba (l)
DP	Caída de presión medida durante la prueba (MPa)
E	Módulo de elasticidad del material de la conducción (MPa), (ver *Tabla 58*)
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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 58. Módulo de elasticidad del material de la tubería

Material	***E (MPa)***
Fundición	$1{,}70 \times 10^5$
PVC-O	3.500
PE	1.000 (corto plazo);150 (largo plazo)
PRFV	$1{,}0 \times 10^4 – 3{,}9 \times 10^4$

VI.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.

Su 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:

$$\Delta V_{máx} = 1{,}2 \cdot V \cdot \Delta P \cdot \left(\frac{1}{E_w} + \frac{ID}{e \cdot E}\right)$$

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Siendo:

DV_{max}	Pérdida de agua admisible (l)
V	Volumen del tramo de conducción en prueba (l).
DP	Caída admisible de presión durante la prueba (0,02 MPa)
E	Módulo de elasticidad del material de la conducción (MPa), (ver *Tabla 58*)
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.

VI.4.4 Actas de las pruebas

Para las actas de las pruebas se utilizarán formularios similares a los que se incluyen a continuación:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

ACTA DE PRUEBAS DE CAÍDA DE PRESIÓN O PÉRDIDA DE AGUA EN CONDUCCIONES BAJO PRESIÓN CON GOLPE DE ARIETE CALCULADO

SUBDIRECCIÓN:
ÁREA: FECHA:

OBRA:
CONTRATISTA:
DIRECTOR/A DE OBRA:
PROMOTOR:

CÓDIGO DE MANÓMETRO/CAUDALÍMETRO UTILIZADO:

ASISTENTES:

D./ Dña. En representación de:
D./ Dña. En representación de:
D./ Dña. En representación de:

PRUEBA DE CAÍDA DE PRESIÓN O PÉRDIDA DE AGUA PARA GOLPE DE ARIETE CALCULADO
(Según UNE-EN 805:2000. Apartado 11.3)

Ø: Diámetro (mm)
L: Longitud del tramo de conducción en prueba (m)

A: Presión Máxima de Diseño, MDP_c, con golpe de ariete calculado (MPa)
B: Presión de prueba de la red, STP, con golpe de ariete calculado (MPa)

$$STP = MDP_c + 0{,}1$$

C: Caída de presión real medida en una hora (MPa)

ΔV: Volumen final suministrado (l)
$\Delta V_{máx}$: Pérdida admisible (l)

$$\Delta V_máx = 1{,}2 \cdot V \cdot \Delta P \cdot (1/E_w + ID/(e \cdot E))$$

V	Volumen del tramo de conducción en prueba (l)
DP	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 ($2{,}1 \cdot 10^3$ 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

CRITERIOS DE VALIDEZ

Prueba de caída de presión: $C \leq 0{,}02$ MPa
Prueba de pérdida de agua: $\Delta V \leq \Delta V_{máx}$

Tramo	Tubería			Presión (MPa)			Volumen (l)		Observaciones
	Material	Ø (mm)	L (m)	A	B	C	ΔV	$\Delta V_{máx}$	

FIRMAS

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

ACTA DE PRUEBAS DE CAÍDA DE PRESIÓN O PÉRDIDA DE AGUA EN CONDUCCIONES BAJO PRESIÓN CON GOLPE DE ARIETE ESTIMADO

SUBDIRECCIÓN:
ÁREA: FECHA:

OBRA:
CONTRATISTA:
DIRECTOR/A DE OBRA:
PROMOTOR:

CÓDIGO DE MANÓMETRO/CAUDALÍMETRO UTILIZADO:

ASISTENTES:

D./ Dña. En representación de:
D./ Dña. En representación de:
D./ Dña. En representación de:

PRUEBA DE CAÍDA DE PRESIÓN O PÉRDIDA DE AGUA PARA GOLPE DE ARIETE ESTIMADO

(Según UNE-EN 805:2000. Apartado 11.3)

Ø: Diámetro (mm)
L: Longitud del tramo de conducción en prueba (m)

A: Presión Máxima de Diseño, MDP_a, 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:
$STP = MDP_a + 0,5$
$STP = MDP_a \times 1,5$
C: Caída de presión real medida en una hora (MPa)

ΔV: Volumen final suministrado (l)
$\Delta V_{máx}$: Pérdida admisible (l)

$$\Delta V_máx = 1,2 \cdot V \cdot \Delta P \cdot (1/E_w + ID/(e \cdot E))$$

V	Volumen del tramo de conducción en prueba (l)
DP	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 ($2,1 \cdot 10^3$ 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

CRITERIOS DE VALIDEZ

Prueba de caída de presión: $C \leq 0,02$ MPa
Prueba de pérdida de agua: $\Delta V \leq \Delta V_{máx}$

Tramo	Tubería			Presión (MPa)			Volumen (l)		Observaciones
	Material	Ø (mm)	L (m)	A	B	C	ΔV	$\Delta V_{máx}$	

FIRMAS

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

VI.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.

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 los usos establecidos. 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.

VI.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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

VI.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.

VI.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, 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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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 establecido por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II respecto al control de calidad del agua.

Se valorará la posibilidad de realizar el llenado de prueba en dos fases, una primera con el objetivo de comprobar la estanquidad en la unión muro-solera, consistente en el llenado de, aproximadamente, un metro de altura, manteniendo dicho nivel al menos durante 48 h, y comprobando posteriormente si se produce un descenso de nivel de la lámina de agua, tal como se indica anteriormente. En caso de que se supere esta fase se procederá a la segunda fase de llenado total del depósito. De no superarse esta primera fase, se deberá proponer una solución para asegurar la estanquidad de la unión muro-solera, realizándose posteriormente un nuevo ensayo.

VI.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 previsiones 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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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.

VI.6 Control de la calidad del agua

Para el procedimiento de control de calidad del agua se seguirá lo establecido por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

Para ello se deberán instalar las correspondientes estaciones de muestreo en las redes para el control de la calidad del agua regenerada.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Anexo 1. Legislación, normativa y referencias bibliográficas

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 nacional

Ley 16/1985	Ley de Patrimonio Histórico Español.
Ley 3/1995	Ley de Vías Pecuarias.
Ley 31/1995	Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
Ley 54/1997	Ley del Sector Eléctrico.
Ley 37/2003	Ley del Ruido.
Ley 9/2010	Medidas Fiscales, Administrativas y de Racionalización del Sector Público.
Ley 37/2015	Ley de Carreteras.
Ley 38/2015	Ley del Sector Ferroviario.
RD-Ley 11/1995	Real Decreto Ley sobre Normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
RD-Ley 1/2001	Real Decreto Ley que aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas.
RD 849/1986	Real Decreto sobre el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
RD 1812/1994	Real Decreto que establece el Reglamento General de Carreteras.
RD 486/1997	Real Decreto de disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

RD 1215/1997	Real Decreto por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
RD 1627/1997	Real Decreto que establece disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.
RD 614/2001	Real Decreto de disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
RD 842/2002	Real Decreto que aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
RD 865/2003	Real Decreto en el que se establecen los criterios higiénicos-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
RD 2177/2004	Real Decreto que establece disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Modifica al RD 1215/1997.
RD 2387/2004	Real Decreto sobre el Reglamento del Sector Ferroviario.
RD 1513/2005	Real Decreto por el que se desarrolla la Ley37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
RD 907/2007	Real Decreto que aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica.
RD 1110/2007	Real Decreto en el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
RD 1367/2007	Real Decreto por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
RD 1620/2007	Real Decreto que establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de Aguas depuradas.
RD 105/2008	Real Decreto que regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
RD 1890/2008	Real Decreto que aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.
RD 2060/2008	Real Decreto que aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
RD 2032/2009	Real Decreto por el que se establecen las unidades legales de medida.
RD 337/2010	Real Decreto que aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, el RD 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y el RD

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

	1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establece disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.
RD 337/2014	Real Decreto que aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT 01 a 23.
RD 1/2016	Por el que se aprueba la revisión de los Planes Hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Occidental, Guadalquivir, Ceuta, Melilla, Segura y Júcar, y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Oriental, Miño-Sil, Duero, Tajo, Guadiana y Ebro.

Guía para la aplicación del RD 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas

Proyecto de Real Decreto por el que se establecen las condiciones básicas para la reutilización de las aguas depuradas y se modifica parcialmente el Reglamento del Dominio Público Hidráulico aprobado por Real Decreto 849/1986

Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y lista europea de residuos

Legislación europea

Directiva 2006/42/CE	Relativa a las máquinas y por la que se modifica la Directiva 95/16/CE (refundición).
Directiva 2014/30/CE	Armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética
Directiva 2014/35/CE	Armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de comercialización de material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión

Legislación autonómica y municipal

Ley 3/1991	Ley de Carreteras de la Comunidad de Madrid
Ley 8/1998	Ley vías Pecuarias de la Comunidad de Madrid
Ley 9/2001	Ley del Suelo de la Comunidad de Madrid
Ley 5/2003	Ley de Residuos de la Comunidad de Madrid
Ley 6/2013	Ley de Medidas Fiscales y administrativas
Decreto 29/1993	Por el que se aprueba el Reglamento de la Ley de Carreteras de la Comunidad de Madrid

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Orden 2726/2009	Por la que se regula la Gestión de los residuos de construcción y demolición de la Comunidad de Madrid
Ordenanza ANM 2006/50	De gestión y uso eficiente del agua en la ciudad de Madrid

Normas UNE

UNE 21428-1:2017	Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite, 50 Hz, de 50 kVA a 2500 kVA con tensión más elevada para el material hasta 36 kV. Parte 1: Requisitos generales.
UNE 53331:2020	Plásticos. Tuberías de Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), Poli(cloruro de vinilo) orientado (PVC-O), Polietileno (PE) y Polipropileno (PP). Criterio para la comprobación de los tubos a utilizar en conducciones con y sin presión sometidos a cargas externas.
UNE 53394:2018 IN	Plásticos. Código de instalación y manejo de tubos de polietileno (PE) para conducción de agua a presión. Técnicas recomendadas.
UNE 103109:1995	Método de ensayo para determinar el índice "equivalente de arena" de un suelo.
UNE 103201:2019	Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles en agua que hay en un suelo.
UNE 103202:2019	Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo.
UNE 103204:2019	Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico
UNE 103501:1994	Geotecnia. Ensayo de compactación. Próctor modificado.
UNE 103502:1995	Método de ensayo para determinar en laboratorio el índice C.B.R. de un suelo.
UNE 103900:2013	Determinación in situ de la densidad y de la humedad de suelos y materiales granulares por métodos nucleares: pequeñas profundidades.
UNE 127917:2015	Pozos de registro y cámaras de inspección de hormigón en masa, de hormigón armado y de hormigón con fibra de acero. Complemento nacional de la UNE-EN 1917.
UNE 211006:2010	Ensayos previos a la puesta en servicio de sistemas de cables eléctricos de alta tensión en corriente alterna.

Normas UNE-EN

UNE-EN 124	Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos.
124-1:2015	Parte 1: Definiciones, clasificación, principios generales de diseño, requisitos de comportamiento y métodos de ensayo.
124-2:2015	Parte 2: Dispositivos de cubrimiento y de cierre de fundición.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

124-3:2015	Parte 3: Dispositivos de cubrimiento y de cierre de acero o aleación de aluminio.
124-4:2015	Parte 4: Dispositivos de cubrimiento y de cierre de hormigón armado.
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 558:2018	Válvulas industriales. Dimensiones entre caras opuestas y dimensiones del centro a una cara de válvulas metálicas para utilizar en sistemas de canalizaciones con bridas. Válvulas designadas por PN y por clase.
UNE-EN 681-1:1996	Juntas elastoméricas. Requisitos de los materiales para juntas de estanquidad de tuberías empleadas en canalizaciones de agua y drenaje. Parte 1: Caucho vulcanizado.
UNE-EN 736	Válvulas. Terminología.
UNE-EN 736-1:2019	Parte 1: Definición de los tipos de válvulas.
UNE-EN 736-2:2016	Parte 2: Definición de los componentes de las válvulas.
UNE-EN 736-3:2008	Parte 3: Definición de términos.
UNE-EN 805:2000	Abastecimiento de agua. Especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes.
UNE-EN 809:1999+A1:2010	Bombas y grupos motobombas para líquidos. Requisitos comunes de seguridad.
UNE-EN 837	Manómetros.
UNE-EN 837-1:1997	Parte 1: Manómetros de tubo Bourdon Dimensiones, metrología, requisitos y ensayos.
UNE-EN 837-1/AC:1998	Parte 1: Manómetros de tubo Bourdon Dimensiones, metrología, requisitos y ensayos.
UNE-EN 837-2:1998	Parte 2: Recomendaciones para la selección e instalación de manómetros.
UNE-EN 837-3:1997	Parte 3: Manómetros de membrana y manómetros de cápsula. Dimensiones, metrología, requisitos y ensayos.
UNE-EN 1074-1:2001	Válvulas para el suministro de agua. Requisitos de aptitud al uso y ensayos de verificación apropiados. Parte 1. Requisitos generales.
UNE-EN 1092-1:2019	Bridas y sus uniones. Bridas circulares para tuberías, grifería, accesorios y piezas especiales, designación PN. Parte 1: Bridas de acero. Anula a 1092-1:2008+A1:2015 Parte 1: Bridas de acero.
UNE-EN 1401-1:2009	Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado sin presión. Poli (cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U). Parte 1: Especificaciones para tubos, accesorios y el sistema.
UNE-EN 1412:2017	Cobre y aleaciones de cobre. Sistema europeo de designación numérica.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

UNE-EN 1508:1999	Abastecimiento de agua. Requisitos para sistemas y componentes para el almacenamiento de agua.
UNE-EN 1514-1:1997	Bridas y sus complementos. Medidas de las juntas para bridas designadas por la PN. Parte 1: Juntas planas no metálicas con o sin Insertos.
UNE-EN 1563:2019	Fundición. Fundición de grafito esferoidal.
UNE-EN 1591-1:2014	Bridas y sus uniones. Reglas de diseño de las uniones de bridas circulares con junta de estanquidad. Parte 1: Cálculo.
UNE-EN 1796:2014	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 1982:2018	Cobre y aleaciones de cobre. Lingotes y piezas fundidas.
UNE-EN 1990:2019	Eurocódigos. Bases de cálculo de estructuras.
UNE-EN 1991-4:2011	Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 4: Silos y depósitos.
UNE-EN 1992-3:2011	Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 3: Depósitos y estructuras de contención.
UNE-EN 10028	Productos planos de acero para aplicaciones a presión.
10028-1:2017	Parte 1: Prescripciones generales.
10028-2:2017	Parte 2: Aceros no aleados y aleados con propiedades especificadas a altas temperaturas.
UNE-EN 10088-1:2015	Aceros inoxidables. Parte1. Relación de aceros inoxidables.
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+A1:2014	Parte 2: Tubos.
12201-3:2012+A1:2013	Parte 3: Accesorios.
UNE-EN 12165:2017	Cobre y aleaciones de cobre. Semiproductos para forja.
UNE-EN 12351:2010	Válvulas industriales. Caperuzas para válvulas con conexiones embridadas.
UNE-EN 12560-2:2014	Bridas y sus juntas. Juntas para las bridas designadas por clase. Parte 2: Juntas en espiral para bridas de acero.
UNE-EN 12842:2013	Racores de fundición dúctil para sistemas de tuberías de PVC-U o PE. Requisitos y métodos de ensayo.
UNE-EN 12889:2000	Puesta en obra sin zanja de redes de saneamiento y ensayos.
UNE-EN 13101:2003	Pates para pozos de registro enterrados. Requisitos, marcado, ensayos y evaluación de conformidad.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

UNE-EN 13252:2017	Geotextiles y productos relacionados. Características requeridas para su uso en sistemas de drenaje.
UNE-EN 13331	Sistemas de entibación de zanjas.
13331-1:2002	Parte 1. Especificaciones del producto.
13331-2:2002	Parte 2. Evaluación por cálculo o por ensayo.
UNE-EN 13969:2005	Láminas flexibles para impermeabilización. Láminas anticapilaridad bituminosas incluyendo láminas bituminosas para la estanquidad de estructuras enterradas. Definiciones y características.
UNE-EN 14396:2004	Escaleras fijas para pozos de registro.
UNE-EN 14628:2006	Tuberías, racores y accesorios de fundición dúctil. Recubrimiento exterior de polietileno para tuberías. Requisitos y métodos de ensayo.
UNE-EN 15189:2008	Tuberías, accesorios y piezas especiales de fundición dúctil. Recubrimientos exteriores de poliuretano para tuberías. Requisitos y métodos de ensayo.
UNE-EN 15542:2009	Tubos, racores y accesorios de fundición dúctil. Revestimiento exterior de mortero de cemento para tubos. Requisitos y métodos de ensayo.
UNE-EN 15655-1:2019	Tuberías, racores y accesorios de fundición dúctil. Revestimiento interior de poliuretano para tuberías y accesorios. Requisitos y métodos de ensayo.
UNE-EN 17176	Sistemas de canalización en materiales plásticos para suministro de agua, riego, saneamiento y alcantarillado, enterrado o aéreo, con presión. Poli (cloruro de vinilo) no plastificado orientado (PVC-O).
17176-1: 2019	Parte 1. Generalidades.
CEN/TS 17176-3:2019	Parte 3: Accesorios.
17176-2: 2019	Parte 2. Tubos.
17176-5: 2019	Parte 5. Aptitud al uso del sistema.
UNE-EN 50575:2015	Cables de energía, control y comunicación. Cables para aplicaciones generales en construcciones sujetos a requisitos de reacción al fuego.
UNE-EN 55011:2016/A1:2017	Equipos industriales, científicos y médicos. Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medición. (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en junio de 2017).
UNE-EN 60034	Máquinas eléctricas rotativas.
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.
60034-30-1:2014	Parte 30-1: Clases de rendimiento para los motores trifásicos de inducción de jaula de velocidad única (código IE). (Ratificada por AENOR en agosto de 2014.).
UNE-EN 60076	Transformadores de potencia.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

UNE-EN 60529:2018	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
UNE-EN 61000-6-1:2007	Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 6-1: Normas genéricas. Norma de emisión en entornos residenciales, comerciales y de industria ligera. (IEC 61000-6-3:2006).
UNE-EN 61010	Requisitos de seguridad de equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio.
UNE-EN 61800	Accionamientos eléctricos de potencia de velocidad variable.
UNE-EN 61439-1:2012	Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 1: Reglas generales.

Normas UNE-EN ISO

UNE-EN ISO 62:2008	Plásticos. Determinación de la absorción de agua. (ISO 62:2008)
UNE-EN ISO 1461:2010	Recubrimientos de galvanización en caliente sobre piezas de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo. (ISO 1461:2009).
UNE-EN ISO 8501-1:2008	Preparación de substratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Evaluación visual de la limpieza de las superficies. Parte 1: Grados de óxido y de preparación de substratos de acero no pintados después de eliminar totalmente los recubrimientos anteriores. (ISO 8501-1:2007)
UNE-EN ISO 9606-1:2017	Cualificación de soldadores. Soldeo por fusión. Parte 1: Aceros. (ISO 9606-1:2012 incluido Cor 1:2012 y Cor 2:2013)
UNE-EN ISO 12100:2012	Seguridad de las máquinas. principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo (ISO 12100:2010).
UNE-EN ISO 12944-5:2018	Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 5: Sistemas de pintura protectores. (ISO 12944-5:2018).
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/IEC 17011:2017	Evaluación de la conformidad. Requisitos para los organismos de acreditación que realizan la acreditación de organismos de evaluación de la conformidad. (ISO/IEC 17011:2017)
UNE-EN ISO/IEC 17021-1:2015	Evaluación de la conformidad. Requisitos para los organismos que realizan la auditoría y la certificación de sistemas de gestión. Parte 1: Requisitos. (ISO/IEC 17021-1:2015)
UNE-EN ISO/IEC 17025:2017	Requisitos generales relativos a la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. (ISO/IEC 17025:2017)
UNE-EN ISO/IEC 17065:2012	Evaluación de la conformidad. Requisitos para organismos que certifican productos, procesos y servicios.
UNE-EN ISO 17892	Investigación y ensayos geotécnicos. Ensayos de laboratorios de suelos.
17892-1:2015	Parte 1: Determinación de la humedad. (ISO 17892-1:2014).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

17892-4:2019	Parte 4: Determinación de la distribución granulométrica. (ISO 17892-4:2016)
17892-12:2019	Parte 12: Determinación del límite líquido y del límite plástico. (ISO 17892-12:2018)

Normas ISO

ISO 161-1:2018	Thermoplastics pipes for the conveyance of fluids — Nominal outside diameters and nominal pressures — Part 1: Metric series.
ISO 1629:2013	Rubber and latices - Nomenclature.
ISO 2531:2009	Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water applications.
ISO 4200:1991	Plain end steel tubes, welded and seamless — General tables of dimensions and masses per unit length.
ISO 7685:2019	Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) pipes — Determination of initial ring stiffness.
ISO 8180:2006	Ductile iron pipelines — Polyethylene sleeving for site application.
ISO 9000: 2015	Sistemas de gestión de calidad. Fundamentos y vocabulario.
ISO 9001:2015	Sistemas de gestión de calidad. Requisitos.
ISO 9906:2012	Rotodynamic pumps — Hydraulic performance acceptance tests — Grades 1, 2 and 3.
ISO 16422:2014	Pipes and joints made of oriented unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-O) for the conveyance of water under pressure- Specifications.

Otras normas

ACI 318-11	Building code requirements for structural concrete and commentary.
NLT-113/87	Equivalencia de arenas.
NLT-120/72	Contenido de sulfatos solubles en los suelos.
NLT-149/91	Resistencia al desgaste de los áridos por medio de la máquina de Los Ángeles.
NLT-204/72	Determinación de densidad mínima de una arena.
NLT-205/91	Determinación de la densidad máxima de una arena por el método de apisonado.

Normas y Especificaciones Técnicas Canal de Isabel II

Normas para Redes de Abastecimiento. Versión 2012. Modificación 2020.

Normas para Redes de Reutilización. Versión 2007.

Normas para Redes de Saneamiento. Versión 3. 2020.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Especificación técnica de acometidas de agua para consumo humano. Versión 4. 2018.

Especificación técnica de elementos de maniobra y control. Válvulas de compuerta. Versión 2012.

Especificación técnica de elementos de maniobra y control. Válvula de mariposa. Versión 2013.

Especificación técnica de elementos de maniobra y control. Válvulas de aeración. Versión 2. 2015.

Especificación técnica de dispositivos de cierre. Versión 2013.

Referencias bibliográficas

FAO. La calidad del agua en la agricultura. Estudio FAO Riego y Drenaje 29 Rev. 1. Roma, 1987.

Gerencia Municipal de Urbanismo. Ayuntamiento de Madrid. Instrucción para el diseño de la vía pública.

US EPA Office of Technology Transfer and Regulatory Support. Guidelines for Water Reuse. EPA/625/R-04/108. September, 2004.

Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Manual de riego de jardines. Sevilla, 2004.

Pizarro, Fernando. Riegos localizados de alta frecuencia. Mundi-Prensa. Madrid,1987.

Rodrigo, J. y otros. Riego localizado. Mundi-Prensa y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, 1997.

Smith W. Stephen. Landscape irrigation. Design and management. John Wiley & Sons, Inc. USA, 1997.

South Bay Water Recycling (Program). Rules, regulations and guidance for design and operation of on-site recycled water facilities.

Tarjuelo, J.M. El riego por aspersión y su tecnología. Mundi-Prensa. Madrid, 2005.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Anexo 2. Dimensiones y armado de los macizos de anclaje

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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)

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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)

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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)

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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/m^2.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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 (*)						

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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/m^2.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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 (*)						

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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/m^2.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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 (*)						

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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/m^2.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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 (*)						

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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/m^2.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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/m^2.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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/m^2.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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/m^2.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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)

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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)

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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)

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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)

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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 (*)						

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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 (*)						

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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 (*)						

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

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/m^2.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Anexo 3. Necesidades hídricas de los cultivos

Las necesidades hídricas de los cultivos (expresadas mediante las dotaciones netas y brutas de riego) se calcularán mediante un balance entre la evapotranspiración de estos y la precipitación que puedan utilizar de un modo efectivo a través de las siguientes expresiones:

$$DR_n = ET_c - P_e$$

$$DR_b = \frac{DR_n}{E_r}$$

Siendo:

- DR_n dotación anual neta de riego, en mm.
- DR_b dotación anual bruta de riego, en mm.
- ET_c evapotranspiración anual del cultivo, en mm.
- P_e precipitación anual efectiva, en mm.
- E_r eficiencia del sistema de riego empleado.

Para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ET_c), y de la precipitación efectiva (P_e) podrán seguirse los criterios que se indican en los artículos siguientes.

Para la eficiencia del sistema de riego (E_r) se adoptarán los valores indicados en la *Tabla 59*.

Tabla 59. Valores de la eficiencia del sistema de riego, E_r

Sistema	***Eficiencia (E_r)***
Superficie	*0,60*
Manguera	*0,60 - 0,70*
Aspersión y difusión	*0,70 - 0,80*
Goteo	*0,85 - 0,90*

A3.1 Evapotranspiración del cultivo, ET_c

La evapotranspiración del cultivo (ET_c), de acuerdo con la *publicación 56 de la Serie Riego y Drenaje de FAO*, se determinará mediante la siguiente expresión, la cual incorpora un coeficiente de jardín en

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

función de la especie cultivada y de su densidad, también utilizado en el cálculo de necesidades hídricas de jardines.

$$ET_c = K_j \cdot ET_0 = K_{ec} \cdot K_d \cdot ET_0$$

Siendo:

- ET_c evapotranspiración del cultivo, en mm.
- ET_0 evapotranspiración del cultivo de referencia, en mm.
- K_j coeficiente de jardín.
- K_{ec} coeficiente de especie cultivada.
- K_d coeficiente de densidad.

Para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia, ET_0, se utilizará la metodología de Penman Monteith propuesta en el apartado *A3.4.1* de este Anexo.

Simplificadamente, para los municipios de la Comunidad de Madrid, pueden adoptarse los valores de cálculo de la evapotranspiración del cultivo que se muestran, tanto distribuidos como agregados en municipios, en la *Figura 78* y *Figura 79*.

Los valores a adoptar para los coeficientes de especie cultivada y de densidad serán los que se indican en la *Tabla 60* y *Tabla 61*.

Para el cálculo de los coeficientes de especie cultivada se han tenido en cuenta más de 130 especies recomendadas, para arbolado y jardinería, por la Instrucción de Vía Pública del Ayuntamiento de Madrid y la adaptación a España de la Clasificación WUCOLS (Water Use Classification of Lansdscape Species).

Para los cálculos de evapotraspiración del cultivo ET_c se ha tomado una densidad media para todos los cultivos, excepto para los tratamientos duros, que se ha considerado baja.

Tabla 60. Valores normalizados del coeficiente de densidad, K_d

Densidad	***K_d***
Alta	1,1
Media	1,0
Baja	0,6

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 61. Valores normalizados del coeficiente de cultivo, K_{ec}

Tipo de planta	***K_{ec}***
Categoría Árboles (33 % coníferas, 33 % frondosas, 33 % árboles singulares)	0,39
Coníferas	*0,32*
Frondosas	*0,37*
Árboles singulares	*0,47*
Categoría Arbustos y tapizantes (20 % arbustos hoja caduca, 20% arbustos hoja perenne, 20 % arbustos singulares, 20 % subarbustos, vivaces y anuales y 20 % plantas trepadoras)	0,33
Arbustos hoja caduca	*0,23*
Arbustos hoja perenne	*0,32*
Arbustos singulares	*0,28*
Subarbustos, vivaces y anuales	*0,31*
Plantas trepadoras	*0,50*
Césped	1,00
Tratamientos duros	0,14

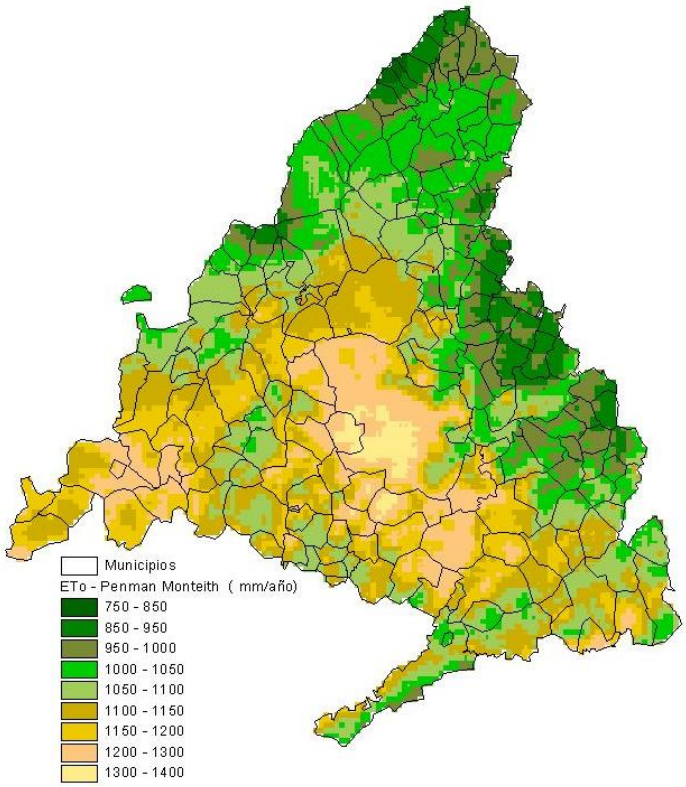


Figura 78. Evapotranspiración distribuida del cultivo de referencia (ET_o).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

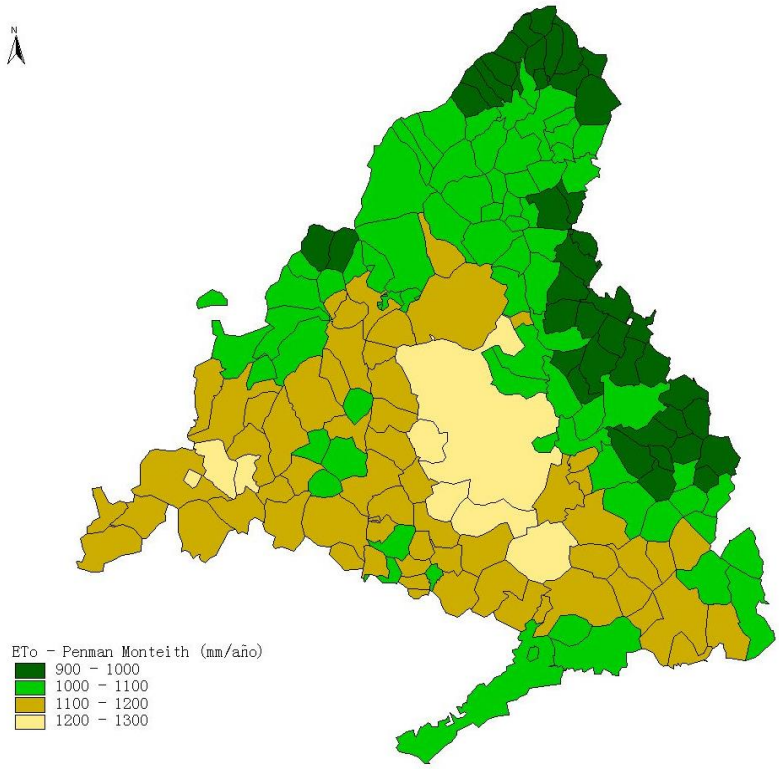


Figura 79. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o), agregada por municipios

A3.2 Precipitación efectiva, P_e

La precipitación efectiva (P_e) se refiere a la fracción de la precipitación total utilizable para satisfacer las necesidades de agua del cultivo. Quedan por tanto excluidas de ella la infiltración profunda, la escorrentía superficial y la evaporación de la superficie del suelo.

La determinación rigurosa de este parámetro encierra especiales dificultades, por lo que es necesario recurrir a métodos estimativos simplificados, recomendándose utilizar el método del *Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos*, el cual se desarrolla en el apartado *A3.4.2* de este Anexo.

La distribución territorial de la precipitación total anual y su agregación por municipios se muestran en la *Figura 80* y *Figura 81*.

A3.3 Necesidades hídricas de los cultivos de parques y jardines en la Comunidad de Madrid

A continuación, se muestran en la *Tabla 62* y Tabla 63, para cada categoría de cultivos y en cada municipio, la dotación neta anual en mm/año y la dotación mm/día del mes de máxima demanda, para su utilización en dimensionamiento de redes, calculadas conforme a la metodología antes expuesta.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

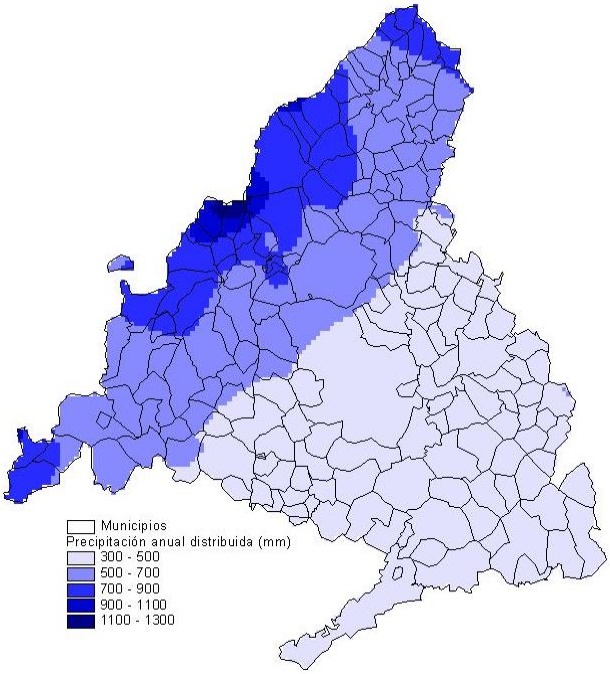


Figura 80. Precipitación anual distribuida, P_e (mm)

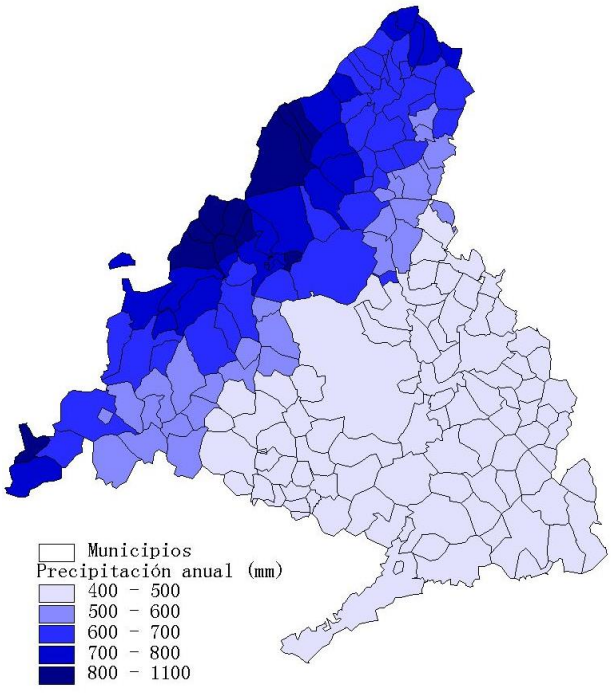


Figura 81. Precipitación anual, P_e (mm) agregada por municipios

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 62. Dotaciones netas totales anuales en los municipios de la Comunidad Autónoma de Madrid

Clave	Nombre municipio	Dotación neta total anual (mm/año)				
		Árboles	Arbustos y tapizantes	Césped	Tratamientos duros	Hectárea tipo parque Canal de Isabel II
28001	Acebeda (La)	104,57	76,51	527,45	0,00	120,33
28002	Ajalvir	177,62	132,63	692,80	7,19	186,05
28003	Alameda del Valle	109,30	80,01	552,27	0,00	125,88
28004	Álamo (El)	228,00	176,15	832,35	16,32	235,73
28005	Alcalá de Henares	184,12	136,95	727,96	7,41	193,73
28006	Alcobendas	205,05	155,18	784,78	10,74	214,18
28007	Alcorcón	232,21	178,63	866,10	15,60	241,57
28008	Aldea del Fresno	234,00	183,12	854,00	18,55	242,73
28009	Algete	180,84	136,25	710,42	9,53	190,62
28010	Alpedrete	155,21	118,57	683,02	8,76	171,37
28011	Ambite	185,54	139,39	729,92	9,64	195,57
28012	Anchuelo	162,36	120,45	664,15	6,13	172,91
28013	Aranjuez	218,25	168,32	795,31	15,07	225,33
28014	Arganda	224,79	171,34	845,94	12,71	233,80
28015	Arroyomolinos	226,72	174,49	835,75	15,70	234,97
28016	Atazar (El)	148,61	111,20	645,39	7,10	162,50
28017	Batres	228,06	176,11	832,05	15,97	235,65
28018	Becerril de la Sierra	136,74	104,83	597,96	5,17	150,17
28019	Belmonte de Tajo	208,56	159,74	791,91	12,49	217,91
28020	Berzosa del Lozoya	140,36	103,86	634,33	4,66	155,32
28021	Berrueco (El)	149,19	111,72	651,09	7,07	163,46
28022	Boadilla del Monte	230,36	176,30	867,39	14,26	240,03
28023	Boalo (El)	145,97	111,10	635,86	6,39	160,07
28024	Braojos	106,85	78,66	531,50	0,00	122,31
28025	Brea de Tajo	191,84	143,92	747,00	9,75	201,36
28026	Brunete	202,54	157,89	773,03	13,94	212,94
28027	Buitrago de Lozoya	129,39	94,56	623,92	1,89	146,38
28028	Bustarviejo	132,47	100,59	611,03	4,07	148,27
28029	Cabanillas de la Sierra	152,51	114,74	660,46	7,74	166,80
28030	Cabrera (La)	144,65	108,19	641,78	6,28	159,40
28031	Cadalso de los Vidrios	199,92	157,12	751,86	15,44	209,66
28032	Camarma de Esteruelas	157,50	117,13	642,87	5,95	167,65
28033	Campo Real	194,04	146,23	755,71	10,00	203,84
28034	Canencia	122,06	90,54	586,08	1,08	137,96
28035	Carabaña	210,73	160,02	802,76	12,21	220,09
28036	Casarrubuelos	230,52	179,07	829,62	17,57	237,55
28037	Cenicientos	191,68	148,74	732,50	15,09	201,86
28038	Cercedilla	107,65	81,26	472,70	0,00	117,34
28039	Cervera de Buitrago	153,11	115,31	661,77	7,85	167,36
28040	Ciempozuelos	238,56	184,88	864,52	16,59	246,03
28041	Cobeña	173,11	129,61	684,43	8,15	182,55
28042	Colmenar del Arroyo	219,94	171,33	823,56	16,23	229,84
28043	Colmenar de Oreja	213,66	163,82	797,95	14,25	222,24
28044	Colmenarejo	183,99	142,12	742,73	11,93	197,08
28045	Colmenar Viejo	181,00	139,31	748,68	10,13	195,26
28046	Collado-Mediano	137,93	105,84	604,26	6,23	151,80
28047	Collado Villalba	169,04	128,62	725,99	10,27	184,90
28048	Corpa	160,44	120,05	660,86	6,02	171,52
28049	Coslada	207,88	158,24	777,41	12,04	215,74
28050	Cubas	226,55	175,47	820,28	16,89	233,78
28051	Chapinería	236,07	184,70	866,47	18,12	245,25
28052	Chinchón	222,05	169,64	827,68	13,93	230,51
28053	Daganzo de Arriba	163,28	121,59	655,53	6,55	172,82
28054	Escorial (El)	152,27	116,90	641,38	8,14	165,28
28055	Estremera	201,71	152,39	773,89	11,21	210,97
28056	Fresnedillas de la Oliva	193,20	150,70	758,19	12,84	205,13
28057	Fresno de Torote	164,16	123,24	660,26	7,28	174,21
28058	Fuenlabrada	242,37	187,06	888,20	16,86	250,79
28059	Fuente el Saz de Jarama	167,17	127,27	667,43	8,96	177,58
28060	Fuentidueña de Tajo	223,92	170,88	833,86	13,51	232,22
28061	Galapagar	186,11	144,35	755,31	12,71	200,00
28062	Garganta de los Montes	125,87	93,30	600,08	2,21	142,04
28063	Gargantilla del Lozoya	120,13	88,10	587,38	0,55	136,53
28064	Gascones	108,92	80,10	539,66	0,00	124,44
28065	Getafe	255,98	197,49	930,93	17,31	264,04
28066	Griñón	224,99	173,68	821,24	16,02	232,56

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Clave	Nombre municipio	Dotación neta total anual (mm/año)				
		Árboles	Arbustos y tapizantes	Césped	Tratamientos duros	Hectárea tipo parque Canal de Isabel II
28067	Guadalix de la Sierra	161,09	122,30	685,66	8,61	175,29
28068	Guadarrama	140,14	107,86	604,47	7,09	153,51
28069	Hiruela (La)	103,14	73,88	530,09	0,00	119,36
28070	Horcajo de la Sierra	106,03	77,61	537,04	0,00	122,24
28071	Horcajuelo de la Sierra	100,00	71,41	520,84	0,00	116,37
28072	Hoyo de Manzanares	178,93	137,34	735,49	11,25	192,73
28073	Humanes de Madrid	229,75	177,39	844,82	16,03	238,04
28074	Leganes	245,05	188,80	902,05	16,40	253,77
28075	Loeches	185,65	139,30	728,72	8,32	195,22
28076	Lozoya	108,04	78,90	548,80	0,00	124,68
28078	Madarcos	121,44	90,37	586,93	0,90	137,67
28079	Madrid	237,64	182,44	886,19	14,78	246,88
28080	Majadahonda	203,01	157,89	795,14	11,36	214,87
28082	Manzanares el Real	137,01	104,93	613,41	5,68	151,97
28083	Meco	167,07	123,83	671,97	6,75	176,85
28084	Mejorada del Campo	208,07	157,17	791,81	9,87	216,62
28085	Miraflores de la Sierra	144,02	108,88	645,33	6,31	159,58
28086	Molar (El)	168,91	130,20	689,86	10,21	181,52
28087	Molinos (Los)	123,51	92,59	541,94	3,33	135,13
28088	Montejo de la Sierra	93,72	66,00	502,69	0,00	110,33
28089	Moraleja de Enmedio	215,17	165,55	799,08	14,86	223,58
28090	Moralzarzal	158,22	119,64	678,54	8,43	172,58
28091	Morata de Tajuña	231,95	177,66	864,32	13,89	240,72
28092	Móstoles	224,84	172,69	835,77	15,70	233,68
28093	Navacerrada	102,55	77,99	450,05	0,00	111,88
28094	Navalafuente	149,22	111,83	654,10	6,89	163,76
28095	Navalagamella	205,86	160,49	791,34	14,58	217,08
28096	Navalcarnero	215,38	166,31	801,11	15,01	224,07
28097	Navarredonda	106,27	77,64	537,16	0,00	122,38
28099	Navas del Rey	226,52	177,04	847,60	17,10	236,85
28100	Nuevo Baztán	175,31	131,50	703,44	7,98	185,89
28101	Olmeda de las Fuentes	166,93	126,46	675,63	7,76	177,87
28102	Orusco	200,80	151,49	773,01	11,33	210,27
28104	Paracuellos de Jarama	193,39	145,69	741,50	9,31	201,85
28106	Parla	233,33	180,72	854,71	16,55	241,59
28107	Patones	148,70	111,79	637,97	7,78	162,06
28108	Pedrezuela	176,79	136,23	725,80	10,95	190,41
28109	Pelayos de la Presa	225,68	176,77	847,84	17,00	236,38
28110	Perales de Tajuña	212,88	162,33	812,55	12,44	222,65
28111	Pezuela de las Torres	161,81	122,03	666,29	6,56	173,25
28112	Pinilla del Valle	106,43	78,09	545,32	0,00	123,37
28113	Pinto	239,16	185,11	877,10	16,77	247,67
28114	Piñuecar	126,15	92,94	602,14	1,17	142,11
28115	Pozuelo de Alarcón	261,10	202,18	963,80	16,10	270,59
28116	Pozuelo del Rey	172,26	129,34	691,22	7,66	182,65
28117	Prádena del Rincón	118,77	89,26	579,15	0,71	135,30
28118	Puebla de la Sierra	126,00	94,36	590,04	1,97	141,27
28119	Quijorna	193,38	151,13	747,28	13,29	204,30
28120	Rascafría	116,44	86,61	553,05	0,05	130,86
28121	Redueña	157,78	119,86	669,75	8,67	171,57
28122	Ribatejada	162,97	124,08	656,74	8,71	173,72
28123	Rivas-Vaciamadrid	237,11	181,99	879,17	13,25	245,52
28124	Robledillo de la Jara	145,85	108,98	643,07	6,38	160,30
28125	Robledo de Chavela	193,44	151,19	753,96	12,88	204,93
28126	Robregordo	98,45	70,42	511,79	0,00	114,49
28127	Rozas de Madrid (Las)	212,06	165,25	829,36	13,66	224,75
28128	Rozas de Puerto Real	188,68	146,32	721,98	14,51	198,71
28129	S. Agustín de Guadalix	169,89	130,77	699,86	9,76	183,03
28130	S. Fernando de Henares	194,92	146,79	745,65	8,39	203,06
28131	S. Lorenzo del Escorial	150,06	116,95	634,71	7,83	163,46
28132	S. Martín de la Vega	249,91	193,85	909,30	15,75	257,81
28133	S. Martín de Valdeiglesias	219,01	172,63	813,65	17,01	228,80
28134	S. Sebastián de los Reyes	194,57	146,70	754,84	10,29	204,17
28135	Sta. Mª de la Alameda	154,98	119,95	641,75	7,14	167,08
28136	Santorcaz	150,66	113,14	628,85	5,58	161,96
28137	Stos. de la Humosa	165,08	122,74	667,65	6,60	175,17
28138	Serna del Monte (La)	119,14	87,82	581,45	0,10	135,30
28140	Serranillos del Valle	211,71	163,58	779,70	14,82	219,51
28141	Sevilla la Nueva	206,38	160,52	777,87	14,45	215,97

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Clave	Nombre municipio	Dotación neta total anual (mm/año)				
		Árboles	Arbustos y tapizantes	Césped	Tratamientos duros	Hectárea tipo parque Canal de Isabel II
28143	Somosierra	90,74	63,00	486,50	0,00	106,62
28144	Soto del Real	160,06	120,67	693,36	8,74	175,25
28145	Talamanca de Jarama	157,20	121,22	647,99	9,51	169,55
28146	Tielmes	210,02	160,13	804,86	12,08	219,94
28147	Titulcia	226,57	174,37	831,45	15,29	234,36
28148	Torrejón de Ardoz	202,16	152,60	772,36	7,84	210,40
28149	Torrejón de la Calzada	220,00	170,16	803,55	16,23	227,64
28150	Torrejón de Velasco	229,82	178,14	833,45	17,39	237,36
28151	Torrelaguna	150,61	114,11	642,17	8,23	163,99
28152	Torrelodones	204,07	159,90	808,81	15,02	217,90
28153	Torremocha de Jarama	141,73	106,57	610,56	7,47	154,73
28154	Torres de la Alameda	170,87	127,11	689,64	6,51	181,12
28155	Valdaracete	206,32	157,42	780,25	12,01	215,07
28156	Valdeavero	158,19	119,25	642,21	7,14	168,59
28157	Valdelaguna	211,09	161,06	801,45	12,59	220,42
28158	Valdemanco	135,58	101,82	616,45	4,82	150,76
28159	Valdemaqueda	184,82	143,33	726,20	11,45	195,99
28160	Valdemorillo	186,56	144,54	745,38	12,21	199,17
28161	Valdemoro	243,10	188,93	880,52	17,27	250,84
28162	Valdeolmos	162,46	123,60	652,12	8,38	172,84
28163	Valdepiélagos	149,79	114,70	624,23	8,80	162,02
28164	Valdetorres de Jarama	161,33	124,24	657,50	9,41	173,14
28165	Valdilecha	191,58	145,22	749,30	10,23	201,81
28166	Valverde de Alcalá	167,11	123,78	678,67	6,21	177,42
28167	Velilla de San Antonio	217,45	165,12	821,44	11,23	226,14
28168	Vellón (El)	166,17	128,04	685,67	10,38	179,34
28169	Venturada	155,72	118,22	659,10	8,52	169,12
28170	Villaconejos	206,60	158,14	774,50	13,79	215,14
28171	Villa del Prado	218,96	172,42	816,74	17,28	229,10
28172	Villalbilla	172,56	127,72	696,36	6,42	182,74
28173	Villamanrique de Tajo	232,98	179,41	860,05	15,01	241,38
28174	Villamanta	218,66	170,91	808,81	16,15	227,62
28175	Villamantilla	226,27	176,87	833,11	17,05	235,23
28176	Villanueva de Cañada	193,87	151,59	757,67	12,58	205,53
28177	Villanueva del Pardillo	181,31	140,88	726,44	11,04	193,68
28178	Villanueva de Perales	204,50	159,30	771,37	14,46	214,14
28179	Villar del Olmo	184,49	139,00	725,51	9,67	194,53
28180	Villarejo de Salvanés	213,18	164,01	799,17	13,28	221,97
28181	Villaviciosa de Odón	230,91	177,63	854,89	15,83	239,63
28182	Villavieja del Lozoya	106,23	78,07	529,14	0,00	121,64
28183	Zarzalejo	167,46	128,06	677,76	9,28	178,98
28901	Lozoyuela-Navas-Sieteiglesias	128,31	96,26	596,19	3,59	143,74
28902	Puentes Viejas	137,28	101,39	633,80	3,83	153,06

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 63. Dotaciones netas del mes de máximo consumo en los municipios de la Comunidad Autónoma de Madrid

Clave	Nombre Municipio	Dotación mes máxima demanda (mm/día/Ha)				
		Árboles	Arbustos y tapizantes	Césped	Tratamientos duros	Hectárea tipo parque Canal de Isabel II
28001	Acebeda (La)	1,38	1,11	4,26	0,00	1,34
28002	Ajalvir	1,69	1,39	4,85	0,11	1,63
28003	Alameda del Valle	1,47	1,18	4,47	0,00	1,42
28004	Álamo (El)	2,14	1,79	5,88	0,27	2,07
28005	Alcalá de Henares	1,79	1,47	5,11	0,13	1,73
28006	Alcobendas	1,92	1,59	5,42	0,17	1,85
28007	Alcorcón	2,18	1,82	6,01	0,27	2,11
28008	Aldea del Fresno	2,36	1,98	6,39	0,34	2,28
28009	Algete	1,81	1,50	5,10	0,16	1,75
28010	Alpedrete	1,90	1,57	5,37	0,16	1,83
28011	Ambite	1,88	1,56	5,21	0,21	1,81
28012	Anchuelo	1,72	1,42	4,87	0,14	1,66
28013	Aranjuez	2,04	1,71	5,57	0,28	1,98
28014	Arganda	2,14	1,78	5,91	0,25	2,07
28015	Arroyomolinos	2,14	1,79	5,89	0,27	2,07
28016	Atazar (El)	1,72	1,41	4,98	0,09	1,66
28017	Batres	2,14	1,79	5,89	0,27	2,07
28018	Becerril de la Sierra	1,77	1,45	5,12	0,09	1,70
28019	Belmonte de Tajo	2,03	1,69	5,65	0,22	1,96
28020	Berzosa del Lozoya	1,63	1,33	4,76	0,05	1,57
28021	Berrueco (El)	1,74	1,43	5,00	0,11	1,68
28022	Boadilla del Monte	2,20	1,83	6,07	0,26	2,12
28023	Boalo (El)	1,79	1,47	5,13	0,12	1,72
28024	Braojos	1,40	1,13	4,27	0,00	1,35
28025	Brea de Tajo	1,85	1,54	5,18	0,19	1,79
28026	Brunete	2,05	1,71	5,64	0,26	1,98
28027	Buitrago de Lozoya	1,60	1,31	4,72	0,04	1,54
28028	Bustarviejo	1,69	1,39	4,92	0,08	1,63
28029	Cabanillas de la Sierra	1,80	1,48	5,09	0,15	1,73
28030	Cabrera (La)	1,73	1,42	4,97	0,11	1,67
28031	Cadalso de los Vidrios	2,17	1,82	5,94	0,29	2,10
28032	Camarma de Esteruelas	1,65	1,36	4,71	0,12	1,59
28033	Campo Real	1,90	1,58	5,34	0,18	1,84
28034	Canencia	1,59	1,29	4,71	0,03	1,53
28035	Carabaña	2,01	1,67	5,58	0,23	1,94
28036	Casarrubuelos	2,19	1,83	5,97	0,30	2,12
28037	Cenicientos	2,17	1,81	5,96	0,28	2,10
28038	Cercedilla	1,58	1,28	4,75	0,00	1,52
28039	Cervera de Buitrago	1,75	1,44	5,04	0,11	1,69
28040	Ciempozuelos	2,19	1,83	5,96	0,31	2,12
28041	Cobeña	1,72	1,42	4,89	0,13	1,66
28042	Colmenar del Arroyo	2,24	1,87	6,09	0,31	2,16
28043	Colmenar de Oreja	2,04	1,70	5,60	0,26	1,97
28044	Colmenarejo	2,05	1,70	5,71	0,22	1,98
28045	Colmenar Viejo	2,00	1,66	5,63	0,19	1,93
28046	Collado-Mediano	1,80	1,48	5,17	0,11	1,73
28047	Collado Villalba	1,96	1,63	5,51	0,19	1,90
28048	Corpa	1,73	1,43	4,89	0,16	1,67
28049	Coslada	1,93	1,60	5,37	0,21	1,86
28050	Cubas	2,15	1,80	5,89	0,28	2,08
28051	Chapinería	2,36	1,98	6,39	0,34	2,28
28052	Chinchón	2,09	1,74	5,76	0,25	2,02
28053	Daganzo de Arriba	1,65	1,36	4,73	0,11	1,59
28054	Escorial (El)	1,87	1,55	5,28	0,16	1,80
28055	Estremera	1,97	1,64	5,43	0,24	1,90
28056	Fresnedillas de la Oliva	2,10	1,75	5,81	0,24	2,03
28057	Fresno de Torote	1,71	1,42	4,86	0,14	1,66
28058	Fuenlabrada	2,24	1,87	6,14	0,29	2,17
28059	Fuente el Saz de Jarama	1,73	1,43	4,89	0,16	1,67
28060	Fuentidueña de Tajo	2,13	1,78	5,83	0,28	2,06
28061	Galapagar	2,06	1,71	5,71	0,23	1,99
28062	Garganta de los Montes	1,59	1,30	4,70	0,04	1,53
28063	Gargantilla del Lozoya	1,55	1,26	4,60	0,02	1,49
28064	Gascones	1,43	1,16	4,35	0,00	1,38
28065	Getafe	2,33	1,95	6,34	0,32	2,25

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Clave	Nombre Municipio	Dotación mes máxima demanda (mm/día/Ha)				
		Árboles	Arbustos y tapizantes	Césped	Tratamientos duros	Hectárea tipo parque Canal de Isabel II
28066	Griñón	2,13	1,78	5,84	0,27	2,06
28067	Guadalix de la Sierra	1,87	1,55	5,26	0,17	1,81
28068	Guadarrama	1,86	1,53	5,27	0,15	1,79
28069	Hiruela (La)	1,41	1,13	4,41	0,00	1,37
28070	Horcajo de la Sierra	1,40	1,12	4,31	0,00	1,36
28071	Horcajuelo de la Sierra	1,37	1,09	4,29	0,00	1,33
28072	Hoyo de Manzanares	2,03	1,68	5,67	0,21	1,96
28073	Humanes de Madrid	2,16	1,80	5,92	0,27	2,08
28074	Leganes	2,25	1,88	6,18	0,29	2,18
28075	Loeches	1,80	1,49	5,13	0,14	1,74
28076	Lozoya	1,48	1,19	4,52	0,00	1,43
28078	Madarcos	1,50	1,22	4,54	0,00	1,45
28079	Madrid	2,20	1,83	6,08	0,26	2,13
28080	Majadahonda	2,05	1,70	5,72	0,21	1,98
28082	Manzanares el Real	1,75	1,44	5,05	0,11	1,69
28083	Meco	1,75	1,45	4,95	0,15	1,69
28084	Mejorada del Campo	1,92	1,59	5,45	0,16	1,86
28085	Miraflores de la Sierra	1,80	1,49	5,15	0,13	1,74
28086	Molar (El)	1,84	1,53	5,15	0,19	1,78
28087	Molinos (Los)	1,70	1,39	4,97	0,07	1,64
28088	Montejo de la Sierra	1,34	1,07	4,27	0,00	1,31
28089	Moraleja de Enmedio	2,07	1,72	5,70	0,25	2,00
28090	Moralzarzal	1,88	1,55	5,33	0,15	1,81
28091	Morata de Tajuña	2,17	1,81	5,99	0,26	2,10
28092	Móstoles	2,14	1,79	5,89	0,27	2,07
28093	Navacerrada	1,53	1,24	4,65	0,00	1,48
28094	Navalafuente	1,79	1,48	5,09	0,14	1,73
28095	Navalagamella	2,16	1,80	5,92	0,27	2,08
28096	Navalcarnero	2,08	1,73	5,74	0,25	2,01
28097	Navarredonda	1,44	1,16	4,39	0,00	1,39
28099	Navas del Rey	2,32	1,94	6,31	0,33	2,25
28100	Nuevo Baztán	1,82	1,51	5,09	0,18	1,75
28101	Olmeda de las Fuentes	1,78	1,48	4,97	0,19	1,72
28102	Orusco	1,92	1,60	5,35	0,21	1,86
28104	Paracuellos de Jarama	1,80	1,48	5,10	0,14	1,73
28106	Parla	2,18	1,82	5,96	0,28	2,11
28107	Patones	1,73	1,42	4,95	0,11	1,67
28108	Pedrezuela	1,95	1,62	5,43	0,21	1,89
28109	Pelayos de la Presa	2,33	1,95	6,32	0,33	2,25
28110	Perales de Tajuña	2,06	1,71	5,73	0,22	1,99
28111	Pezuela de las Torres	1,78	1,48	4,98	0,19	1,72
28112	Pinilla del Valle	1,45	1,17	4,46	0,00	1,41
28113	Pinto	2,21	1,85	6,04	0,30	2,14
28114	Piñuecar	1,54	1,25	4,61	0,00	1,48
28115	Pozuelo de Alarcon	2,38	1,99	6,56	0,29	2,30
28116	Pozuelo del Rey	1,75	1,45	4,96	0,15	1,69
28117	Prádena del Rincón	1,50	1,21	4,53	0,00	1,45
28118	Puebla de la Sierra	1,56	1,26	4,64	0,01	1,50
28119	Quijorna	2,02	1,69	5,58	0,25	1,96
28120	Rascafría	1,56	1,27	4,68	0,00	1,50
28121	Redueña	1,82	1,50	5,12	0,16	1,75
28122	Ribatejada	1,75	1,45	4,93	0,17	1,69
28123	Rivas-Vaciamadrid	2,22	1,85	6,11	0,27	2,14
28124	Robledillo de la Jara	1,68	1,37	4,86	0,08	1,62
28125	Robledo de Chavela	2,10	1,75	5,80	0,25	2,03
28126	Robregordo	1,34	1,07	4,19	0,00	1,30
28127	Rozas de Madrid (Las)	2,18	1,82	6,05	0,25	2,11
28128	Rozas de Puerto Real	2,18	1,82	5,99	0,28	2,11
28129	S. Agustín de Guadalix	1,86	1,54	5,22	0,18	1,80
28130	S. Fernando de Henares	1,80	1,48	5,13	0,13	1,73
28131	S. Lorenzo del Escorial	1,90	1,57	5,38	0,16	1,84
28132	S. Martín de la Vega	2,29	1,92	6,27	0,31	2,22
28133	S. Martín Valdeiglesias	2,28	1,91	6,18	0,33	2,20
28134	S. Sebastián de Reyes	1,88	1,55	5,30	0,17	1,81
28135	Sta. Mª de la Alameda	1,89	1,56	5,37	0,15	1,82
28136	Santorcaz	1,67	1,39	4,73	0,15	1,62
28137	Stos. de la Humosa	1,75	1,45	4,94	0,16	1,69
28138	Serna del Monte (La)	1,50	1,21	4,52	0,00	1,45
28140	Serranillos del Valle	2,03	1,69	5,60	0,25	1,96

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Clave	Nombre Municipio	Dotación mes máxima demanda (mm/día/Ha)				
		Árboles	Arbustos y tapizantes	Césped	Tratamientos duros	Hectárea tipo parque Canal de Isabel II
28141	Sevilla la Nueva	2,05	1,71	5,66	0,25	1,99
28143	Somosierra	1,30	1,03	4,14	0,00	1,27
28144	Soto del Real	1,90	1,57	5,35	0,17	1,83
28145	Talamanca de Jarama	1,77	1,47	4,93	0,19	1,71
28146	Tielmes	2,04	1,70	5,70	0,22	1,97
28147	Titulcia	2,10	1,76	5,75	0,28	2,04
28148	Torrejón de Ardoz	1,81	1,49	5,22	0,11	1,75
28149	Torrejón de la Calzada	2,10	1,76	5,76	0,28	2,03
28150	Torrejón de Velasco	2,16	1,81	5,89	0,30	2,09
28151	Torrelaguna	1,74	1,44	4,94	0,15	1,68
28152	Torrelodones	2,17	1,81	5,99	0,27	2,10
28153	Torremocha de Jarama	1,67	1,38	4,75	0,13	1,61
28154	Torres de la Alameda	1,69	1,39	4,87	0,10	1,63
28155	Valdaracete	1,98	1,65	5,49	0,23	1,92
28156	Valdeavero	1,70	1,41	4,80	0,15	1,64
28157	Valdelaguna	2,03	1,69	5,66	0,22	1,97
28158	Valdemanco	1,68	1,38	4,85	0,09	1,62
28159	Valdemaqueda	2,04	1,69	5,68	0,22	1,97
28160	Valdemorillo	2,07	1,72	5,75	0,23	2,00
28161	Valdemoro	2,24	1,87	6,09	0,31	2,16
28162	Valdeolmos	1,71	1,42	4,83	0,15	1,65
28163	Valdepiélagos	1,71	1,42	4,80	0,17	1,66
28164	Valdetorres de Jarama	1,76	1,46	4,93	0,18	1,70
28165	Valdilecha	1,91	1,58	5,35	0,19	1,84
28166	Valverde de Alcalá	1,71	1,41	4,87	0,13	1,65
28167	Velilla de San Antonio	2,04	1,69	5,71	0,20	1,97
28168	Vellón (El)	1,86	1,55	5,19	0,20	1,80
28169	Venturada	1,80	1,49	5,07	0,17	1,74
28170	Villaconejos	1,97	1,64	5,42	0,25	1,91
28171	Villa del Prado	2,28	1,91	6,19	0,32	2,20
28172	Villalbilla	1,73	1,42	4,94	0,12	1,67
28173	Villamanrique de Tajo	2,20	1,84	6,04	0,29	2,13
28174	Villamanta	2,16	1,80	5,93	0,28	2,09
28175	Villamantilla	2,24	1,87	6,10	0,31	2,16
28176	Villanueva de Cañada	2,03	1,69	5,62	0,24	1,96
28177	Villanueva del Pardillo	1,96	1,63	5,47	0,21	1,90
28178	Villanueva de Perales	2,07	1,73	5,68	0,26	2,00
28179	Villar del Olmo	1,86	1,55	5,19	0,20	1,80
28180	Villarejo de Salvanés	2,06	1,71	5,67	0,25	1,99
28181	Villaviciosa de Odón	2,19	1,83	6,00	0,28	2,11
28182	Villavieja del Lozoya	1,42	1,14	4,32	0,00	1,37
28183	Zarzalejo	1,97	1,63	5,53	0,19	1,90
28901	Lozoyuela-Navas-Sieteiglesias	1,59	1,30	4,68	0,05	1,53
28902	Puentes Viejas	1,62	1,32	4,76	0,04	1,56

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

A3.4 Metodología para el cálculo de ETo y Pe

A3.4.1 Método para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o)

La determinación de la ET_o se realizará siguiendo la siguiente expresión, conforme al método de Penman-Monteith:

$$ET_o(mm/día) = \frac{\delta}{\delta + \gamma^*} \cdot (R_n - G) \cdot \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma^*} \cdot \frac{900}{T + 275} \cdot U_2 \cdot (e_a - e_d)$$

Donde:

δ Pendiente de la curva de presión de vapor (Kpa °C^{-1}):

$$\delta = \frac{4098 \cdot e_a}{(T + 237{,}3)^2}$$

siendo T la temperatura media y e_a el valor medio de la presión de saturación del vapor de agua (kPa), obtenido mediante la expresión:

$$e_a = \frac{e_{a(Tmax)} + e_{a(Tmin)}}{2}$$

Donde e_a (T_{max}) y e_a (T_{min}) son los valores de

$$e_a = 0{,}6108 \cdot e^{\left(\frac{17{,}27 \cdot t}{t + 237{,}3}\right)}$$

para t = T_{max} (temperatura máxima) y t = T_{min} (temperatura mínima), respectivamente.

γ^* Constante psicrométrica modificada (kPa °C-1)

$$\gamma * = \gamma \cdot (1 + 0{,}336 \cdot U_2)$$

Siendo:

γ Constante psicrométrica (kPa °C^{-1}):

$$\gamma = 0{,}0016286 \cdot \frac{P}{\lambda}$$

Donde:

P Presión atmosférica a la altitud local Z(m), en kPa, viene dada por:

$$P = 101{,}3 \cdot \left(\frac{293 - 0{,}0065 \cdot Z}{293}\right)^{5{,}256}$$

λ Calor latente de vaporización (MJ kg^{-1}), por

$$\lambda = 2{,}501 - (2{,}361 \cdot 10^{-3}) \cdot T$$

U_2 Valor medio mensual de la velocidad del viento media diaria a 2 m del suelo (m/s), que se obtiene de:

$$U_2 = U_h \cdot 4{,}868 \cdot [\ln(67{,}75 \cdot h - 5{,}42)]^{-1}$$

Donde h(m) es la altura a la que se ha medido la velocidad del viento, U_h que se expresa en m/s.

R_n Radiación solar neta (MJ m-2/día), es la diferencia Rns - Rnl, siendo:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Rns Radiación solar neta de onda corta (MJ m-2/día), que se obtiene de:

$$R_{ns} = 0{,}77 \cdot (0{,}25 + 0{,}50 \cdot \frac{n}{N}) \cdot R_a$$

Donde:

n/N relación diaria entre horas de sol y horas diurnas

Ra radiación extraterrestre (MJ m^{-2}/día), se obtiene de

$$R_a = 37{,}586 \cdot d_r \cdot (W_s \cdot senLAT \cdot senDEC + cosLAT \cdot cosDEC \cdot senW_s)$$

En la que

$$\mathrm{d_r\ (distancia\ relativa\ tierra)} - \mathrm{sol(rad)} = 1 + 0{,}033 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{365} \cdot \mathrm{DIA}\right)$$

Siendo DIA = nº del día en el calendario juliano = valor entero de (30,42. M-15,23), siendo M el número del mes (enero 1, febrero 2, ..., diciembre 12)

Ws Ángulo horario de puesta de sol (rad)

$$\mathrm{W_s} = \arccos(-\mathrm{tanLAT} \cdot \mathrm{tanDEC})$$

Siendo:

LAT latitud local expresada en radianes

DEC declinación solar (rad)

$$DEC = 0{,}4093 \cdot sen\left(\frac{2\pi}{365} \cdot DIA - 1{,}405\right)$$

R_{nl} radiación solar neta de onda larga (MJ m^{-2}/día), se obtiene de:

$$\mathrm{R_{nl}} = 2{,}45 \cdot 10^{-9} \cdot \left(0{,}34 - 0{,}14 \cdot \sqrt{\mathrm{e_d}}\right) \cdot \left(0{,}1 + 0{,}9 \cdot \frac{\mathrm{n}}{\mathrm{N}}\right) \cdot [(\mathrm{T_{max}} + 273{,}16)^4 + (\mathrm{T_{min}} + 273{,}16)^4]$$

Siendo:

$$\mathrm{e_d} = \frac{\mathrm{e_{a(Tmin)}} \cdot \mathrm{HR_{max}} + \mathrm{e_{a(Tmax)}} \cdot \mathrm{HR_{min}}}{200}$$

HR_{max} humedad relativa máxima diaria

HR_{min} humedad relativa mínima diaria

G flujo de calor del suelo (MJ m^{-2}/día) = 0,14. ($T_{mes\ n}$ - $T_{mes\ n-1}$)

A3.4.2 Método para el cálculo de la precipitación efectiva (Pe)

La formulación propuesta, por el *Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos*, para el cálculo de la precipitación efectiva mensual (mm) es:

$$P_e = \left(1{,}25247 \cdot {P_t}^{0{,}82416} - 2{,}93522\right) \cdot 10^{0{,}00095U} \cdot f$$

En esta expresión:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

P_e precipitación efectiva mensual (mm)

P_t precipitación total mensual (mm)

U uso consuntivo medio mensual (mm)

$$f = 0{,}531747 + 0{,}011621 \cdot D - 0{,}000089 \cdot D^2 \quad + 0{,}00000023 \cdot D^3$$

Siendo D la dosis de riego neta expresada en mm.

Así pues, en el procedimiento del S.C.S. la precipitación efectiva se evalúa para cada cultivo, en términos mensuales, en función de la precipitación total y del uso consuntivo del cultivo en cuestión; teniéndose en cuenta indirectamente la capacidad de almacenamiento del suelo a través de la dosis de riego neta. El valor de la precipitación efectiva queda, en todo caso, limitado en este procedimiento por los valores de la precipitación total y del uso consuntivo del cultivo correspondiente.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Anexo 4. Recomendaciones generales de diseño de la red de aplicación (sistema de riego) para el riego de parques y jardines

A4.1 Introducción

En principio, se considera necesario señalar que todo lo relativo tanto al diseño como a los componentes de los sistemas de riego para parques y jardines es responsabilidad de los explotadores encargados de los citados sistemas de riego.

El objeto de este Anexo, dedicado a recomendaciones generales de diseño de la red de aplicación (sistema de riego) para el riego de parques y jardines, es tratar de recopilar, de la literatura y normativa aplicables, unas recomendaciones generales relativas al diseño de sistemas de riego, localizado y por aspersión, con especial atención a su utilización para parques y jardines. A su vez se incluye un apartado específico en el que se recopilan los condicionantes de diseño de los sistemas de riego de parques y jardines para el uso de agua regenerada. De todas formas, cabe indicar que el organismo responsable de los sistemas de riego en parques y jardines deberá considerar toda la normativa y reglamentación vigente, tanto la referente al riego de parques y jardines como la referente al uso de agua regenerada a la hora de proyectar, ejecutar, mantener y operar los sistemas de riego de parques y jardines.

A4.2 Diseño del sistema. Información necesaria

La información de base que puede considerarse, en principio, como necesaria respecto al diseño del sistema de riego, localizado y por aspersión, para parques y jardines se ha agrupado en los subapartados siguientes: planos, caudal y presión disponibles, calidad del agua de riego, datos de suelo y datos de necesidades de riego para el dimensionado del sistema de riego.

A4.2.1 Planos

La información que debería incluir el plano o planos de partida es la siguiente:

- Delimitación del parque o jardín que se quiere regar.
- Pendientes y cambios de elevación existentes.
- Localización y delimitación de los diferentes tipos de vegetación con necesidades similares o hidrozonas.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Localización y delimitación de posibles caminos, edificios, fuentes, etc. existentes en el parque o jardín.
- Situación del punto de entrada de agua al parque o jardín donde se conectará el sistema de riego.

A4.2.2 Caudal y presión disponibles

La información de partida necesaria es la siguiente:

- Caudal disponible durante el horario autorizado para el riego (existen limitaciones de horario de riego tanto respecto al uso eficiente del agua, como al uso de agua regenerada) en el punto de entrada de agua al parque o jardín donde se conectará el sistema de riego.
- Presión disponible en el punto de entrada de agua al parque o jardín donde se conectará el sistema de riego.

A4.2.3 Calidad del agua de riego

Será necesaria una evaluación de la calidad del agua de riego desde un punto de vista de la adecuación a las plantas (no se considera aquí el aspecto de la adecuación del agua regenerada para el riego, que deberá cumplir la legislación vigente).

Las directrices para interpretar la calidad del agua para riego y los análisis necesarios para evaluar las aguas de riego, están recogidas en la *Tabla 64* y en la *Tabla 67*, respectivamente.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 64. Directrices para interpretar la calidad de las aguas para el riego (FAO, 1987)

Problema Potencial	***Unidades***	***Grado de Restricción del uso***		
		Ninguna	***Ligera a Moderada***	***Severo***
Salinidad (afecta disponibilidad de agua para el cultivo)[1]				
ECa	dS/m	<0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
TSS	mg/l	<450	450 - 2000	> 2000
Infiltración[2]				
RAS = 0 - 3 y ECa		> 0.7	0.7 -0.2	< 0.2
RAS = 3 - 6 y ECa		> 1.2	1.2 – 0.3	< 0.3
RAS = 6 – 12 y ECa		> 1.9	1.9 – 0.5	< 0.5
RAS = 12 – 20 y ECa		> 2.9	2.9 – 1.3	< 1.3
RAS = 20 -40 y ECa		> 5.0	5.0 – 2.9	< 2.9
Toxicidad de Iones Específicos (afecta a cultivos sensibles)				
Sodio (Na)				
riego por superficie	RAS	< 3	3 - 9	> 9
riego por aspersión	me/l	< 3	> 3	
Cloro (Cl)				
riego por superficie	me/l	< 4	4.0 – 1.0	>10
riego por aspersión	me/l	< 3	> 3	
Boro (B)	mg/l	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
Varios (afecta a cultivos sensibles)				
Nitrógeno (NO_3 – N)[3]	mg/l	< 5	5.0 - 30	> 30
Bicarbonato (HCO_3)	me/l	< 1.5	1.5 – 8.5	> 8.5
(Aspersión foliar únicamente)				
pH		Amplitud Normal: 6.5 – 8.4		

1. ECa: conductividad eléctrica del agua o medida de la salinidad, expresada en decisiémenes por metro a 25 ºC (dS/m), o en miliohm por centímetro a 25 °C (mohm/cm).
TSS: total de sólidos en solución, expresados en miligramos por litro (mg/l).

2. RAS: relación de adsorción de sodio, algunas veces representada como RNa. La Figura 83. Puede ser empleada para calcular el RAS. Para un valor determinado del RAS, la velocidad de infiltración aumenta a medida que aumenta la salinidad.

3. NO_3 -N es el nitrógeno en forma de nitrato, expresado en términos de nitrógeno elemental (en el caso de aguas residuales incluir el NH_4-N y el N- orgánico).

La información sobre tolerancia a la salinidad de diferentes especies utilizadas en parques y jardines en Madrid está recogida en la *Tabla 65*.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 65. Tolerancia a la salinidad de diferentes especies utilizadas en parques y jardines en la Comunidad de Madrid (Junta de Andalucía, 2004)

Especie	*Tolerancia a Salinidad (d_S/m)*	*Tipo de especie*
I. Árboles		
Coníferas		
Pinus halepensis (pino carrasco)	4-8	Con
Pinus pinea (pino piñonero)	8-10	Con
Thuya orientalis	4-8	Con
Thuya occidentalis (tuya)	8-10	Con
Frondosas		
Ailanthus altissima (ailanto)	8-10	AC
Acer negundo (arce negundo)	4-8	AC
Ibizia julibrissin (árbol de seda) .	4-8	AC
"Carpinus betulus (carpe) ""Fastigiata"""	4-8	AC
Catalpa bignonioides (catalpa)	4-8	AC
Cercis silicuastrum (árbol del amor)	4-8	AC
Elaeagnus angustifolia (árbol del paraiso)	8-10	AC
Ficus carica (higuera)	4-8	AC
Gleditsia triacanthos (acacia de tres púas)	8-10	AC
Ligustrum lucidum (aligustre de china)	4-8	ArP
Lagerstro emia indica (árbol de Júpiter).	2-4	AC
Liriodendron tulipífera (árbol de los tulipanes)	2-4	AC
Melia acedarach (melia)	4-8	AC
Morus alba (morera)	8-10	AC
Platanus hispanica (platano)	4-8	AC
Prunus dulcis (almendro)	4-8	AC
Pyrus communis (peral)	<2	AC
Robinia pseudoacacia (acacia de flor blanca)	8-10	AC
Cedrus libani (Cedro del Líbano)	4-8	Con
Magnolia grandiflora (magnolio)	2-4	AP
Olea europea (olivo)	4-8	AP
II. Arbustos		
Arbustos de hoja caduca		
Berberis thumbergii	2-4	ArC
Punica granatum (granado)	4-8	AC
Spartium junceum (retama de olor)	4-8	ArP
Tamarix gallica (tamarisco)	8-10	AC
Arbustos de hoja perenne		
Abelia floribunda (abelia)	4-8	ArP
Acacia retinoides (mimosa)	4-8	AP
Arbutus unedo (madroño)	2-4	AP
Berberis thumbergii	2-4	ArC
Cotoneaster horizontalis	<2	ArC/P
Elaeagnus pungens	4-8	ArP
Eriobotrya japónica (níspero)	<2	AP
Lantana camara (lantana)	4-8	ArP
Nandina domestica (bambú sagrado)	2-4	ArP
Nerium o leander (adelfa)	4-8	ArP
Photinia fraseri	<2	ArP
Pittosporum tobira (pitosporo)	4-8	ArP
Pyracantha coccinea (espino de fuego)	4-8	ArP
Rhamnus alaternus (aladierno)	4-8	ArP
Teucrium fructicans (olivilla)	4-8	ArP
Arbustos singulares		
Chamaerops humilis (palmito)	4-8	Pal
Ilex aquifolium (acebo)	2-4	ArP
III Subarbustos, vivaces y anuales		
Aloe vera	8-10	S
Hypericum calycinum	4-8	ArP/T
Rosmarinus officinalis (romero)	4-8	ArP
Salvia officinalis (salvia)	4-8	ArP/PA/PF
Santolina chamaecipanissus	4-8	ArP/T

Nota:

Tolerancia a Salinidad

Cualitativa	*Cuantitativa (d_S/cm)*
Muy Resistente	>10
Resistente	8-10
Bastante Resistente	4-8
Sensible	2-4
Muy Sensible	<2

Tipo de planta utilizada

Árbol de hoja caduca	AC
Árbol de hoja perenne	AP
Arbusto de hoja caduca	ArC
Arbusto de hoja perenne	ArP
Confiera	Con
Palmácea	Pal
Planta aromática	PA
Planta de flor	PF
Planta trepadora	PT
Planta tapizante	T
Suculenta	S

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

La tolerancia a la salinidad es la capacidad de la planta de soportar exceso de sales en la zona radicular; no se trata de un valor exacto, sino que depende de varios factores. El umbral de tolerancia a la salinidad es aquella cantidad de sales por encima de la cual la planta sufre reducciones en su crecimiento y producción con respecto a condiciones no salinas.

A4.2.4 Datos de suelo

Respecto al suelo, la información básica necesaria es la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo y la capacidad de infiltración del suelo.

Existen una serie de propiedades del suelo relacionadas con su capacidad de almacenamiento de agua y su capacidad de infiltración que deben considerarse. Entre estas propiedades destacan las siguientes: textura, estructura, contenido de materia orgánica, tipo de sales predominantes en el suelo y la profundidad del suelo.

Una textura del suelo se refiere a su contenido, en porcentaje, de arcilla, limo y arena. Los suelos pueden clasificarse en función de los contenidos de las partículas citadas. La *Figura 82* recoge un triángulo de textura para clasificar los suelos según su textura. Los valores de intervalo de humedad disponible, para diferentes tipos de suelo, por unidad de profundidad y de velocidad de infiltración máxima están recogidos en la *Tabla 66*. Conforme un suelo es más arcilloso, su capacidad de almacenamiento de agua aumenta mientras que su velocidad de infiltración disminuye.

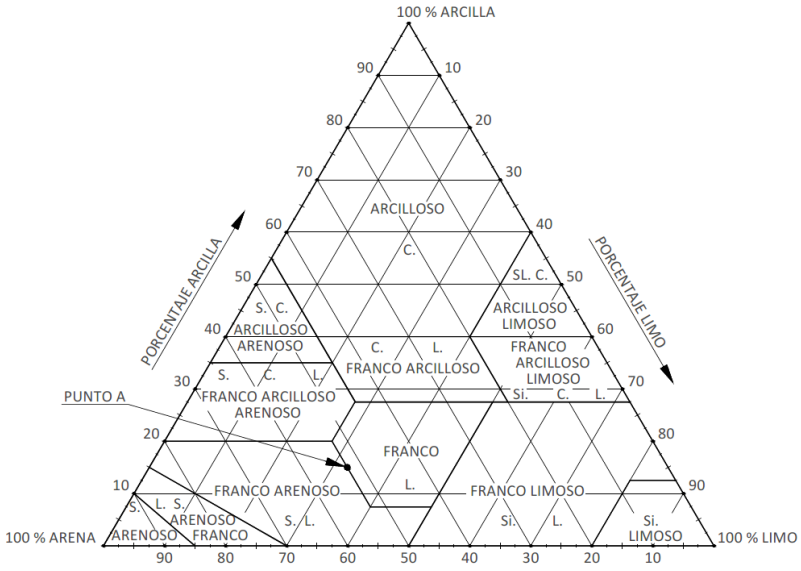


Figura 82. Guía para clasificar los suelos según la textura

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 66. Valores de intervalo de humedad disponible de los diferentes suelos por unidad de profundidad y velocidad de infiltración máxima (J. M. Tarjuelo, 2005)

Tipo de suelo	***Intervalo de humedad disponible***		***Velocidad de infiltración máxima (mm/h)***
	Límite (mm/cm)	***Promedio (mm/cm)***	
Arenas de textura muy gruesa	0,33-0,62	0,40	19-25,5
Arenas de textura gruesa, arenas finas y arenas margosas	0,60-0,85	0,70	12,5-19
Franco-arenosos de textura medianamente gruesa y franco-arenosos finos	0,85-1,45	1,15	12,5
Franco-arenosos muy fino, francos, franco-arcillo-arenoso y franco-limosos	1,25-1,90	1,60	10
Franco-arcillosos de textura medianamente fina y franco-arcillo-limosos	1,45-2,10	1,80	7,5
Arcillas arenosas de textura fina, arcillas limosas y arcilla	1,35-2,10	1,95	

La estructura del suelo se refiere a la distribución de agregados y poros. La cantidad, tamaño y comunicación de los poros tendrá una influencia muy importante sobre la capacidad de almacenamiento de agua y sobre todo en la velocidad de infiltración.

El contenido en materia orgánica del suelo, además de aportar nutrientes, incrementa su capacidad de almacenamiento y contribuye a la estabilidad de su estructura.

La salinidad del suelo es otra de las propiedades que debe examinarse en relación (aparte de problemas con iones específicos, como boro y cloruro, que en cantidades excesivas pueden producir problemas de toxicidad a las plantas) con la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo y con su velocidad de infiltración. Un exceso de sales produce una reducción de la cantidad de agua disponible para las plantas. Un exceso de algunos iones, principalmente sodio, provoca deterioro de la estructura del suelo pudiendo ocasionar problemas de infiltración y retención de agua.

Otra propiedad del suelo que es importante considerar es su profundidad, ya que esta puede estar limitada por alguna característica (horizontes endurecidos o modificados) que impida u ofrezca resistencia a la penetración de las raíces de las plantas. Un suelo con profundidad limitada significará que el contenido de agua almacenada a disposición de las raíces de las plantas será más reducido que en otro de las mismas características que no presente limitación.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

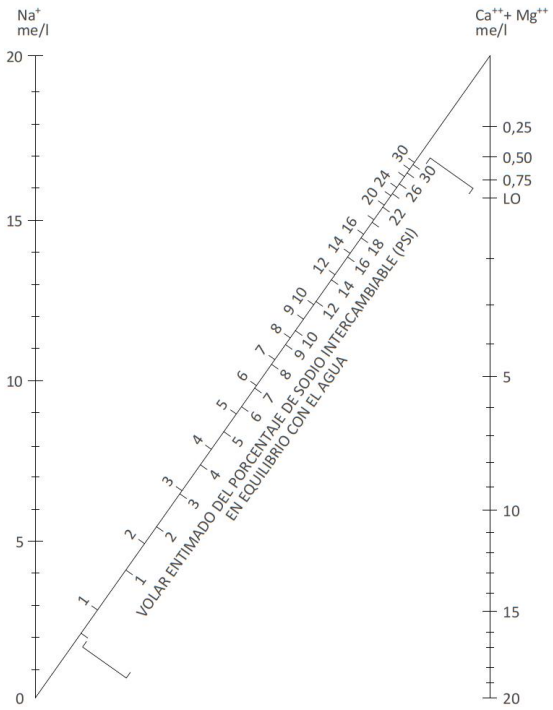


Figura 83. Nomograma para determinar el RAS de las aguas de riego y para estimar el valor correspondiente del PSI del suelo en equilibrio con el agua (FAO, 1987)

Además de lo anterior, otra información para el diseño que puede considerarse, en principio, como necesaria es el nivel de agotamiento permisible y la profundidad de raíces de las especies cultivadas.

El nivel de agotamiento permisible es el porcentaje del intervalo de humedad disponible en el suelo que la planta puede agotar sin que su calidad ornamental se vea afectada. Los valores propuestos (Junta de Andalucía, 2004), en general, son los siguientes:

- Próximos a 0,7, cuando no existen problemas de abastecimiento de agua y se desea mantener una calidad ornamental alta.
- De 0,9 en caso contrario.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 67. Análisis de laboratorio necesarios para evaluar las aguas para el riego (FAO, 1987)

Parámetros	***Símbolo***	***Unidad[1]***	***Valores normales en agua de riego***	
SALINIDAD				
Contenido de Sales				
Conductividad Eléctrica	ECa	d_S/m	0 - 3	d_S/m
(o)				
Total Sólidos en Solución	TSS	mg/l	0 - 2000	mg/l
Cationes y aniones				
Calcio	Ca^{++}	me/l	0 – 20	me/l
Magnesio	Mg^{++}	me/l	0 – 5	me/l
Sodio	Na^{+}	me/l	0 – 40	me/l
Carbonatos	CO_3^{--}	me/l	0 – 0,1	me/l
Bicarbonatos	HCO_3^{--}	me/l	0 – 10	me/l
Cloro	Cl^{-}	me/l	0 – 30	me/l
Sulfatos	SO_4^{--}	me/l	0 – 20	me/l
NUTRIENTES [2]				
Nitrato - Nitrógeno	NO_3 - N	mg/l	0 – 10	mg/l
Amonio - Nitrógeno	NH_4 - N	mg/l	0 – 5	mg/l
Fosfato - Fósforo	PO_4 - P	mg/l	0 – 2	mg/l
Potasio	K^{+}	mg/l	0 – 2	mg/l
VARIOS				
Boro	B	mg/l	0 – 2	mg/l
Acidez o Basicidad	pH	1 - 14	6 – 8,5	
Relación de Adsorción de Sodio	RAS	(me/l)[1,2]	0 - 15	

1. d_S/m = decisiémenes/metro (1 mmho/cm = 1 d_S/m)
   mg/l = miligramos/litro = partes por millón (ppm)
   me/l = miliequivalente /litro (me/l = mg/l peso equivalente)
2. NO_3- N significa que el laboratorio deberá determinar el NO3 del agua y expresarlo en términos de nitrógeno químicamente equivalente. De igual modo NH4 – N, significa que el NH4 contenido en el agua deberá ser expresado en términos de nitrógeno químicamente equivalente. El nitrógeno total disponible para las plantas será la suma del nitrógeno equivalente. El mismo procedimiento deberá utilizarse para expresar el fósforo.

La profundidad de raíces de las especies cultivadas es otra propiedad que es importante considerar, ya que todo lo anterior se aplica a la profundidad de suelo explorado por las raíces, de donde pueden extraer agua las plantas. Unos valores orientativos de profundidad radicular para distintos tipos de plantas utilizados en jardinería son los indicados en la *Tabla 68.* Profundidad radicular para distintos tipos de plantas utilizados en jardinería (Junta de Andalucía, 2004).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Tabla 68. Profundidad radicular para distintos tipos de plantas utilizados en jardinería (Junta de Andalucía, 2004)

Tipo de planta	***Profundidad radicular (m)***
Árboles	1
Arbustos	0,65
Vivaces y tapizantes	0,40
Cespitosas y hierbas ornamentales	0,25

A4.2.5 Necesidades de riego para el dimensionado del sistema

En relación con las necesidades de riego para el dimensionamiento del sistema, hay que conocer previamente el valor de las necesidades brutas de riego, correspondientes al período de máxima demanda considerado (decenal, quincenal…) para las diferentes zonas del parque o jardín con necesidades de riego similares o hidrozonas.

Las necesidades brutas de riego dependerán de las necesidades netas de riego correspondientes al período de máxima demanda considerado, de la eficiencia de riego y/o de la fracción de lavado en su caso. Estos dos últimos parámetros (expresados en forma decimal) se utilizan para mayorar las necesidades netas.

El procedimiento de determinación de las necesidades netas de cálculo, incluyendo la metodología para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia y de la precipitación efectiva está recogido en el *Anexo 2*, incluyendo también, una tabla con valores de la dotación neta total anual en mm/año y de la dotación en mm/día del mes de máxima demanda, para diferentes tipos de vegetación y en cada municipio en la Comunidad de Madrid. Dentro de un mismo parque o jardín podrían existir zonas que, teniendo el mismo tipo de vegetación, tengan distintas condiciones ambientales debido a características particulares. Para estas zonas se podría utilizar el coeficiente de microclima (Km), cuyos valores están recogidos en la *Tabla 69*.

Tabla 69. Coeficientes de microclima (Km) para diferentes tipos de vegetación (Junta de Andalucía, 2004)

Tipo de vegetación	***Coeficiente de microclima (Km)***		
	(a)	***(m)***	***(b)***
Árboles	1,4	1,0	0,5
Arbusto	1,3	1,0	0,5
Tapizantes	1,2	1,0	0,5
Césped	1,2	1,0	0,8
Plantación mixta	1,4	1,0	0,5

Nota: Condición microclimática media (m): aquella en que las estructuras, edificaciones, etc. no influyen en el microclima del jardín
Condición microclimática alta (a): aquella en las que las condiciones externas (jardines rodeados de edificaciones que absorben calor) aumentan la evaporación de la hidrozona (Km > 1)
Condición microclimática baja (b): aquella en las que las condiciones externas (jardines sombreados, protegidos de vientos, etc.) hacen disminuir la evaporación de la hidrozona (Km < 1).

El rango de valores de eficiencia del sistema de riego para diseño (E_r) propuestos, en general, para obtener las dotaciones de la *Tabla 36* del apartado *IV.4.1 Dotaciones y demandas*, para los sistemas de riego localizado y por aspersión es el siguiente:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Riego localizado: 85 % - 90 %
- Aspersión: 70 % - 80 %

Para el cálculo de la fracción de lavado (FL) (cantidad de agua extra para el lavado de sales cuando el agua de riego es salina o el suelo está salinizado) de una hidrozona se debe elegir el umbral de tolerancia de la especie menos tolerante a la salinidad. Esta fracción de lavado, expresada en tanto por uno, se puede estimar mediante la utilización de la curva de necesidades de lavado de la *Figura 84*. Para ello, se calcula primero un factor de concentración permisible, cociente de dividir el umbral de tolerancia a la salinidad del cultivo por la salinidad del agua de riego. Con este valor y la curva de necesidades de lavado se obtiene la fracción de lavado expresado en tanto por uno.

Las necesidades brutas se calculan dividiendo las necesidades netas por los valores, en tanto por uno, siguientes:

- En riego localizado, para tener en cuenta que el agua que se pierde por percolación también realiza un lavado de sales, se utiliza como divisor el valor menor de Er y de (1-FL).
- En riego por aspersión, para tener en cuenta que las pérdidas por percolación inevitables normalmente satisfacen el 10 % de las necesidades de lavado:
- Si FL < 10 % se utiliza como divisor el valor de Er.
- Si FL > 10 % se utilizan como divisores los valores de Er y de (1-F); y, el dividendo, que será el valor de las necesidades netas, se multiplica por 0,9.

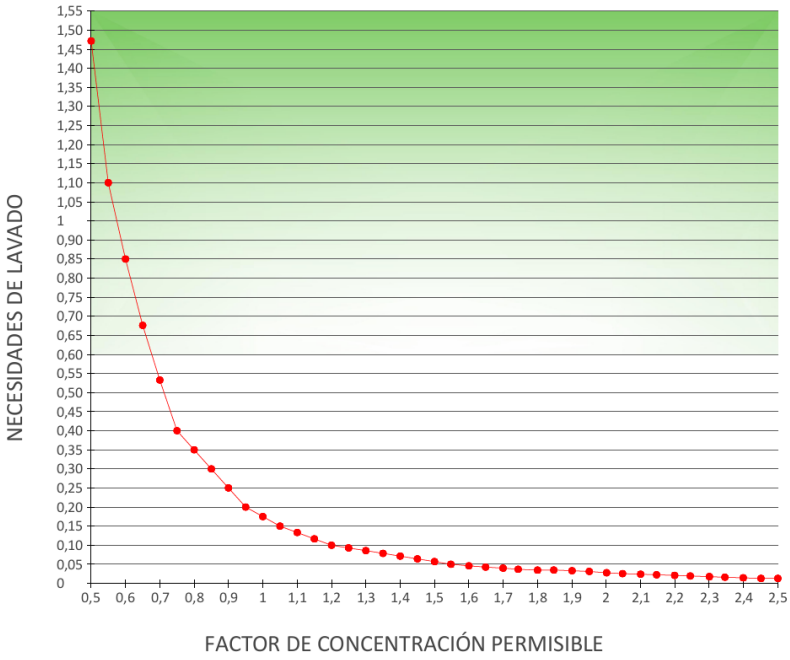


Figura 84. Curva de necesidades de lavado (Junta de Andalucía, 2004)

A4.3 Condicionantes de diseño

Para la elaboración de este apartado se ha recopilado y analizado la legislación de la Comunidad de Madrid y se han seleccionado como referencia y ejemplo las actuales ordenanzas municipales

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

relacionadas con la gestión y uso eficiente del agua en la ciudad de Madrid ("Ordenanza de gestión y uso eficiente del agua en la ciudad de Madrid "del ayuntamiento de Madrid, de 31 de mayo de 2006). Asimismo, se ha estudiado la legislación existente, sobre el uso racional del agua, en otras Comunidades Autónomas de España y en otros países, así como, otras referencias legislativas y técnicas.

A continuación, se presenta una recopilación de condicionantes de diseño de los sistemas de riego para parques y jardines, basados no solo por su faceta en el uso de agua regenerada, sino también por el uso eficiente del agua y de la sostenibilidad en las zonas verdes, ya que se considera que ambas deben contemplarse conjuntamente.

Con el fin de sistematizar esta información se ha estructurado en los siguientes subapartados: condicionantes relativos al diseño en los aspectos de elección del sistema de riego y sus componentes; condicionantes relativos, en otros aspectos, al diseño del sistema de riego. Además, se incluye otro subapartado titulado "otros condicionantes" en el que se engloba información relativa al sistema de riego en aspectos diferentes al diseño.

A4.3.1 Condicionantes relativos a la elección del sistema de riego y sus componentes

Las nuevas zonas verdes (el ayuntamiento de Madrid en su ordenanza de gestión y uso eficiente del agua, artículo 20, delimita a zonas con una superficie superior a los 150 m^2), deberán incluir sistemas de riego que fomenten el ahorro y la eficiencia en el uso del agua.

Para ahorrar agua, se optará por el uso de sistemas eficientes de riego como el riego por goteo o el riego por aspersión. Se utilizará el sistema más adecuado, adaptado a las características de las plantaciones del jardín. En zonas arbustivas y en árboles, se utilizará el riego por goteo y en las zonas de pradera se utilizará el sistema de aspersión, utilizando aspersores de corto alcance.

El sistema de riego debería permitir conocer detalladamente los tiempos de riego, las dosis y la frecuencia de este. La automatización de las instalaciones de riego permite hasta una programación integral del riego. Cualquier sistema se podría completar con sensores de humedad y de lluvia, conectados al programador de riego, que serán los que corten o abran las válvulas cuando sea necesario. De esta forma se evitan los excesos de agua o continuar el riego cuando está lloviendo.

Los sistemas de riego localizado son los más adecuados para utilizar en aguas regeneradas. Ni los usuarios, ni las personas encargadas del mantenimiento de la zona verde y plantas de la zona regada tienen riesgo de entrar en contacto con el agua.

Utilizar elementos de riego que disminuyan las pérdidas por evaporación, escorrentía e infiltración (por ejemplo: reguladores de presión, goteros autocompensantes, válvulas antidrenaje, sensores de lluvia, etc.).

Si el sistema de riego empleado es aspersión, los aspersores a utilizar serán de corto alcance o baja presión, de tipo emergente bajo el efecto de la presión, que permanecen tapados a nivel del suelo cuando están fuera de servicio.

El diseño de los elementos que componen el sistema de riego con agua regenerada deberá garantizar que estos no se confundan con los elementos de riego que se utilizan con agua potable, así como asegurar la imposibilidad de contaminar el suministro de agua potable. Por tal motivo, estas infraestructuras deben ser independientes de la red de abastecimiento de agua potable y los dispositivos de distribución como los dispositivos de aplicación ser fácilmente diferenciables del resto, y por eso, deben ser específicos para agua no potable y estar señalizadas de manera diferenciada. Con

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

el fin de evitar la contaminación entre las redes de agua potable y de agua regenerada, deberán instalarse válvulas de retención que impidan el reflujo.

Se prohíbe la instalación de grifos exteriores y se recomienda que el tamaño de las conducciones y de bocas de conexión de mangueras sean diferentes a los utilizados para las aguas de abastecimiento público.

El Ayuntamiento de Madrid en su ordenanza de gestión y uso eficiente del agua, artículo 104, fija las siguientes especificaciones que ha de cumplir cualquier instalación de agua regenerada, para un uso correcto de la misma:

- Las tuberías y accesorios se fabricarán en color violeta (PANTONE 2577U o RAL 4001 o 4005) al igual que los aspersores.
- Todas las válvulas, grifos y cabezales de aspersión deberán, además, estar marcados adecuadamente con objeto de advertir al público que el agua no es potable, debiendo ser además de un tipo que sólo permita su utilización por el personal autorizado.
- Las tuberías y las tapas de las arquetas tendrán una leyenda fácilmente legible "AGUA REGENERADA. AGUA NO POTABLE".

A4.3.2 Condicionantes relativos al diseño del sistema de riego

Las plantas cultivadas deberán ser seleccionadas tanto por sus actitudes ornamentales, como por sus propiedades de adaptación al medio donde van a ser ubicadas. Habrán de utilizarse especies autóctonas o alóctonas (foráneas) adaptadas al entorno y condiciones ambientales del lugar donde se va a implantar la zona verde.

Se limitarán las superficies vegetales con elevado consumo de agua. A este respecto, se ha definido la hectárea tipo de las zonas verdes atendiendo a los porcentajes de los distintos tipos de vegetación que ha de componerla con objeto de hacer sostenible su consumo de agua.

La definición de esta hectárea tipo, responde a la determinación del caudal diario estacional y del volumen anual suministrado, basado en las determinaciones sobre zonas verdes y dotaciones establecidas por la Comunidad de Madrid durante la sequía de 1991/1993, *Tabla 36 Dotaciones medias de la hectárea tipo*.

Se crearán zonas que contengan plantas con similares requerimientos hídricos, a la vez que igual luminosidad, exigencias edáficas y de mantenimiento (hidrozonas).

La instalación de riego se dividirá en distintos sectores según los requerimientos hídricos de las plantas.

En los meses de verano el riego se realizará durante las horas del día en las que la intensidad del sol es menor, para minimizar las pérdidas de agua por evaporación. El ayuntamiento de Madrid, en su ordenanza de gestión y uso eficiente del agua, artículo 22, establece la siguiente limitación: "durante los meses de junio a septiembre, ambos inclusive, no estará permitido el riego entre las 10 y las 20 horas. Para las zonas verdes de titularidad municipal podrá autorizarse el riego por el titular del órgano competente en materia de medio ambiente cuando razones técnicas u operativas así lo justifiquen."

Si el sistema de riego empleado es el de aspersión, habrá que tomar precauciones para evitar o minimizar el contacto de las personas con el agua. El riego deberá hacerse preferentemente de noche o cuando las instalaciones estén cerradas al público. Además, deberá programarse de modo que las plantas dispongan del tiempo suficiente para secarse antes de que los usuarios tengan acceso a la zona regada.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Se guardarán unas distancias de seguridad mínimas a áreas accesibles al público de 30 m y a núcleos habitados de 150 metros (Guía para la aplicación del R.D. 1620/2007 por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas).

Los aerosoles generados por los aspersores no podrán alcanzar de forma permanente a los trabajadores, ni vías de comunicación asfaltadas. Evitar la propagación de las gotas empleando obstáculos o pantallas de protección. Las fuentes de agua potable deberán estar protegidas de los aerosoles de agua regenerada que puedan caer directamente o por acción del viento. Se evitará regar los días de viento.

Los sistemas de riego deberán ser diseñados para prevenir que el agua de riego regenerada se aplique a una distancia adecuada para no afectar a acuíferos o cursos de agua. Para pozos de uso doméstico, esta distancia deberá ser de un radio superior a 15 metros (South Bay Water Recycling).

Habrá que evitar el encharcamiento y asegurarse de que la escorrentía superficial queda confinada en el propio terreno.

Para asegurar la imposibilidad de contaminar el suministro de agua potable, las redes de agua regenerada deberán ser en todo momento independientes de las de agua potable, no existiendo posibilidad alguna de conexión entre ellas. Las conducciones de agua potable deberán estar lo suficientemente separadas para evitar que filtraciones o pérdidas de agua regenerada puedan entrar por fisuras a las tuberías de agua potable. Se dispondrán en posición intermedia entre las conducciones de agua potable y de alcantarillado.

Es importante que en todas las zonas donde se esté utilizando agua regenerada no potable para el riego, se instalen carteles que lo indiquen, con claridad, para que el público y usuarios estén informados de ello.

Es recomendable que los responsables del mantenimiento de las zonas verdes dispongan de documentación actualizada de planos y especificaciones de las distintas tuberías existentes en la zona de utilización que faciliten una rápida localización de éstas en caso de averías, mantenimiento, etc.

También se puede dotar a las instalaciones, de una pequeña estación meteorológica, conectada a un sistema informático, que será el que controle los riegos en base a unos parámetros definidos.

A4.3.3 Otros condicionantes relativos al sistema de riego en aspectos diferentes al diseño

La calidad del agua regenerada para riego de zonas verdes deberá cumplir los criterios establecidos en el Anexo I.A del Real Decreto 1620/2007, en el cual se establecen los parámetros de calidad según usos, de 7 de diciembre de 2007.

Sería conveniente realizar una comprobación de la instalación del sistema de riego antes de su entrada en funcionamiento, para asegurar que el alcance de los aerosoles, la escorrentía o el encharcamiento están de acuerdo con lo especificado en su proyecto. Se deberán hacer las modificaciones necesarias al sistema hasta que este funcione correctamente.

Queda prohibido alterar o dañar los programadores y demás mecanismos o sistemas empleados para riego, modificar la orientación de los aspersores, así como cualquier otra acción sobre estos dispositivos que pudiera repercutir negativamente en su operación y correcto funcionamiento, en particular, en lo que se refiere a su eficiencia en el uso del agua.

Sería conveniente que la entidad usuaria de agua regenerada nombrara a una persona responsable que ostente su representación en las funciones de coordinar, organizar y controlar el uso correcto del

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

agua. Esta persona tendría que haber recibido una formación previa sobre el manejo de agua regenerada en zonas verdes.

El usuario del agua regenerada es el único responsable de que todos los trabajos que se lleven a cabo en el uso del agua regenerada se realicen de acuerdo con la normativa vigente en materia de seguridad y prevención de riesgos laborales. Los empleados que puedan entrar en contacto con el agua regenerada deberán ser instruidos en el adecuado manejo de este recurso, debiendo hacerse hincapié en las condiciones higiénicas a guardar tanto durante la realización del servicio como a su finalización.

Todos los elementos de las instalaciones de agua regenerada deberán ser inspeccionados regularmente, a fin de cumplir las exigencias del Real Decreto 865/03 sobre criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

Para los campos de golf, serán tomados en cuenta todos los condicionantes enumerados en los apartados anteriores.

Es aconsejable que los campos de golf ya existentes y los nuevos campos, elaboren un Plan de gestión sostenible del mismo. Respecto al contenido, vigencia y tramitación de los mismos sirva como reseña lo prescrito por el ayuntamiento de Madrid en su ordenanza de gestión y uso eficiente del agua, artículo 25: “Los titulares de campos de golf ya existentes o los promotores de nuevos campos, deberán elaborar un Plan de gestión sostenible del agua que deberán presentar ante el órgano ambiental competente para su aprobación, con objeto de minimizar el consumo de agua en sus instalaciones”.

A4.4 Diseño de los sistemas de riego

A4.4.1 Generalidades

Los dos tipos de sistemas de riego considerados son el riego localizado y el riego por aspersión con aspersores o difusores de corto alcance o baja presión (refiriéndose a jardinería, trabajan en general a presiones de hasta 1,5-2,5 kg/cm^2 y tienen radios mojados del orden de hasta unos 12 m) y de tipo emergente (permanecen tapados a nivel del suelo cuando están fuera de servicio y emergen bajo el efecto de la presión).

A4.4.1.1. Riego localizado

El riego localizado referido en este apartado es principalmente el riego por goteo superficial, así como las características de la modalidad del riego por goteo subterráneo. Además, también se incluye una mención sobre las características de las cintas perforadas y exudantes.

En el riego por goteo (empleado principalmente para el riego de árboles, líneas de arbustos, arriates, macizos de flores y tapizantes) el agua circula por la red de tuberías de la instalación, desde el cabezal hasta llegar a los goteros (emisores de bajo caudal que, en condiciones normales, aplican hasta 16 l/h y trabajan a presiones próximas a 1 kg/cm^2) donde, en su interior, se disipa la presión del agua de forma que cuando llega al orificio de salida, el agua sale gota a gota. Esta agua se infiltra en el suelo y se distribuye en el subsuelo siguiendo la forma de un bulbo húmedo.

En el riego por goteo, las tuberías laterales y los goteros van, generalmente, situados en la superficie del suelo (en algunos casos, las tuberías laterales se entierran y los goteros se sacan a la superficie por un sistema de microtubos). Existe también una modalidad de riego por goteo subterráneo, en el que

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

tanto las tuberías como los goteros se entierran someramente, y el agua se aplica a esa profundidad formando bandas continuas de humedad. Esta modalidad, presenta ventajas como que si se utiliza con agua regenerada esta queda bajo la superficie del suelo; pero presenta también inconvenientes, siendo el principal la obturación de los goteros (existen un número de condicionantes que deberían cumplirse, como sistemas de filtrado muy perfectos, utilización de productos químicos para evitar la obturación de los goteros y la entrada de raicillas y el empleo de goteros autocompensantes y antisucción).

Los tipos de goteros que, generalmente, más se utilizan en jardinería son los integrados (ya instalados en la tubería) y los interlínea o insertados (se instalan cortando la tubería e insertando el gotero). Los goteros también pueden ser no compensantes (el caudal cambia al cambiar la presión) y autocompensantes (en un intervalo de presión, el caudal apenas cambia al variar la presión). Los goteros autocompensantes son recomendables, a pesar de su coste superior, en casos de superficies con pendientes por encima del 5 % o en casos de superficies con pendientes poco homogéneas. En la normativa de referencia, respecto a criterios de sostenibilidad de zonas verdes, se señala como ejemplo, entre otras, la utilización de goteros autocompensantes al referirse al empleo de elementos de riego que minimicen las pérdidas de agua.

Otro sistema de riego localizado superficial es el que emplea tuberías emisoras; en general tuberías goteadoras y tuberías exudantes; que crean una banda continua de suelo humedecido (en caso de riego localizado empleando goteros, también se puede lograr una banda continua de humedad jugando con la distancia de los emisores en la tubería lateral). El principal inconveniente que presentan las tuberías exudantes, según la Junta de Andalucía (2004), es la frecuencia de obturación de los poros, lo que da lugar a una uniformidad de rango inferior a la de otros emisores, necesitando además una superficie con pendiente nula o casi nula para su correcto funcionamiento.

A4.4.1.2. Riego por aspersión

En el riego por aspersión (referido aquí solo a aspersores de corto alcance o baja presión y emergentes) el agua circula a presión por la red de tuberías enterradas de la instalación hasta llegar a los aspersores, donde la presión disponible induce un caudal de salida que es distribuido en forma de lluvia. El aspersor realiza un movimiento rotatorio, provocado por la presión del agua, que hace que ésta moje una superficie más o menos circular, cuyo radio de alcance depende de la presión y del tipo de boquilla del aspersor. El reparto de agua de un aspersor no es uniforme, por lo que estos deben situarse de forma que se produzca un solape entre las zonas mojadas por los aspersores contiguos.

Una vez que el agua sale del aspersor queda a merced de las condiciones atmosféricas, que condicionarán su uniformidad de aplicación. De estas, una a considerar es la evaporación de las gotas de agua emitidas por el aspersor antes de llegar al suelo (con iguales condiciones atmosféricas, a gotas más pequeñas mayores pérdidas por evaporación). Otra condición es el viento, que puede distorsionar la trayectoria del chorro de agua creando problemas con la uniformidad en el reparto de agua de los aspersores, así como en el posible alcance de las gotas de agua a lugares no deseados (el riego nocturno presenta una menor evaporación, y generalmente está sometido a una menor velocidad de viento). Respecto al aprovechamiento de agua regenerada, el riego por aspersión deberá hacerse preferentemente de noche o cuando las instalaciones estén cerradas al público, y que además deberá programarse de modo que las plantas dispongan del tiempo suficiente para secarse antes de que los usuarios tengan acceso a la zona regada. Las fuentes de agua potable deberán estar protegidas de los aerosoles de agua regenerada que puedan caer directamente o por acción del viento. Éstos no podrán alcanzar de forma permanente a los trabajadores ni a vías de comunicación asfaltadas o áreas habitadas, estableciéndose de ser preciso obstáculos o pantallas que limiten su propagación. Teniendo en cuenta lo anterior, en las zonas a las que hace referencia la normativa de referencia (fuentes de

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

agua potable, vías de comunicación asfaltadas, áreas habitadas, …) deberán disponerse plantas que sean más propicias a ser regadas por goteo. Por otro lado, la localización y disposición de los aspersores se diseñará de manera que, aún en los casos más desfavorables, las gotas emitidas por estos no alcanzaran a las zonas antes citadas. Además, sería recomendable no regar los días de viento, para ello se pueden instalar sensores de viento que permiten terminar un riego automáticamente cuando se desarrolla un viento de una velocidad determinada y sostenida.

Una vez que el agua llega al suelo, esta debería infiltrarse en el mismo punto donde cae. Por tanto, la precipitación media del sistema (Pms) no debería superar la velocidad de infiltración existente en el suelo al final de cada riego con el fin de evitar encharcamientos, escorrentía, erosión, etc. La precipitación media del sistema depende del caudal de los aspersores y del marco o disposición de los aspersores adoptado.

Los aspersores pueden girar mediante dos tipos de mecanismo, uno de impacto (giran mediante el impulso del chorro sobre un brazo oscilante que se desplaza y vuelve a su posición original por la acción de un muelle) y otro de turbina (se consigue un giro continuo mediante el paso del agua a través de un mecanismo de engranajes); este último tipo es, generalmente, el más extendido en el riego de jardines. Los aspersores también pueden distribuir el agua formando círculos (aspersores circulares) o en sectores circulares (aspersores sectoriales); esto último se consigue mediante un mecanismo que los hace retornar a su posición inicial al alcanzar un ángulo determinado (regulable por el usuario entre 0˚ y 360˚; o con un ángulo preestablecido fijo: 270˚, 180˚, 90˚, etc.). También existen aspersores con regulación del arco de giro, lo que modifica el área de trabajo y por tanto el área mojada (en algunos modelos la combinación de varias boquillas en una misma carcasa permite modificar arcos de trabajo), esto los hace adaptables a diferentes situaciones. Añadir válvulas antidrenaje a aspersores (impiden el drenaje dentro de unos límites de presión especificados), es necesario cuando se presentan cambios de elevación en el lateral de aspersores, de forma que se impida el drenaje después del corte de la entrada de agua a la instalación, a través de los aspersores situadas en la parte más baja, previniendo así posibles encharcamientos y escorrentía. En la normativa de referencia, en relación con criterios de sostenibilidad de zonas verdes, se señala como ejemplo, entre otras, la utilización de válvulas antidrenaje al referirse al empleo de elementos de riego que minimicen las pérdidas de agua. Señalándose también, aunque no está relacionado con el diseño, que la normativa de referencia contempla la prohibición de modificar la orientación de los aspersores, así como cualquier otra acción sobre estos dispositivos que pudiera repercutir negativamente en su operación y correcto funcionamiento, en particular en lo que se refiere a su eficacia en el uso del agua.

También se pueden citar los difusores de tipo emergente, muy similares a los aspersores, carecen de elementos móviles para girar, pero el arco de giro se regula desde la boquilla de salida del agua, entre 20-30˚ (según modelo) y 360˚ lo que permite igualmente regar áreas circulares o áreas con curvas. La presión de funcionamiento que necesitan y su radio de alcance son menores que los de los aspersores, proporcionado generalmente una pluviometría mayor que éstos.

A4.4.2 Emisores en riego por goteo

A4.4.2.1. Porcentaje de suelo mojado. Elección del porcentaje

En los sistemas de riego por goteo el agua se aporta solo a parte del suelo, la más próxima a las raíces por lo que, previamente a cualquier otra cuestión, se debe establecer un mínimo volumen de suelo a humedecer. En la práctica, el concepto de porcentaje de suelo mojado (P) se sustituye por el de “porcentaje de superficie mojada” (menos significativo, pero más fácil de medir), que se define como

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

la relación, en tanto por ciento, entre el área mojada por los goteros (medido, según autores, a 30 cm de profundidad o a la profundidad en que la densidad radicular es máxima) y el área total.

Los valores orientativos de porcentaje de suelo mojado relativos a jardinería son los siguientes (Junta de Andalucía, 2004):

- Vegetación poco densa: 25 % - 35 %
- Vegetación con densidad media: 40 % - 60 %
- Vegetación muy densa: 70 % - 90 %

Dentro de estos rangos, los valores más próximos al superior corresponderían a climas de tipo más árido y a texturas de suelo de tipo más arenoso. Además, al elegir el porcentaje de suelo mojado, se deberían tener en cuenta, al menos los otros dos aspectos siguientes: el primero se refiere a que valores altos de porcentaje de suelo mojado proporcionan mayor seguridad al sistema, sobre todo en casos de avería en la instalación o en situaciones de extrema evaporación (mayor volumen de suelo explorado por las raíces permiten a estas extraer más agua del suelo y resistir más tiempo a las plantas); el segundo se refiere a que valores altos de porcentaje de suelo mojado significan un coste más alto de la instalación (más goteros por planta y mayores diámetros de tubería).

A4.4.2.2. Número y disposición de los goteros

El número y disposición de los goteros en el sistema de riego dependerá fundamentalmente del porcentaje de suelo a humedecer, del área mojada por cada gotero y del tipo y marco de plantación de las plantas a regar.

El área mojada por cada gotero dependerá de numerosos factores como la textura, la estratificación del suelo, el caudal del gotero y el tiempo de riego. Esta dependencia de muchos factores es lo que lo hace difícil de determinar. De los tres procedimientos que generalmente se proponen para determinar, con fines de diseño, el área mojada por un goteo (empleo de fórmulas o modelos, utilización de tablas y pruebas de campo) el más simple y seguro es el de la prueba de campo. El empleo de fórmulas o modelos está aún lejos de su aplicación práctica y la utilización de tablas es una aproximación que se usa con frecuencia pero que debe hacerse con mucha precaución, ya que su exactitud dependerá de las diferencias existentes entre las condiciones de diseño y las condiciones para las que se desarrollaron las tablas.

Algunas recomendaciones generales sobre la disposición de los goteros para casos de diferentes densidades de plantas son las siguientes:

- Para casos de una elevada densidad de plantas (zonas de setos, macizos o parterres de flores, en las que se desea un alto porcentaje de suelo mojado) la disposición de los goteros debería proporcionar bandas continuas de humedad. La disposición que generalmente se adopta es la de una tubería lateral por cada línea de plantas (ver Figura 85) con emisores muy próximos entre sí (en general entre alrededor de unos 20 a 50 cm aproximadamente) de forma que los bulbos húmedos se solapen con el fin de evitar que haya plantas en la zona, de menor humedad y mayor salinidad, del borde de los bulbos. En algunas ocasiones, siempre que la separación entre plantas y el tipo de suelo lo permita, se recurre, para abaratar costes, al uso de una tubería lateral por cada dos filas de plantas.
- Para casos de una densidad de plantas baja o media (generalmente coincide con la zona de árboles) la disposición de los goteros debería formar bulbos húmedos en la zona próxima a las raíces de las plantas. En el caso de árboles conviene instalar varios goteros por árbol; teniendo

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

en cuenta que, para un mismo caudal de gotero, el número de goteros que se necesitará será mayor en un suelo arenoso que en uno arcilloso; siendo algunas de las disposiciones preferidas las de tipo en anillo y las de tipo de emisores multisalidas (ver Figura 85). La localización de los goteros respecto a los árboles debe ser tal que favorezca un buen soporte para estos (en árboles jóvenes se suelen colocar un número de goteros menor que el definitivo, que se irá aumentando; teniendo en cuenta que en condiciones normales las zonas húmedas se unan a medida que el árbol se desarrolla. El diseño hidráulico debe hacerse para el caso del número de goteros correspondientes al estado adulto del árbol).

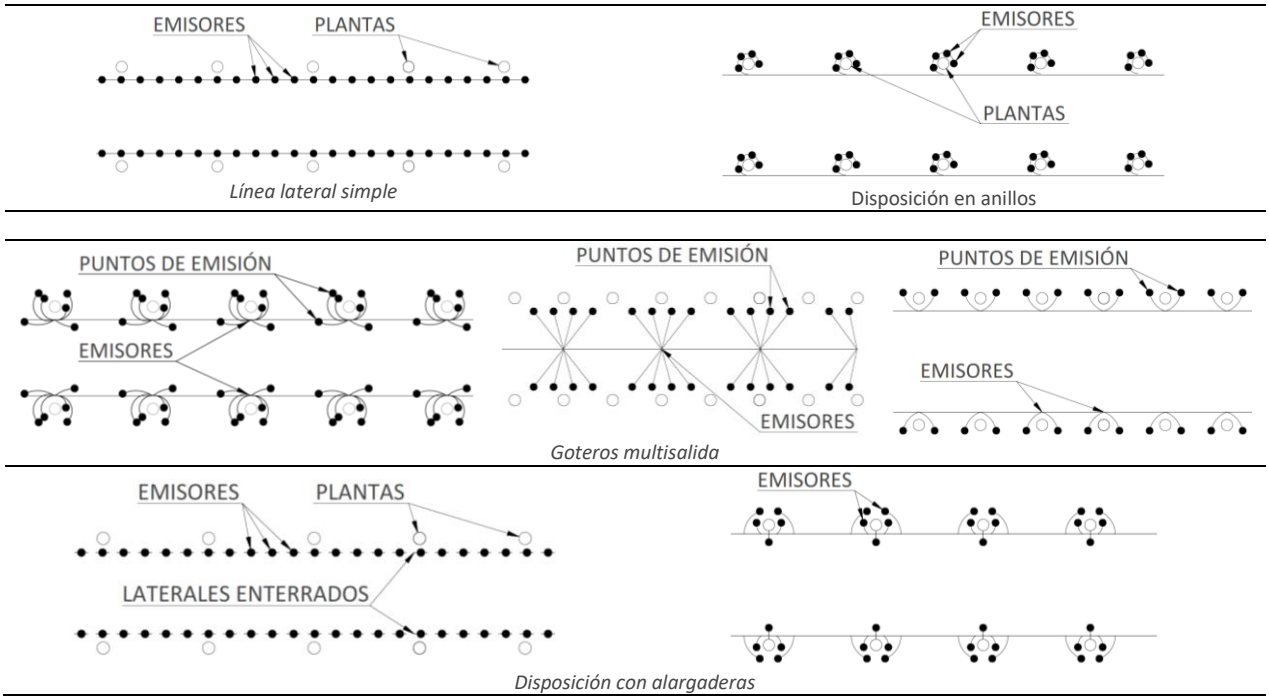


Figura 85. Algunas disposiciones de tuberías laterales de goteros (Rodrigo,1997)

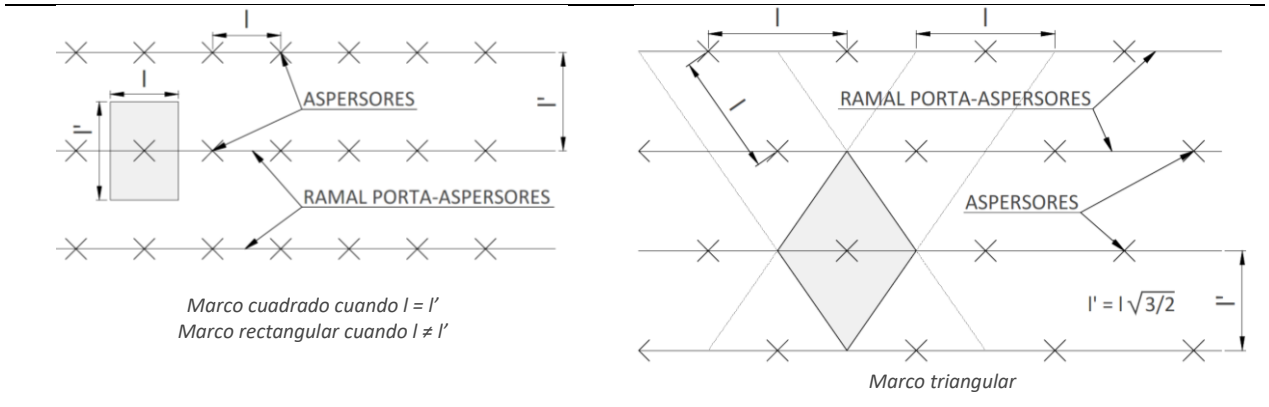


Figura 86. Marcos o disposiciones conjuntas de los aspersores (Tarjuelo, 2005)

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

A4.4.3 Emisores en riego por aspersión

A4.4.3.1. Marco de riego

La aplicación del agua de un sistema de aspersión dependerá, para condición de viento nula o baja, fundamentalmente de los factores siguientes:

- El modelo de reparto de agua del aspersor que dependerá principalmente de su diseño, del tipo y número de boquillas y de su presión de trabajo.
- Del solape entre los modelos de distribución de agua de los aspersores contiguos (en el sistema de aspersión para proporcionar una buena uniformidad de reparto de agua deben existir estos solapes) que viene determinado por la disposición y espaciamiento de los aspersores en el sistema (marco de riego).

El viento es el principal distorsionador de la uniformidad de reparto. Cabe señalar, como ya se ha hecho anteriormente, que el riego nocturno está sometido a una menor velocidad de viento.

Las disposiciones de los aspersores (separación entre aspersores dentro del ramal y entre ramales) normalmente adoptadas dan como resultado marcos del tipo en cuadrado, en rectángulo y en triángulo (ver *Figura 86*). La elección de los marcos debería hacerse de forma conjunta con las características del aspersor. Cada aspersor tiene en realidad un comportamiento diferente y sería necesario que los fabricantes proporcionaran el comportamiento real, medido con ensayos de campo de la uniformidad de reparto de agua del aspersor en los principales marcos de riego, al menos para condiciones de baja velocidad de viento. Una representación estadística de la uniformidad, utilizada principalmente en aspersión, es el coeficiente de uniformidad de Christiansen (CU).

Algunas orientaciones generales relativas a los marcos normalmente adoptados, que se pueden encontrar en la literatura son las siguientes:

- Marco en cuadrado
  - Espaciamiento entre aspersores dentro del ramal (l) igual al espaciamiento entre ramales (l').
  - Espaciamientos entre aspersores dentro del ramal y entre ramales igual al radio de alcance del aspersor.
  - Superficie que se considera regada por cada aspersor (S) igual al producto del espaciamiento entre aspersores dentro del ramal por el espaciamiento entre ramales.
  - Este marco proporciona una buena distribución de agua y se utiliza de manera general en aquellos casos en los que el viento existente en la zona es escaso.
- Marco en rectángulo
  - Espaciamientos entre aspersores dentro del ramal (l) y entre ramales (l') son diferentes.
  - Espaciamientos entre aspersores dentro del ramal igual al radio de alcance del aspersor; y entre ramales aproximadamente 4/3 (1,33) el radio de alcance del aspersor.
  - Superficie que se considera regada por cada aspersor (Sa) igual al producto del espaciamiento entre aspersores dentro del ramal por el espaciamiento entre ramales.
  - Este marco permite, para radios de alcance de aspersores iguales, una mayor superficie regada por cada aspersor a costa de un decremento de la uniformidad de distribución del

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

agua. Es recomendable en circunstancias en las que el viento sea una condición permanente.

- Marco en triángulo
  - Un caso del marco triangular es el tresbolillo, en el que los aspersores de los dos ramales contiguos al de referencia se sitúan en los vértices de triángulos equiláteros. En el marco en tresbolillo, el espaciamiento entre ramales será aproximadamente de $\frac{\sqrt{3}}{2}(0{,}87)$ del espaciamiento entre aspersores dentro del ramal.
  - En el marco tresbolillo, la superficie que se considera regada por cada aspersor (Sa) es igual al producto de $\frac{\sqrt{3}}{2}(0{,}87)$ por el cuadrado del espaciamiento entre aspersores dentro del ramal.
  - Este marco proporciona una distribución de agua mejor que la del marco en cuadrado; y es recomendable en zonas de fuertes vientos.

La geometría de la zona a regar (incluidos los posibles caminos, edificios, fuentes, etc.) influirá también en la disposición de los aspersores. Además, en ocasiones condicionará la necesidad de utilizar aspersores de tipo sectorial fijos o regulables, siendo necesario en este caso instalar boquillas que mantenga la pluviometría prevista.

A4.4.3.2. Precipitación media del sistema

La precipitación media del sistema (Pms), concepto utilizado en riego por aspersión, representa la precipitación que se obtendría si se distribuyera uniformemente el caudal emitido por el aspersor (q) en la superficie que, de acuerdo con el marco adoptado, teóricamente riega. Se calcula dividiendo (q) entre (Sa).

La precipitación media del sistema de aspersión no debería superar la velocidad de infiltración existente en el suelo al final de cada riego con el fin de evitar encharcamientos, escorrentía, erosión, etc. Este valor máximo de precipitación del sistema dependerá además de las características del suelo de otros factores como la duración del riego, de la pendiente (a mayor pendiente menor valor máximo de precipitación) y de la existencia o no de cubierta vegetal del terreno (la existencia de cubierta vegetal permitirá mayor valor máximo de precipitación).

A4.4.4 Intervalo y frecuencia de riego. Tiempo de riego

A4.4.4.1. Intervalo y frecuencia de riego

El intervalo entre riegos es el tiempo transcurrido entre un riego y el siguiente. La frecuencia de riego es el número de riegos efectuados en una unidad de tiempo determinada. A menor intervalo entre riegos mayor frecuencia de riego.

El intervalo máximo entre riegos es aquel que una vez superado, hace que la planta vea afectada su calidad ornamental al no poder absorber el agua necesaria para garantizarla. Dentro de este límite máximo, el intervalo entre riegos puede modificarse cambiando el agua útil que se deja agotar entre dos riegos, de manera que no se produzca una repercusión negativa sobre las plantas. El riego es de alta frecuencia cuando el intervalo entre riegos es corto (dosis de riego más elevadas). El riego por goteo y por aspersión fija se adaptan fácilmente al riego de alta frecuencia.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

El riego de alta frecuencia evita grandes fluctuaciones de humedad en el suelo, y permite que el agua en el suelo esté permanentemente en óptimas condiciones para ser extraídas por la planta, pero en un volumen reducido de suelo. En caso de vegetación arbórea o en aquellos casos en que el suministro de agua no esté asegurado, el riego de alta frecuencia podría crear problemas de anclaje del sistema radicular al suelo, o falta de resistencia en los períodos en los que el suministro de agua se vea dificultado por una sequía o por cortes en el suministro.

El intervalo máximo entre riegos en el período de máxima demanda, que es el de interés para diseño, se puede estimar para cada tipo de suelo y especie a regar multiplicando el intervalo de humedad disponible en el suelo por el nivel de agotamiento permisible y por la profundidad radicular, en mm, (ver apartado *A3.2.4.*) y dividiendo este producto por las necesidades netas, en mm/día, correspondientes al período de máxima demanda.

A4.4.4.2. Tiempo de riego

El tiempo de riego es aquel durante el cual se necesita aplicar el agua de riego para que puedan satisfacerse las necesidades de las plantas. El tiempo de riego será mayor cuanto mayor sean las necesidades brutas y menor cuanto mayor sea el caudal suministrado por los goteros o por los aspersores, según el sistema de riego utilizado.

El tiempo de riego correspondiente al período de máxima demanda es el utilizado para el diseño de la instalación y se calcula de la forma siguiente:

- Riego por goteo

El tiempo de riego, en horas, correspondiente al período de máxima demanda se obtiene dividiendo las necesidades brutas en el período de máxima demanda por el producto de multiplicar el número de goteros en un m^2 por el caudal, en l/h, suministrado por cada gotero.

La duración, en horas, de cada uno de los riegos que se realicen en el período de máxima demanda se calcula dividiendo el tiempo de riego, antes calculado, por el número de riegos en ese período que dependerá de la frecuencia de riegos.

- Riego por aspersión

El tiempo de riego, en horas, correspondiente al período de máxima demanda se obtiene dividiendo las necesidades brutas, en mm, en el período de máxima demanda por la precipitación media del sistema, en mm/h.

La duración, en horas, de cada uno de los riegos que se realicen en el período de máxima demanda se calcula dividiendo el tiempo de riego, antes calculado, por el número de riegos en ese período que dependerá de la frecuencia de riegos.

A4.5 Recomendaciones de diseño de los componentes de una instalación de riego

Los temas incluidos en este apartado son los siguientes: sectores de riego y esquema de una instalación de riego de alta frecuencia, dimensionado de las tuberías, válvulas para automatización del riego y cabezal de riego.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

A4.5.1 Sectores de riego

El parque o jardín estará dividido en hidrozonas o zonas con necesidades de riego similares (ver subapartado *A4.2.5*). En el diseño y remodelación de parques, jardines y zonas verdes la distribución de especies se hará siguiendo criterios de agrupación según requerimientos hídricos y la división de la instalación se hará por requerimientos hídricos de las plantas.

Una hidrozona se corresponderá con un área de riego cuando toda ella utilice el mismo sistema de riego, teniendo además la misma intensidad de aplicación o precipitación en toda la hidrozona (tiempo necesario para aplicar la dosis de riego igual en toda el área). En el caso de que en una hidrozona se utilicen diferentes sistemas de riego, a cada uno de ellos le corresponderá un área de riego. Asimismo, cuando en el mismo sistema de riego existan grupos de emisores que proporcionen intensidades de aplicación diferentes (tiempos necesarios para aplicar la dosis de riego diferentes), a cada uno de ellos le corresponderá un área de riego diferente.

En aquellas ocasiones en las que no sea posible o conveniente regar toda el área al mismo tiempo, se realizarán divisiones de terreno denominadas sectores de riego.

Si el caudal disponible no es suficiente para regar toda el área de riego al mismo tiempo, el número de sectores en los que se tendría que dividir el área, se aproximará dividiendo el caudal que necesitan todos los emisores del área entre el caudal disponible (este cociente se redondea al número entero superior más próximo). La división de los sectores debería ser tal que todos ellos consuman un caudal similar.

En caso contrario, si el caudal disponible no ofreciese limitación para regar toda el área al mismo tiempo, el interés de la división en sectores podría ser el evitar tener elementos de la instalación sobredimensionados (cabezal, tuberías, etc.), lo cual encarecería la instalación. Por otro lado, hay que tener en cuenta que, el número de sectores de cada área de riego debería ser el mínimo posible, ya que un número de sectores elevado supondría un mayor número de elementos de control (cada sector debería llevar un elemento de control) y, por tanto, horarios de riego más extensos. En este caso, el número de sectores máximo posible se aproximaría dividiendo el tiempo disponible cada día para riego por el tiempo necesario para cada riego (tiempo de riego).

A4.5.2 Esquema de una instalación de riego de alta frecuencia

En un sector de riego una distribución homogénea de caudales redundará en una distribución uniforme del agua. La homogeneidad de distribución de caudales dependerá de la calidad de sus emisores, del adecuado diseño de su disposición o marco de riego, del estado de los emisores y de la homogeneidad de la presión con la que el agua llega a los emisores. El caudal aplicado por los emisores depende directamente de la presión, excepto en el caso de los goteros autocompensantes. El diseño deberá hacerse para que haya un reparto uniforme de la dosis de riego.

El esquema típico de una instalación de riego de alta frecuencia a partir de las tuberías de menor diámetro (ver *Figura 87*) es el siguiente:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

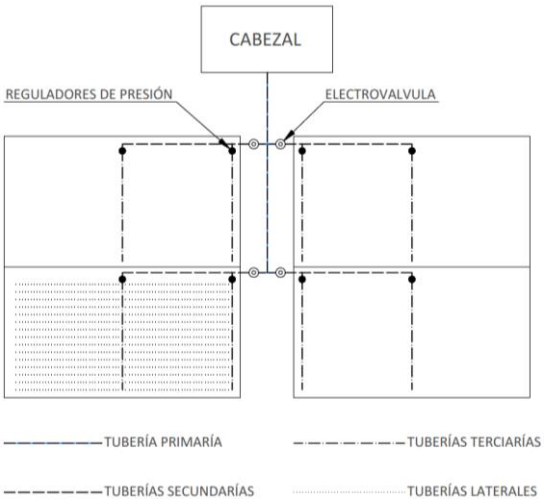


Figura 87. Esquema de una instalación de riego de alta frecuencia (J. Rodrigo, 1997)

- Tuberías laterales o ramales portaemisores: tuberías donde van montados, según el sistema de que se trate, los goteros o los aspersores (deben estar protegidos contra manipulaciones indebidas, con algunos de los dispositivos generalmente utilizados como: uso de tapas protectoras con tornillo de seguridad, protectores de los mecanismos de regulación de las boquillas que eviten su desajuste accidental o intencionado…).
- Tuberías terciarias: tuberías que dentro de una subunidad de riego alimentan a las tuberías laterales o ramales portaemisores.

  La subunidad de riego es la superficie, dentro de un sector, dominada por un regulador de presión donde se regula la presión de entrada a la subunidad (la instalación de manómetros en el origen de las subunidades de riego, después del regulador, es interesante para realizar el ajuste de los citados reguladores). Esta división del sector en subunidades de riego se realiza en base a que las diferencias de presión de trabajo (ocasionadas por pérdidas de carga y diferencias de cota) entre los emisores de la subunidad no exceda de un valor determinado por motivos de uniformidad de riego (el caudal aplicado por los emisores depende directamente de la presión, excepto en el caso de los goteros autocompensantes en los que el caudal apenas cambia al variar, dentro de un cierto intervalo, la presión). Una subunidad de riego, en los dos casos extremos, puede coincidir con un sector de riego (regulador de presión situado en la cabeza del sector), o puede coincidir con un lateral (regulador de presión situado en la cabeza del lateral).
- Tuberías secundarias: Tuberías que dentro de un sector de riego sirven a las distintas subunidades en las que se ha dividido el sector. En la cabeza de cada sector de riego, al principio de la tubería secundaria, se instala un elemento que permite controlar la cantidad de agua que se suministra al sector. En los sistemas automatizados, este elemento de control suele ser una electroválvula que se abre o cierra en respuesta a una orden procedente de un programador de riego (es recomendable la instalación de una llave de paso que permita, en caso de que se produzca algún tipo de avería, el control del sector de riego de manera manual).
- Tuberías primarias: Tuberías que conducen el agua desde el cabezal de riego a los sectores de riego.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Cabezal de riego: Conjunto de dispositivos que dominan toda la superficie de la instalación y pueden servir para filtrar el agua, medir el agua, controlar la presión (se supone que el agua llega al cabezal con la presión necesaria), programar el riego, etc. (ver apartado A4.5.5)

Además, es recomendable la localización de ventosas (dispositivos que permiten introducir o evacuar aire del interior de las tuberías evitando de esta forma su rotura por las depresiones o sobrepresiones que pudieran ocasionarse durante el funcionamiento del sistema) en los puntos más elevados de la instalación o en aquellas zonas con cambio de pendiente. También es necesario como protección la ubicación de los diferentes elementos de control, medición, etc. de la instalación en arquetas encastradas con cerraduras o tornillos de seguridad.

Es considerado de importancia la elaboración de un plano a escala de la instalación de riego, en el que además de la información recogida en el plano de partida (ver apartado *A4.2.1*) esté incluida la siguiente información:

- Las distintas áreas, sectores y subunidades de riego (incluyendo caudales y presiones de diseño al comienzo de las diferentes subunidades) con sus correspondientes emisores.
- La disposición de las tuberías (incluyendo diámetros y timbrajes).
- La disposición de los elementos de control y medición (reguladores de presión, electroválvulas, etc.)
- La disposición del cabezal de riego con sus componentes (incluyendo, si lo hubiera, la disposición del cable de unión entre las electroválvulas y el programador de riego).

A4.5.3 Dimensionado de las tuberías

Las tuberías que forman el sistema de riego suelen estar fabricadas en materiales plásticos, fundamentalmente polietileno (PE) y policloruro de vinilo (PVC). En jardinería, las tuberías de polietileno de baja densidad, más blandas y flexibles son las más utilizadas para diámetros de hasta 50 mm. Para diámetros mayores generalmente, se utilizan tuberías de PVC.

Para el cálculo hidráulico de las pérdidas de carga continuas por rozamiento por unidad de longitud (J), se podrá utilizar cualquier fórmula sancionada por la práctica. Es recomendable, en general, el empleo de la fórmula de Darcy-Weisbach.

En las tuberías laterales o ramales portaaspersores al calcular sus pérdidas de carga continuas por rozamiento se debe tener en cuenta el efecto de las conexiones emisor-lateral (ocasionan una pérdida de carga) y el efecto de la disminución progresiva del caudal (disminuye a lo largo del lateral o ramal a medida que los emisores van extrayendo agua). Esto mismo es así en las tuberías terciarias con relación a los laterales o ramales.

- La pérdida de carga ocasionada por las conexiones de los emisores al lateral, se pueden estimar sustituyendo estas conexiones por una longitud equivalente de tubería (fe). La pérdida de carga unitaria incluyendo el efecto de las conexiones (J´) se obtiene mayorando la que se produciría de no haber conexiones (J), según:

$$J' = J = \frac{S_e + f_e}{S_e}$$

Donde:

Se separación entre emisores (m)

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

fe longitud equivalente de la conexión (m) Valores de fe se pueden encontrar la *Figura 88* y en la *Tabla 70* en función del tipo de conexión (sobre línea, interlínea, microtubo).

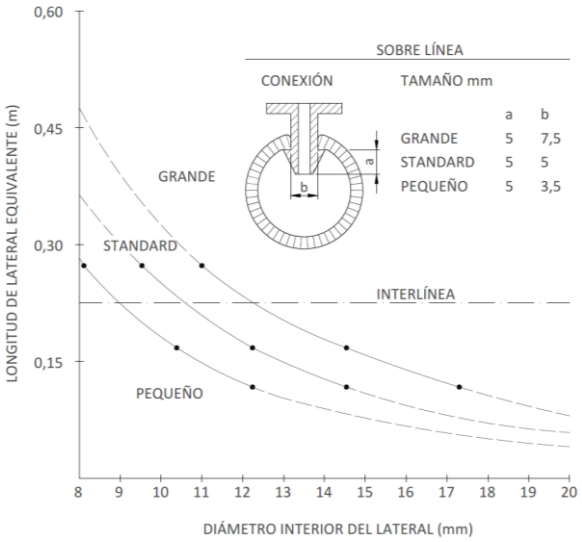


Figura 88. Valores de la longitud equivalente de la conexión, fe (Rodrigo, 1997)

Tabla 70. Valores de fe en microtubos (Rodrigo, 1997)

Longitud insertada (cm)	***Diámetro exterior del lateral***	
	16 mm	*20 mm*
1	0,17 m	0,06 m
10	0,20 m	0,06 m
20	0,25 m	0,010 m
30	0,31 m	0,13 m

- El efecto de la disminución progresiva del caudal en los laterales se puede tener en cuenta utilizando el factor F de Christiansen (menor que la unidad), aplicable para salidas puntuales con el mismo caudal e igual espaciamiento según:

  H = J´ F l

  Donde:

  H pérdida de carga total en el lateral (m).

  J´ pérdida de carga unitaria, incluyendo el efecto de las conexiones, correspondiente al caudal de entrada en la tubería (m/m).

  F factor de Christiansen para derivaciones discretas. Valores de F se pueden encontrar en la *Tabla 71*, en función del número de salidas en el lateral (n) y del régimen hidráulico (exponente ß de la fórmula de cálculo de pérdida de carga utilizada), para el caso en que la primera salida esté a una distancia, L_0, del origen de la tubería igual al espaciamiento entre emisores, y para el caso que esta distancia sea mitad del espaciamiento entre salidas.

  l longitud del lateral (m).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Adicionalmente a las pérdidas de carga continuas, deben calcularse también las pérdidas de carga localizadas (Δ Hl) en las piezas especiales y en las válvulas utilizando algún procedimiento, como puede ser mediante la expresión Δ Hl = Kl o el de la longitud equivalente del elemento singular (longitud de tubería que origina la misma pérdida de carga que el elemento singular), que esté sancionado por la práctica.

Tabla 71. Coeficientes de Christiansen (F) (Tarjuelo, 2005)

n	$L_0=S_e$					*n*	$L_0=1/2S_e$				
	1,75	*1,80*	*1,85*	*1,90*	*2,00*		*1,75*	*1,80*	*1,85*	*1,90*	*2,00*
1	1,000	1.000	1.000	1.000	1.000	1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	0,650	0.644	0.639	0.634	0.625	2	0.532	0.525	0.518	0.512	0.500
3	0,546	0.540	0.535	0.528	0.518	3	0.455	0.448	0.441	0.434	0.422
4	0,497	0.491	0.486	0.480	0.469	4	0.426	0.419	0.412	0.405	0.393
5	0,469	0.463	0.457	0.451	0.440	5	0.410	0.403	0.397	0.390	0.378
6	0,451	0.445	0.435	0.433	0.421	6	0.401	0.394	0.387	0.381	0.369
7	0,438	0.432	0.425	0.419	0.408	7	0.395	0.388	0.381	0.375	0.363
8	0,428	0.422	0.415	0.410	0.398	8	0.390	0.383	0.377	0.370	0.358
9	0.421	0.414	0.409	0.402	0.391	9	0.387	0.380	0.374	0.367	0.355
10	0.415	0.409	0.402	0.396	0.385	10	0.384	0.378	0.371	0.365	0.353
11	0.410	0.404	0.397	0.392	0.380	11	0.382	0.375	0.369	0.363	0.351
12	0.406	0.400	0.394	0.388	0.376	12	0.380	0.374	0.367	0.361	0.349
13	0.403	0.396	0.391	0.384	0.373	13	0.379	0.372	0.366	0.360	0.348
14	0.400	0.394	0.387	0.381	0.370	14	0.378	0.371	0.365	0.358	0.347
15	0.397	0.391	0.384	0.379	0.367	15	0.377	0.370	0.364	0.357	0.346
16	0.395	0.389	0.382	0.377	0.365	16	0.376	0.369	0.363	0.357	0.345
17	0.393	0.387	0.380	0.375	0.363	17	0.375	0.368	0.362	0.356	0.344
18	0.392	0.385	0.379	0.373	0.361	18	0.374	0.368	0.361	0.355	0.343
19	0.390	0.384	0.377	0.372	0.360	19	0.374	0.367	0.361	0.355	0.343
20	0.389	0.382	0.376	0.370	0.359	20	0.373	0.367	0.360	0.354	0.342
22	0.387	0.380	0.374	0.368	0.357	22	0.372	0.366	0.359	0.353	0.341
24	0.385	0.378	0.372	0.366	0.355	24	0.372	0.365	0.359	0.352	0.341
26	0.383	0.376	0.370	0.364	0.353	26	0.371	0.364	0.358	0.351	0.340
28	0.382	0.375	0.369	0.363	0.351	28	0.370	0.364	0.357	0.351	0.340
30	0.380	0.374	0.368	0.362	0.350	30	0.370	0.363	0.357	0.350	0.339
35	0.378	0.371	0.365	0.359	0.347	35	0.369	0.362	0.356	0.350	0.338
40	0.376	0.370	0.364	0.357	0.345	40	0.368	0.362	0.355	0.349	0.338
50	0.374	0.367	0.361	0.355	0.343	50	0.367	0.361	0.354	0.348	0.337
60	0.372	0.366	0.359	0.353	0.342	100	0.365	0.359	0.353	0.347	0.335
80	0.370	0.363	0.357	0.351	0.340	150	0.365	0.358	0.352	0.346	0.334
100	0.369	0.362	0.356	0.350	0.338						
150	0.367	0.360	0.354	0.348	0.337						
300	0.365	0.359	0.353	0.346	0.335						
¥	0.364	0.357	0.351	0.345	0.333						

A4.5.3.1. Dimensionado de las tuberías en las subunidades de riego

Para controlar que la diferencia en el caudal aplicado por cada uno de los emisores no afecte en exceso a la homogeneidad en la aplicación del agua, se ha de imponer en las superficies dominadas por un regulador de presión un límite en la diferencia de presión entre los emisores que trabajan en las condiciones más favorables respecto a los que lo hacen en las más desfavorables. Esto condicionará la

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

división de los sectores en subunidades de riego, así como el dimensionado de las tuberías dentro de esas subunidades.

El límite en la diferencia de presión (ocasionado por pérdida de carga y diferencia de cota) entre los emisores en una subunidad de riego, normalmente utilizado, es el siguiente:

- Riego por goteo.

  En caso de utilizar goteros autocompensantes el límite en la diferencia de presión entre los emisores en una subunidad no será de aplicación, dentro del citado intervalo.

  En caso de utilizar goteros no autocompensantes se podría adoptar, de acuerdo con las circunstancias específicas del sistema de riego, la norma o expresión siguientes:

  - Norma general, propuesta por Junta de Andalucía (2004), que establece como valor límite en la diferencia de presión el 10 % de la presión nominal del gotero.
  - Expresión propuesta por Rodrigo (1997) y Pizarro (1987), que establece para diseño y para el cálculo del caudal del gotero sometido a la presión menor dentro de la subunidad (la relación caudal-presión es del tipo q = K hx, donde x = 1 en régimen laminar, y x = 0,5 en régimen turbulento) la siguiente:

$$CU = \left(1 - \frac{1{,}27 \cdot CV}{\sqrt{e}}\right) \cdot \frac{q_n}{q_a}$$

  donde:

  CU coeficiente de uniformidad de la subunidad de riego (valor para diseño que se tiene que establecer. Valores de CU se encuentran la Tabla 72 en función del espaciamiento de los emisores, del tipo de cultivo y de la topografía. Estos se pueden calificar, según Junta de Andalucía (2004) de: excelente cuando CU>94%, bueno cuando 86%<CU<94% y aceptable cuando 80%<CU<86%).

Tabla 72. Valores de CU recomendados (Rodrigo, 1997)

Tipo de emisor	***Topografía del suelo***	***CU (%)***
Emisores espaciados más de 4 m en cultivos permanentes	Uniforme (≤2 % pendiente)	90 a 95
	Terreno en pendiente (>2 %) u ondulado	85 a 90
Emisores espaciados < 4 m en cultivos permanentes o semipermanentes	Uniforme (≤2 % pendiente)	85 a 90
	Terreno en pendiente (> 2%) u ondulado	80 a 90
Tuberías emisoras en cultivos anuales hortícolas o de escarda	Uniforme (≤2 % pendiente)	80 a 90
	Terreno en pendiente (>2%) u ondulado	70 a 85

  CV coeficiente de variación de fabricación del gotero (los goteros se clasifican en: categoría de CV: coeficiente de variación de fabricación del gotero (los goteros se clasifican en: categoría de uniformidad A cuando CV ≤ 5%, y categoría de uniformidad B cuando 5% < CV ≤ 10%)

  e número de emisores de los que recibe agua cada planta

  q_n caudal del gotero sometido a la presión menor dentro de la subunidad

  q_a caudal medio de los goteros en toda la subunidad

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Riego por aspersión

  El valor utilizado como límite en la diferencia de presión es el 20% de la presión nominal del aspersor (corresponde al 10% del caudal nominal).

Será necesario la determinación de la presión mínima requerida a la entrada de las subunidades, aguas arriba del regulador de presión (punto de conexión con la tubería secundaria). Para su cálculo, se considerarán las diferencias de cota del terreno en las subunidades, las pérdidas de carga continuas por rozamiento en las tuberías terciarias y en los laterales o ramales (normalmente se toma alrededor de un 75 % de estas pérdidas de carga, cuando la tubería terciaria es de un solo diámetro) y las pérdidas de carga en las piezas especiales, teniendo en cuenta la presión de trabajo del emisor. De esta forma, una parte de los emisores de la subunidad trabajarán a una presión algo superior a la de trabajo, mientras que los otros emisores lo harán a una presión algo inferior.

A4.5.3.2. Dimensionado de las tuberías que conectan las subunidades de riego con el cabezal.

El dimensionado de las tuberías secundarias, en cada sector de riego, se realizará en función de los caudales que deben pasar por sus tramos para alimentar a las subunidades en que esté dividido el sector. A partir de dichos caudales, se determinarán los diámetros y las pérdidas de carga continuas por rozamiento correspondientes a cada tramo. Además, será necesario la determinación de la presión mínima requerida a la entrada de cada sector, aguas arriba del dispositivo de control del sector (punto de conexión con la tubería primaria), teniendo en cuenta la presión mínima requerida a la entrada de sus subunidades (aguas arriba del regulador de presión), la pérdida de carga continua por rozamiento en la tubería secundaria, las pérdidas de carga en las piezas especiales (electroválvula, llave de paso, etc.) y las diferencias de cota del terreno sobre el que se va a asentar la tubería secundaria.

El dimensionado de las tuberías primarias se realizará en función de los caudales que deben pasar por sus tramos para alimentar los diferentes sectores de riego que han de funcionar simultáneamente (si es el caso, seleccionados de forma que a lo largo de la tubería primaria se consigan los mínimos caudales de paso por tramos), y que constituirán una unidad operacional de riego. A partir de dichos caudales, y considerando las diferentes unidades operacionales de riego, se determinarán los diámetros y las pérdidas de cargas continuas por rozamiento correspondientes a cada tramo. Además, será necesario la determinación de la presión mínima requerida a la entrada de la tubería primaria (punto de conexión con el cabezal de riego), teniendo en cuenta, para las distintas unidades operacionales de riego, la presión mínima requerida a la entrada de los sectores (aguas arriba del dispositivo de control), la pérdida de carga continua por rozamiento en la tubería primaria, las pérdidas de carga en las piezas especiales y las diferencias de cota del terreno sobre el que se va a asentar la tubería primaria.

En el caso de que la presión disponible en el punto de entrada al jardín esté fijada, la presión mínima disponible a la salida del cabezal (descontando de la presión disponible la máxima pérdida de carga que se va a permitir en el cabezal) influenciará el dimensionado de las tuberías primarias y secundarias. Se deberá tener en cuenta, por un lado, que la presión disponible en cada conexión a las tuberías terciarias (subunidades de riego) debe ser al menos igual a la presión mínima requerida; y por el otro lado, que la velocidad del agua para el diámetro seleccionado no supere 1,5 m/s (límite máximo de velocidad del agua en las tuberías habitualmente utilizado en el riego de jardines).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

A4.5.4 Válvulas para automatización del riego

Para la automatización del riego se utilizan generalmente electroválvulas o válvulas solenoide (constan de un diafragma y un solenoide) que se localizan a la entrada de cada sector de riego, colocadas en arquetas encastradas como protección. Es recomendable la instalación, aguas arriba de la electroválvula, de una llave de paso que permita el control manual del sector en caso de algún tipo de avería.

En la automatización del riego por tiempo (se basa en la hora de comienzo y finalización del riego) el solenoide de la electroválvula acciona la apertura o cierre del diafragma, que controla la circulación del agua, en función de una serie de impulsos (consumen energía durante todo el tiempo de funcionamiento) enviados desde el programador de riego. En caso de riegos de corta duración se utilizan electroválvulas del tipo normalmente cerradas (la apertura del diafragma es provocada por el impulso eléctrico), además este tipo de electroválvulas evitan que una interrupción del suministro eléctrico las abra. En lugares en que la disponibilidad de energía eléctrica sea un limitante para la automatización se pueden utilizar electroválvulas Latch, que solo consumen energía durante los actos de apertura y cierre, y que además pueden funcionar con baterías o pilas.

En la automatización, con un nivel avanzado, del riego por volumen (se basa en la hora de comienzo del riego y en el volumen de agua que ha de circular por la válvula) se utilizan electroválvulas volumétricas. Estas, que son parecidas a las utilizadas en la automatización por tiempo, disponen de un contador volumétrico que transmite impulsos a un programador (previamente se habrá indicado el valor en volumen de cada impulso). De esta manera, se tiene la medida de volumen circulante por la electroválvula que se cerrará, tras una señal del programador, en el momento que haya pasado el volumen de agua programado.

A4.5.5 Cabezal de riego

El cabezal de riego lo componen un conjunto de dispositivos que dominan toda la superficie de la instalación de riego, y pueden servir para tratar el agua, filtrarla, controlar la presión, medir el volumen aplicado, programar el riego, y en caso de utilizar fertirrigación incorporar fertilizantes. Se sitúa normalmente al comienzo de la tubería primaria.

Los cabezales de riego deberán estar marcados adecuadamente con objeto de advertir al público que el agua no es potable, debiendo ser de un tipo que solo permita su utilización por el personal autorizado (deben estar protegidos contra manipulaciones indebidas).

Los diferentes elementos que pueden componer un cabezal de riego; según se presentan a continuación siguiendo una secuencia lógica de instalación. No todos estos elementos formarán parte del cabezal de riego, sino sólo los que en cada caso se consideren necesarios. El equipo de filtrado y los programadores de riego se presentan con más detalle en los apartados *A4.5.5.1* y *A4.5.5.2*.

- Válvula de corte. Para poder cerrar, en caso necesario, el suministro de agua al sistema de riego.
- Equipo de tratamiento de agua. Permite incorporar al agua de riego, mediante técnicas como inyección, productos químicos. Puede complementar el filtrado en situaciones en que pueda preverse la posible aparición de problemas (casos como aparición de precipitados calcáreos que pudieran obturar algunos emisores) que no puedan ser adecuadamente resueltos solo con el filtrado.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Filtros de tipo hidrociclón y/o los filtros de arena. Utilizados para eliminar partículas minerales en suspensión o para eliminar materia orgánica suspendida en el agua.
- Equipo de fertirrigación. Depósito de fertilización y mecanismo de aplicación de fertilizantes. El depósito de fertilización sirve para depositar la solución de fertilizantes. Como mecanismo de aplicación del fertilizante si se pretende una dosificación más o menos uniforme (en instalaciones donde las variaciones en caudal y presión no sean importantes) se podrían utilizar inyectores no proporcionales al caudal, entre los que cabe señalar el inyector eléctrico. La concentración de fertilizante en el agua de riego puede ser seleccionada con un dosificador acoplado al inyector.
- Filtro de malla o de anillas. Utilizados para interceptar todo tipo de partículas sólidas en suspensión y en caso de fertirrigación, impurezas del abono. Deberá instalarse siempre.
- Manómetros. Aguas arriba y aguas abajo de los distintos filtros para conocer la pérdida de carga que ocurre en ellos (los filtros de arena, así como los de malla o anillas necesitan una limpieza periódica, que puede realizarse automáticamente, cuando las obturaciones ocasionen una determinada pérdida de carga).
- Válvula de corte y contador de agua (debe ir siempre después de los filtros) que además de indicar el caudal instantáneo sea totalizador.

Además de los elementos anteriores, la instalación debería disponer de un programador de riego que permita la automatización del comienzo y final del riego. Además, según el caso, puede permitir el poder realizar de forma automática otros procesos como la limpieza de filtros, el control de caudales, en caso de utilizar fertirrigación, la aplicación de fertilizantes, etc.

Las pérdidas de carga localizadas de los elementos del cabezal deberán valorarse por algún procedimiento sancionado por la práctica (los fabricantes normalmente proporcionan este tipo de información).

La presión aguas arriba del cabezal se obtendrá sumando a la presión mínima requerida a la entrada de la tubería primaria las pérdidas de carga en el cabezal de riego (se utiliza el valor de la máxima pérdida de carga admisible en cada filtro, antes de provocar su limpieza).

A4.5.5.1. Equipo de filtrado

El equipo de filtrado tiene como misión limpiar el agua de todos los sólidos y partículas en suspensión capaces de producir obturaciones en los emisores, principalmente en los de riego por goteo. Su dimensionamiento debe realizarse para que pueda filtrar el caudal requerido por el sistema de riego y para que no ocasione unas pérdidas de carga superiores a las recomendadas por el fabricante. En los casos en que se necesite instalar más de un filtro, estos se situarán en paralelo (capacidad de filtrado del conjunto de filtros será la suma de la capacidad de filtrado de cada filtro).

Los tipos de filtro que, según las circunstancias, normalmente son utilizados son los hidrociclones, los filtros de arena y los filtros de malla o de anillas. La instalación de uno u otro tipo de filtros dependerá del tipo de partículas que se quiera eliminar, que será función, de alguna manera, del origen del agua. En el caso de tener el cabezal un equipo de fertirrigación, siempre se instalará un filtro de malla o de anillas a continuación, con objeto de retener los precipitados o impurezas del fertilizante.

Los hidrociclones se utilizan para eliminar, por centrifugación, partículas minerales en suspensión como arena, limo y arcilla. Se instalarían antes de cualquier elemento de filtrado, y a continuación se

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

dispondría un filtro de malla o de anillas. El volumen del filtro debería ser tal que no ocasionara una pérdida de carga superior a unos 2 m.

Los filtros de arena se utilizan fundamentalmente para eliminar materia orgánica suspendida en el agua. A continuación, se dispondría un filtro de malla o de anillas. El tipo de arena más comúnmente utilizada es la silícea, uniforme y con un diámetro efectivo tal que el diámetro de paso del emisor sea superior a la séptima parte del diámetro efectivo de la arena. El tamaño del filtro debería permitir filtrar unos 60 m^3/h de agua por m^2 de lecho filtrante y la profundidad del bloque de arena no debería ser inferior a 50 cm. La diferencia de presión entre la entrada y la salida del filtro, cuando está limpio, debería estar comprendida entre unos 1 y 3,5 m. La limpieza del filtro debería realizarse (invirtiendo el flujo de agua que saldrá por arriba hasta un circuito auxiliar, arrastrando toda la suciedad) cuando este valor alcanzara entre unos 5 y 6 m.

Los filtros de malla y de anillas se utilizan para interceptar todo tipo de partículas sólidas en suspensión. Son de material no corrosivo (acero o plástico) con orificios de pequeño tamaño. Su capacidad de retención se mide, en general, por el número de mesh (número de orificios por pulgada lineal). El tamaño de los orificios de la malla es otro parámetro, quizá más representativo, utilizado para medir dicha capacidad de retención, que se puede relacionar con el número de mesh.

Los filtros de anillas tienen unas anillas ranuradas, agrupadas y ajustadas unas contra otras, en un cartucho insertado en la carcasa del filtro. Su capacidad de filtrado depende del número de ranuras en las anillas y de su tamaño de paso. Según sea éste, se le asigna un número de mesh por comparación con un filtro de malla que retenga partículas del mismo tamaño.

Se recomienda no utilizar mallas de más de 200 mesh, y que el orificio del elemento filtrante no permita el paso de partículas superiores a 1/8 del diámetro mínimo de paso del emisor. En los filtros de anillas se siguen los mismos criterios que en los de mallas. El volumen de los filtros, tanto en el caso de mallas como en el de anillas, debería ser tal que la pérdida de carga, cuando están limpios, no fuera superior a unos 1 ó 2 m. Además, se recomienda que la velocidad del agua no exceda de 0,6 m/s.

A4.5.5.2. Programadores de riego

Los programadores son los elementos encargados de dirigir el sistema de automatización de la instalación de riego. Pueden controlar más de un sector del sistema de riego, al poder tener varias salidas (estaciones) con las que alimentar a las electroválvulas. Los programadores ofrecen actualmente las posibilidades de llevar a cabo la automatización del riego por tiempo, por volumen, así como utilizando las denominadas máquinas de riego realizar una programación integral del riego.

Los programadores requieren un emplazamiento cubierto, sin humedad y protegido contra manipulaciones indebidas. Deben instalarse en las proximidades de una toma de corriente y necesitan de un transformador eléctrico (interno del programador o exterior) que reduzca la tensión a valores adecuados (12 o 24 voltios). También existen programadores a pilas que suelen colocarse en las arquetas donde se encuentran las electroválvulas que controlan.

En la automatización del riego por tiempo se distinguen principalmente los siguientes tipos de programadores digitales:

- Programadores digitales por tiempo: constan de un reloj digital con varias salidas, permitiendo establecer el control de las electroválvulas de riego. También, permite el control de la limpieza de los filtros. Además, en el caso de que el sistema incorpore equipo de fertilización, también permite su control.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929. Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

- Programadores digitales por tiempo con registro de caudal: incorporan, además de los dispositivos de los programadores digitales por tiempo, un contador que permite la medición del volumen de agua aportado, así como los valores totales acumulados Cuentan también con entrada de alarma que, al recibir información de anomalías, a través de sensores detienen el funcionamiento del sistema.

En la automatización del riego por volumen (basado en la hora de comienzo del riego y en el volumen de agua que ha de circular por la válvula) los programadores presentan características muy parecidas a los utilizados en automatización por tiempo, y generalmente se encuentran preparados para poder funcionar en ambos tipos de sistemas. Además, pueden incorporar programas que permiten realizar la limpieza de los filtros cuando sea necesario; permitiendo también, en el caso de que el sistema incorpore equipo de fertilización automatizado, el control volumétrico de las dosis de fertilizantes. Cuentan también con entrada de alarma que, al recibir información de anomalías, a través de sensores detienen el funcionamiento del sistema.

El sistema de automatización de nivel más avanzado es el considerado como programación integral del riego que permite realizar la programación del riego según la demanda del cultivo estimada en función de parámetros de una estación meteorológica asociada o en función del potencial hídrico del suelo mediante la colocación de sensores de humedad en lugares clave de la zona a regar y del perfil del suelo. Además, permite el poder realizar de forma automática otros procesos como la limpieza de filtros, la fertirrigación en su caso, y la utilización de sensores como los de lluvia, de viento, y de detección de posibles anomalías, mediante unos sistemas de alarma, que pudieran ocasionarse durante el funcionamiento del sistema.

Por otro lado, existen programadores que permiten la introducción o modificación de datos utilizando consolas de programación (pequeños teclados del tamaño de un mando a distancia), con lo que se evita la manipulación de estos. La transmisión de los datos desde la consola de programación al programador puede realizarse a través de cable, por rayos infrarrojos o por ondas de radio.

La unión entre el programador y las electroválvulas se realiza, en general, a través de cables eléctricos. En los casos en los que la energía eléctrica represente una limitación se pueden utilizar los denominados sistemas sin hilos. En estos, tanto el programador como las electroválvulas pueden funcionar a pilas. La comunicación entre ellos se realiza a través de ondas de radio o por vía telefónica.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Anexo 5. Planos

Obra civil:

Planos de alojamientos (registros y cámaras):

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.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.

Instalaciones eléctricas

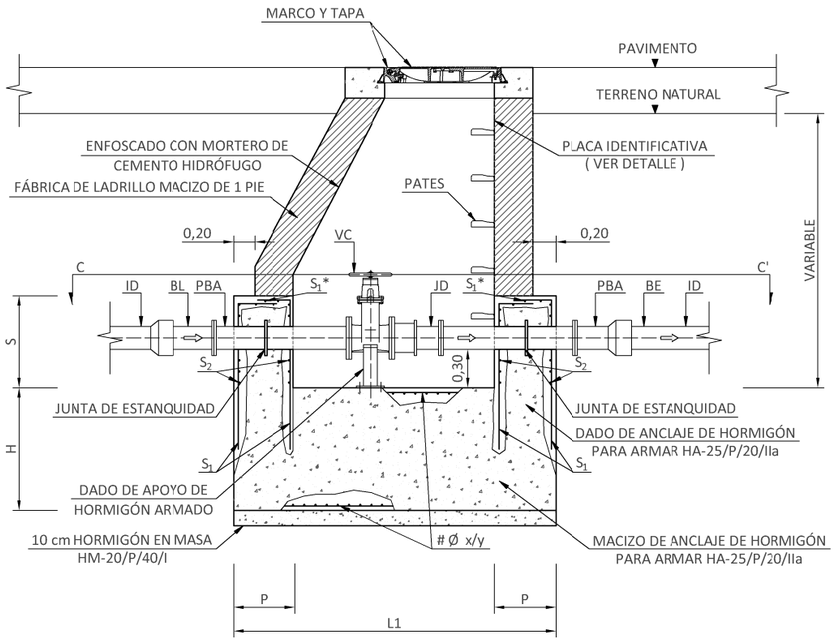
P 20. Esquemas eléctricos tipo. Leyenda. Simbología acorde a UNE EN 60617. Codificación nomenclatura.

P 21. Esquemas eléctricos tipo. Circuito unifilar motores AT. Distribución de celdas AT.

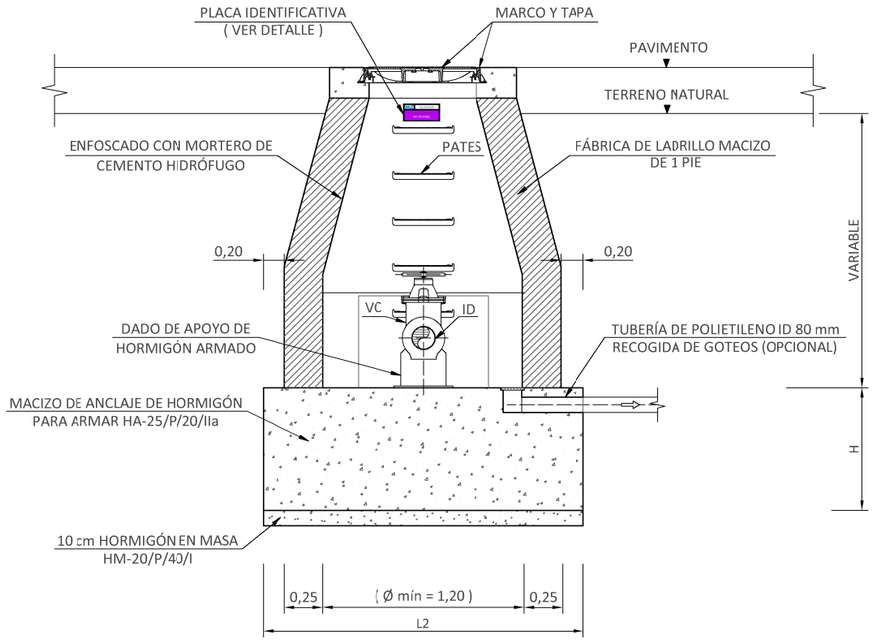
P 22.1. Esquemas eléctricos tipo. CGDBT/CCM. Unifilar P < 400 kW. Hoja 1 de 2.

P 22.2. Esquemas eléctricos tipo. CGDBT/CCM. Unifilar P < 400 kW. Hoja 2 de 2.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929, inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid.



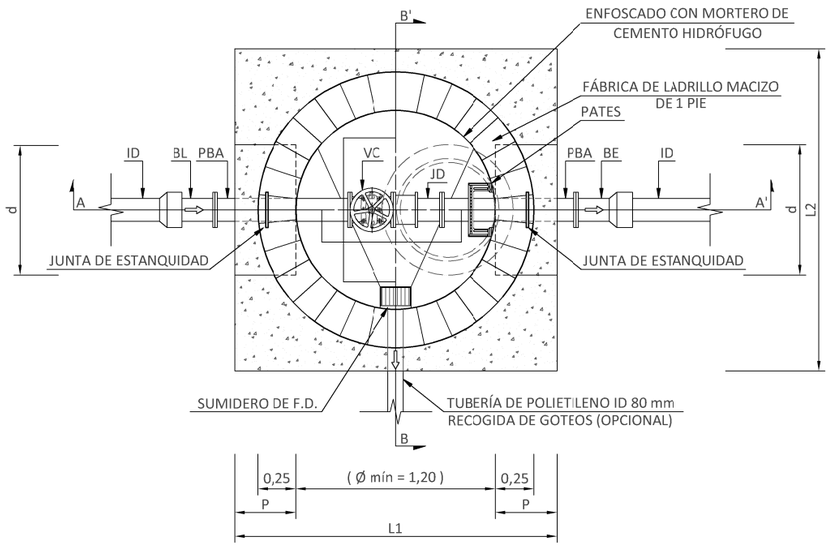
SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'

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. 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.
5. SI EL TERRENO ES AGRESIVO, EL HORMIGÓN SERÁ RESISTENTE A LOS SULFATOS.
6. LOS PASAMUROS SE INSTALARÁN Y FIJARÁN AL MURO PREVIO HORMIGONADO DE ÉSTE, DISPONIENDO DE BRIDAS DE ANCLAJE.
7. SE INSTALARÁN LAS ESCALERAS Y PASARELAS SEGURAS NECESARIAS PARA ACCEDER A LOS DISTINTOS COMPONENTES.
8. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 2 m, SE INSTALARÁN UN ASIDERO O PATE EN EL EXTERIOR QUE FACILITE EL ACCESO. SU UBICACIÓN NO SUPONDRÁ RIESGO DE TROPIEZO PARA TERCEROS.
9. EN LOS REGISTROS Y CÁMARAS CUYO ACCESO EXTERIOR SE ENCUENTRE SOBRE EL NIVEL DEL TERRENO, CON RIESGO DE CAÍDA SUPERIOR A 2 m, SE DEBERÁ HABILITAR ACCESO SEGURO Y PROTEGER ADECUADAMENTE MEDIANTE BARANDILLAS U OTROS SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE SEGURIDAD EQUIVALENTE.
10. EN CASO QUE EL POZO QUEDE A UNA COTA INFERIOR AL NIVEL FREÁTICO SE ENFOSCARÁ TAMBIÉN LA CARA EXTERIOR. SE DEFINIRÁ LA UNIDAD DE OBRA CORRECTAMENTE.



PLANTA
C - C'

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)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)			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*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
80	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10
100	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10
150	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10
200	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10
250	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	12,06	6	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA PAÑO DEL DADO DE ANCLAJE.

LEYENDA

BL = TERMINAL BRIDA-LISO
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
(*) VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
PBA = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE
BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

1 = TERMINAL BRIDA-LISO
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
(*) 1 = VÁLVULA DE COMPUERTA
2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE
1 = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

(*) PARA DIÁMETRO MENOR DE 300 mm, SE INSTALARÁ UNA VÁLVULA DE COMPUERTA.
PARA DIÁMETRO IGUAL A 300 mm, PUEDE INSTALARSE UNA VÁLVULA DE COMPUERTA O UNA VÁLVULA DE MARIPOSA.

DETALLE DE PLACA IDENTIFICATIVA

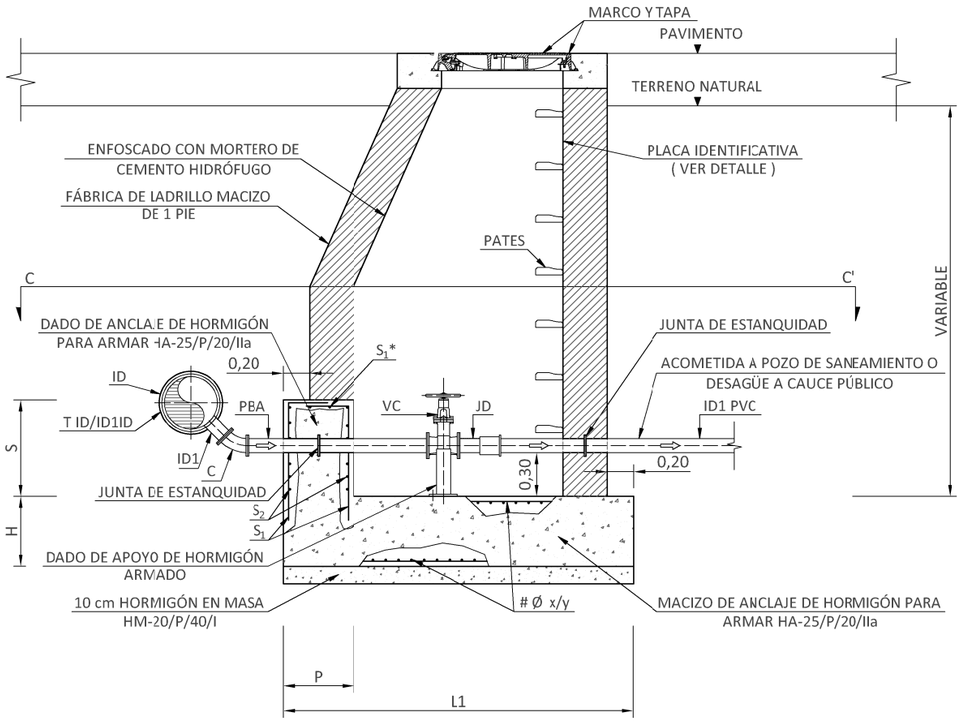


Canal de Isabel II

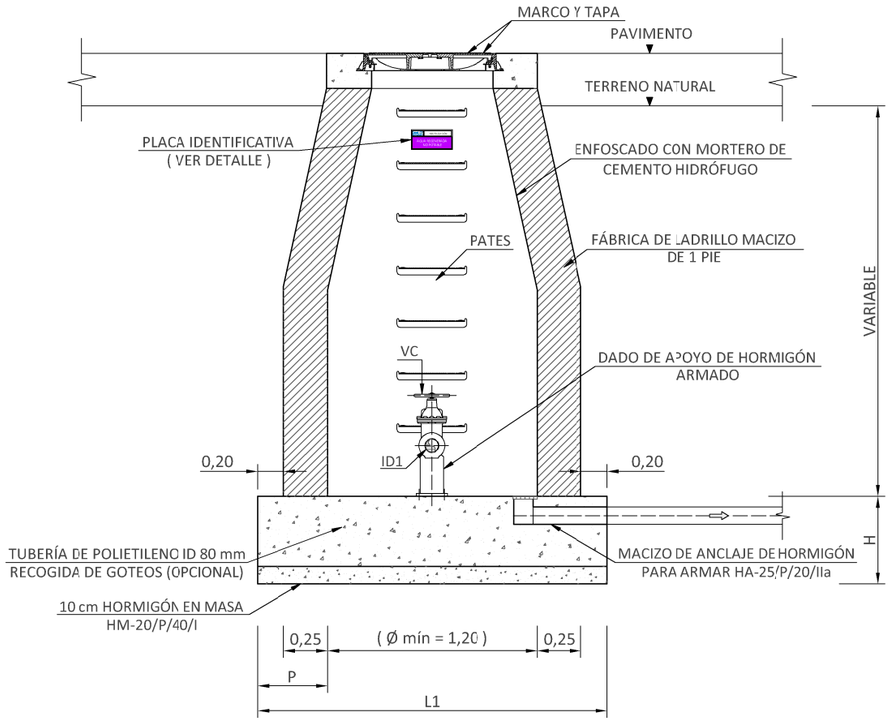
NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO:
REGISTRO PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO

FECHA:	ESCALAS:	COTAS:	Nº DEL PLANO
JUNIO 2020	S/E	m	1



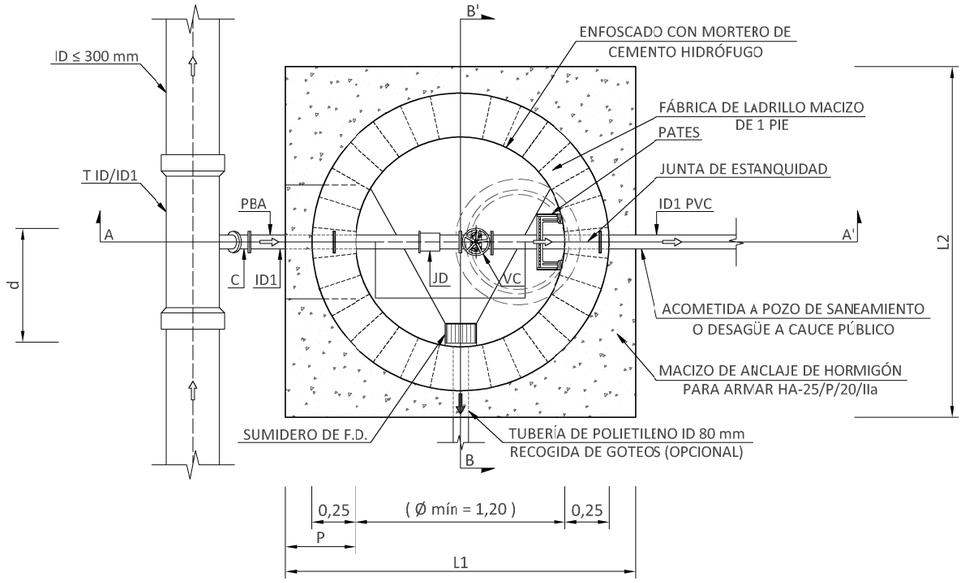
SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'

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. 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.
5. SI EL TERRENO ES AGRESIVO, EL HORMIGÓN SERÁ RESISTENTE A LOS SULFATOS.
6. LOS PASAMUROS SE INSTALARÁN Y FIJARÁN AL MURO PREVIO HORMIGONADO DE ÉSTE, DISPONIENDO DE BRIDAS DE ANCLAJE.
7. SE INSTALARÁN LAS ESCALERAS Y PASARELAS SEGURAS NECESARIAS PARA ACCEDER A LOS DISTINTOS COMPONENTES.
8. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 2 m, SE INSTALARÁN UN ASIDERO O PATE EN EL EXTERIOR QUE FACILITE EL ACCESO. SU UBICACIÓN NO SUPONDRÁ RIESGO DE TROPIEZO PARA TERCEROS.
9. EN LOS REGISTROS Y CÁMARAS CUYO ACCESO EXTERIOR SE ENCUENTRE SOBRE EL NIVEL DEL TERRENO, CON RIESGO DE CAÍDA SUPERIOR A 2 m, SE DEBERÁ HABILITAR ACCESO SEGURO Y PROTEGER ADECUADAMENTE MEDIANTE BARANDILLAS U OTROS SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE SEGURIDAD EQUIVALENTE.
10. EN CASO QUE EL POZO QUEDE A UNA COTA INFERIOR AL NIVEL FREÁTICO SE ENFOSCARÁ TAMBIEN LA CARA EXTERIOR. SE DEFINIRÁ LA UNIDAD DE OBRA CORRECTAMENTE.



PLANTA
C - C'

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

TUBERÍA ID1 (mm)	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)		
	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)			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*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
80	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10
100	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/11	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/11	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/11

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA PLANO DEL DADO DE ANCLAJE.

DETALLE DE PLACA IDENTIFICATIVA



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

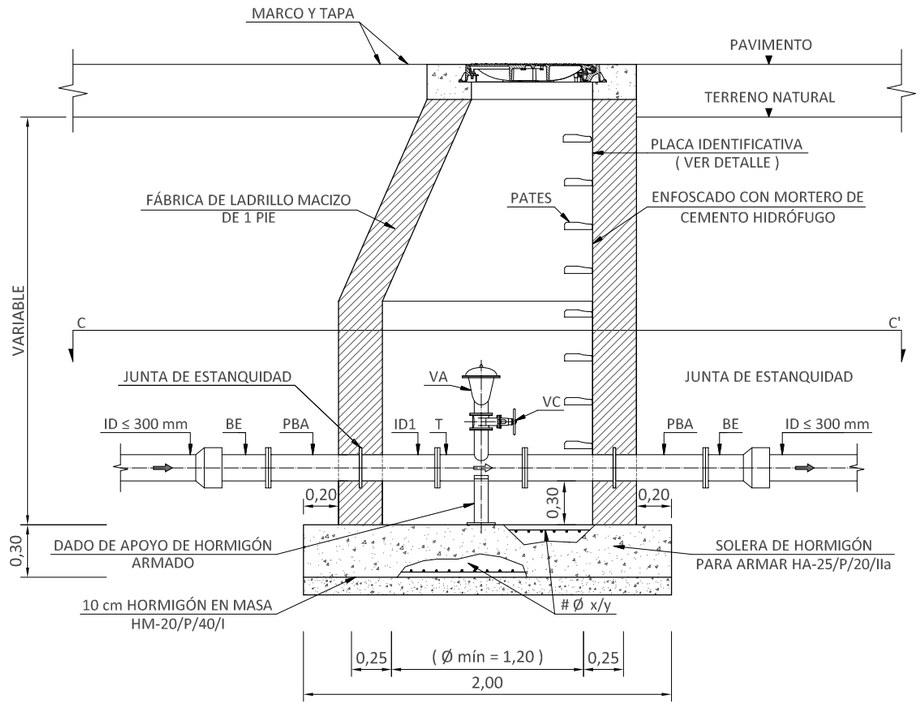
1 = TE DE DOS ENCHUFES Y DERIVACIÓN EMBRIDADA ID ≤ 300 mm / ID1
1 = CODO DE 1/8 EMBRIDADO ID1
1 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID1
1 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID1
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID1

Canal de Isabel II

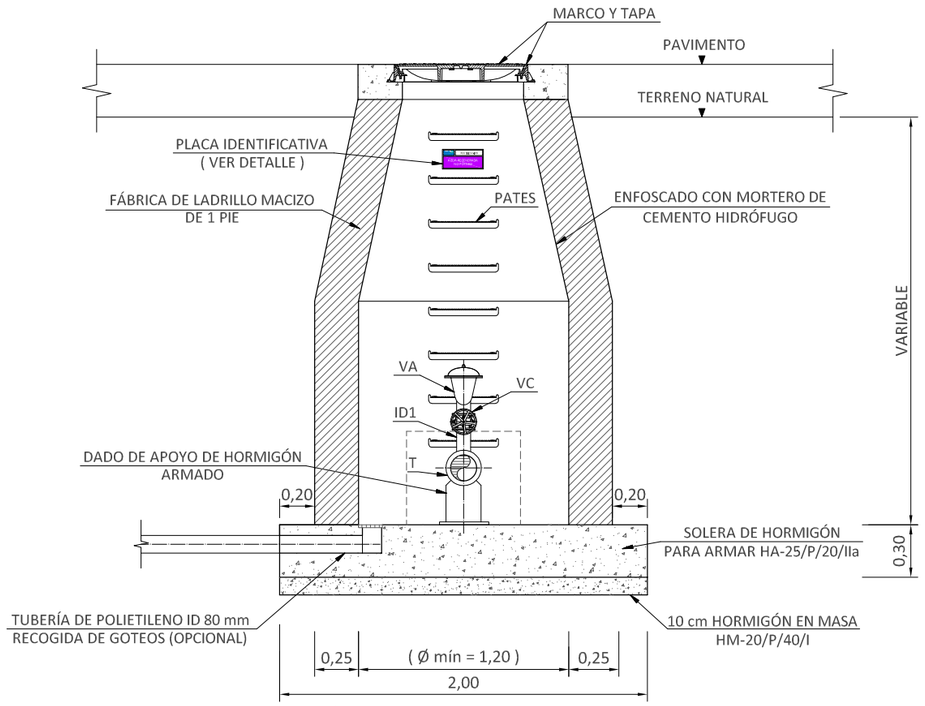
NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO:
REGISTRO PARA DESAGÜE CON ACOMETIDA

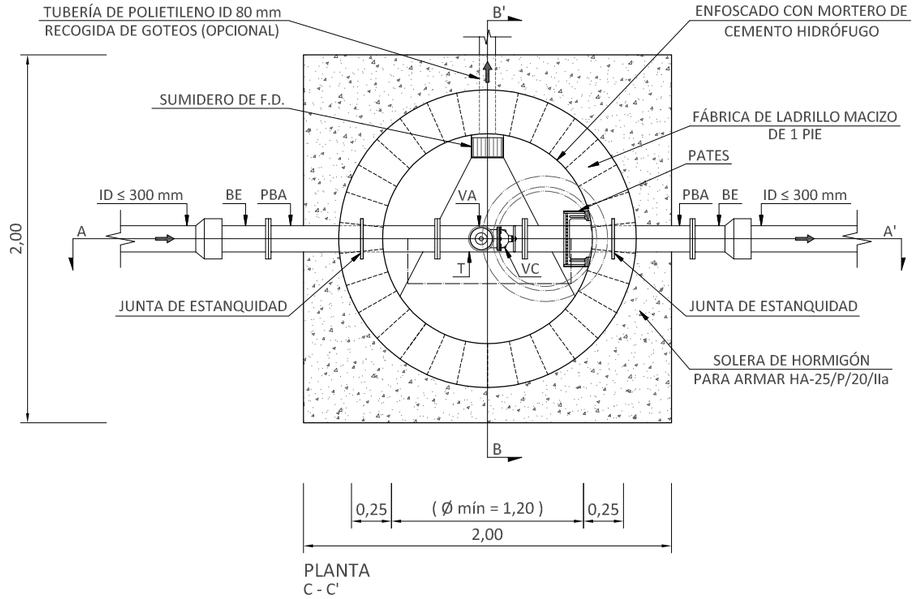
FECHA:	ESCALAS:	COTAS:	Nº DEL PLANO
JUNIO 2020	S/E	m	2



SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'



PLANTA
C - C'

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.
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. EL DIÁMETRO DE VÁLVULAS DE AERACIÓN ES ORIENTATIVO. DEBERÁ VERIFICARSE LA CAPACIDAD SUFICIENTE DE ADUCCIÓN Y EVACUACIÓN DEL AIRE.
7. SE INSTALARÁN LAS ESCALERAS Y PASARELAS SEGURAS NECESARIAS PARA ACCEDER A LOS DISTINTOS COMPONENTES.
8. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 2 m, SE INSTALARÁ UN ASIDERO O PATE EN EL EXTERIOR QUE FACILITE EL ACCESO. SU UBICACIÓN NO SUPONDRÁ RIESGO DE TROPIEZO PARA TERCEROS.
9. EN LOS REGISTROS Y CÁMARAS CUYO ACCESO EXTERIOR SE ENCUENTRE SOBRE EL NIVEL DEL TERRENO, CON RIESGO DE CAÍDA SUPERIOR A 2 m, SE DEBERÁ HABILITAR ACCESO SEGURO Y PROTEGER ADECUADAMENTE MEDIANTE BARANDILLAS U OTROS SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE SEGURIDAD EQUIVALENTE.
10. EN CASO QUE EL POZO QUEDE A UNA COTA INFERIOR AL NIVEL FREÁTICO SE ENFOSCARÁ TAMBIÉN LA CARA EXTERIOR. SE DEFINIRÁ LA UNIDAD DE OBRA CORRECTAMENTE.

DETALLE DE PLACA IDENTIFICATIVA



LEYENDA

T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
BL = TERMINAL BRIDA - LISO
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VA = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL
BE = TERMINAL BRIDA - ENCHUFE

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

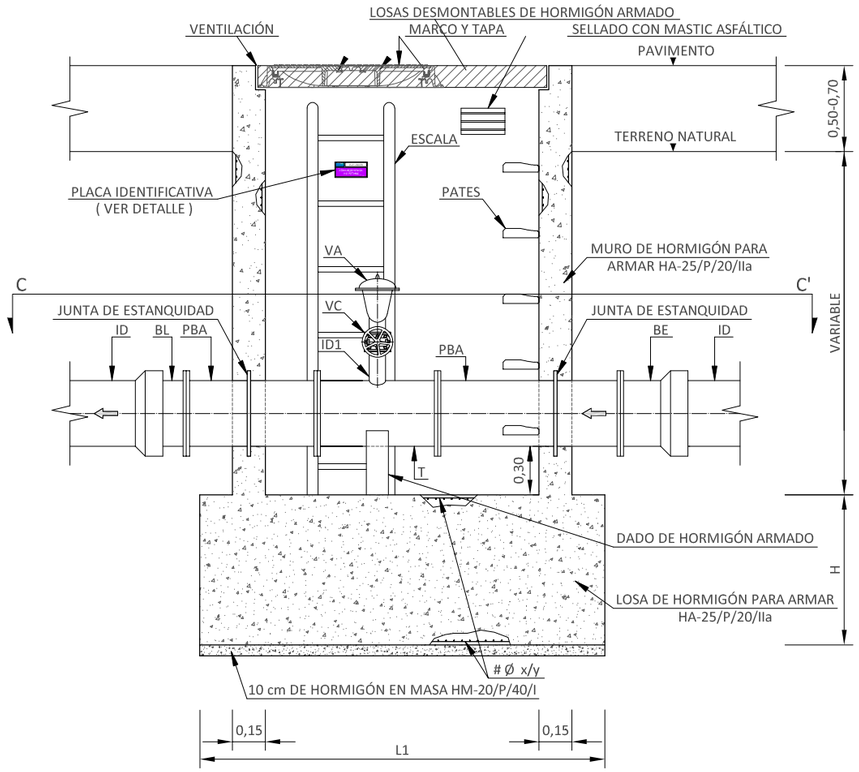
1 = TE EMBRIDADA ID ≤ 300 mm / ID1
2 = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE ID ≤ 300 mm
1 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID1
1 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID1
1 = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL ID1
1 = TERMINAL BRIDA - ENCHUFE ID ≤ 300 mm

Canal de Isabel II

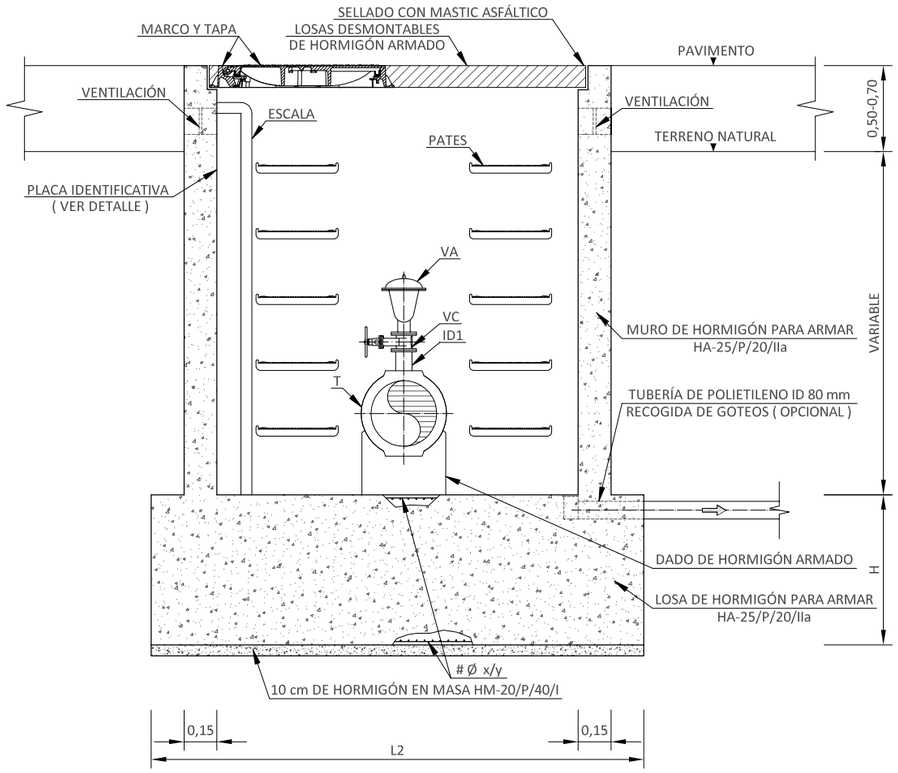
NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO:
REGISTRO PARA VÁLVULA DE AERACIÓN

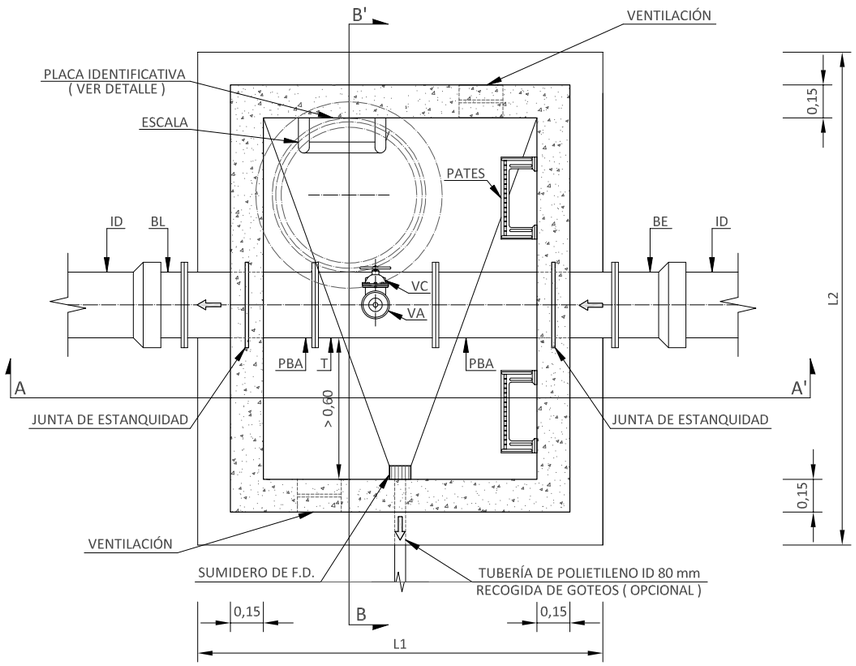
FECHA:	ESCALAS:	COTAS:	Nº DEL PLANO
JUNIO 2020	S/E	m	3



SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'



PLANTA
C - C'

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. 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 SE UNA DE Ø12 A 10, CONSIDERANDO: AUSENCIA DE CUALQUIER TIPO DE SOBRECARGAS, NO EXISTENCIA DE AGUA Y PESO ESPECIFICO DEL TERRENO DE 1,8 t/m^3.
4. 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.
5. SI EL TERRENO ES AGRESIVO, EL HORMIGÓN SERÁ RESISTENTE A LOS SULFATOS.
6. LOS PASAMUROS SE INSTALARÁN Y FIJARÁN AL MURO PREVIO HORMIGONADO DE ÉSTE, DISPONIENDO DE BRIDAS DE ANCLAJE.
7. SE DISPONDRÁN JUNTAS DE ESTANQUIDAD HIDROEXPANSIVAS DE BENTOSIDAD ENTRE SOLERA Y ALZADO EN LAS FASES DE HORMIGONADO.
8. LAS CÁMARAS SE IMPERMEABILIZARAN EXTERIORMENTE CON LÁMINA ASFÁLTICA Y LÁMINA DRENANTE.
9. LAS CÁMARAS EN ZONA NO URBANA, CUYA COTA DE CORONACIÓN SE DEJE POR ENCIMA DEL TERRENO NATURAL, DISPONDRÁN DE REJILLA DE VENTILACIÓN.
10. EL DIÁMETRO DE VÁLVULAS DE AERACIÓN ES ORIENTATIVO. DEBERÁ VERIFICARSE LA CAPACIDAD SUFICIENTE DE ADUCCIÓN Y EVACUACIÓN DEL AIRE.
11. SE INSTALARÁN LAS ESCALERAS Y PASARELAS SEGURAS NECESARIAS PARA ACCEDER A LOS DISTINTOS COMPONENTES.
12. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 2 m, SE INSTALARÁ UN ASIDERO O PATE EN EL EXTERIOR QUE FACILITE EL ACCESO. SU UBICACIÓN NO SUPONDRÁ RIESGO DE TROPIEZO PARA TERCEROS.
14. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDADES MAYOR DE 3 m, LA ESCALA O ESCALERA TIPO BARCO DISPONDRÁ DE PROTECCIÓN CIRCUNDANTE, SIEMPRE Y CUANDO NO DIFICULTE LA EVACUACIÓN Y/O ENTRADA DE MATERIAL.
15. EN LOS REGISTROS Y CÁMARAS CUYO ACCESO EXTERIOR SE ENCUENTRE SOBRE EL NIVEL DEL TERRENO, CON RIESGO DE CAÍDA SUPERIOR A 2 m, SE DEBERÁ HABILITAR ACCESO SEGURO Y PROTEGER ADECUADAMENTE MEDIANTE BARANDILLAS U OTROS SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE SEGURIDAD EQUIVALENTE.

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

DETALLE DE PLACA IDENTIFICATIVA



LEYENDA

T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
BL = TERMINAL BRIDA - LISO
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VA = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL
BE = TERMINAL BRIDA - ENCHUFE

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

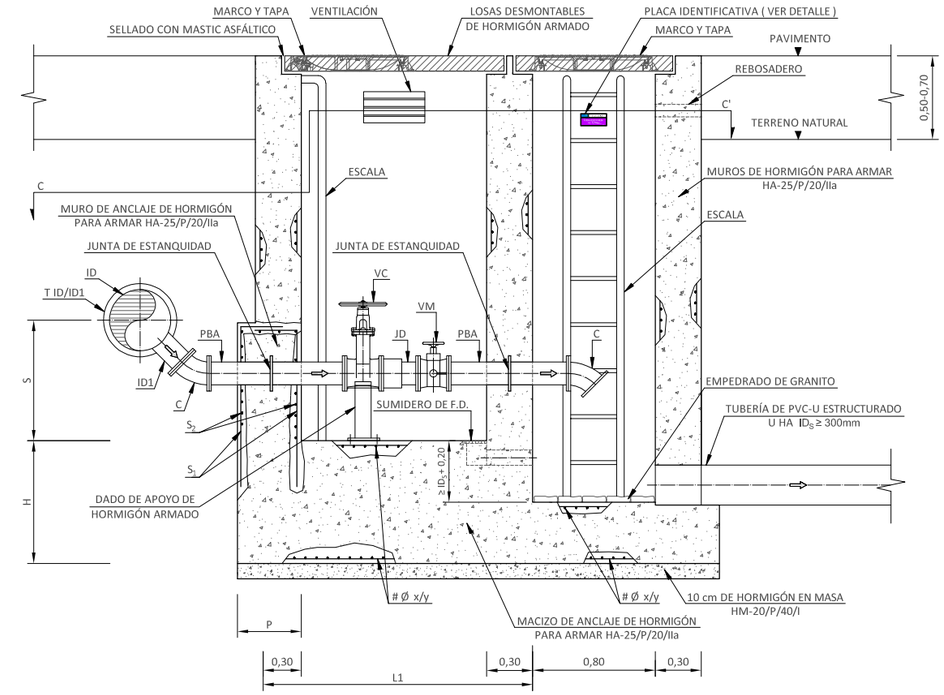
1 = TE EMBRIDADA ID ≤ 300 mm / ID1
2 = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE ID ≤ 300 mm
1 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID1
1 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID1
1 = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL ID1
1 = TERMINAL BRIDA - ENCHUFE ID ≤ 300 mm

Canal de Isabel II

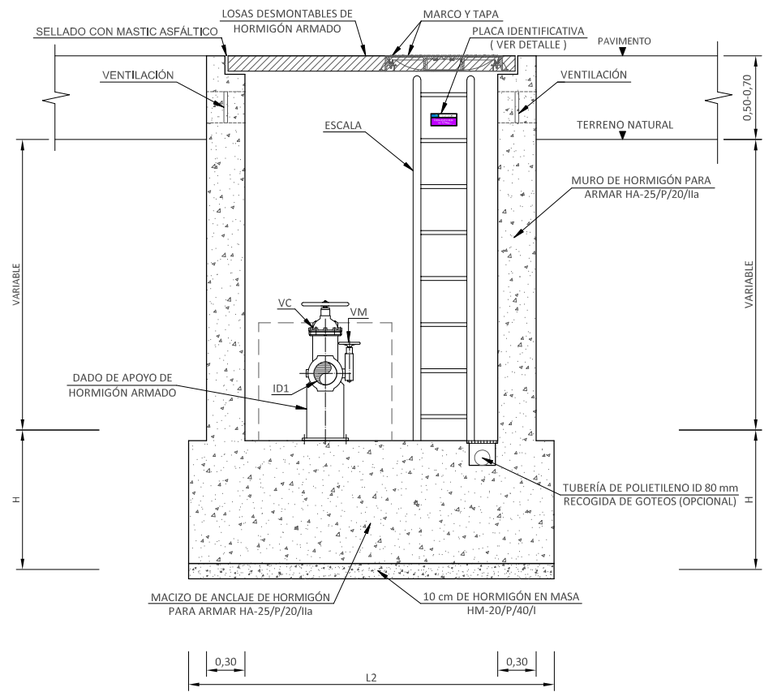
NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO:
CÁMARA PARA VÁLVULA DE AERACIÓN

FECHA:	ESCALAS:	COTAS:	Nº DEL PLANO
JUNIO 2020	S/E	m	4



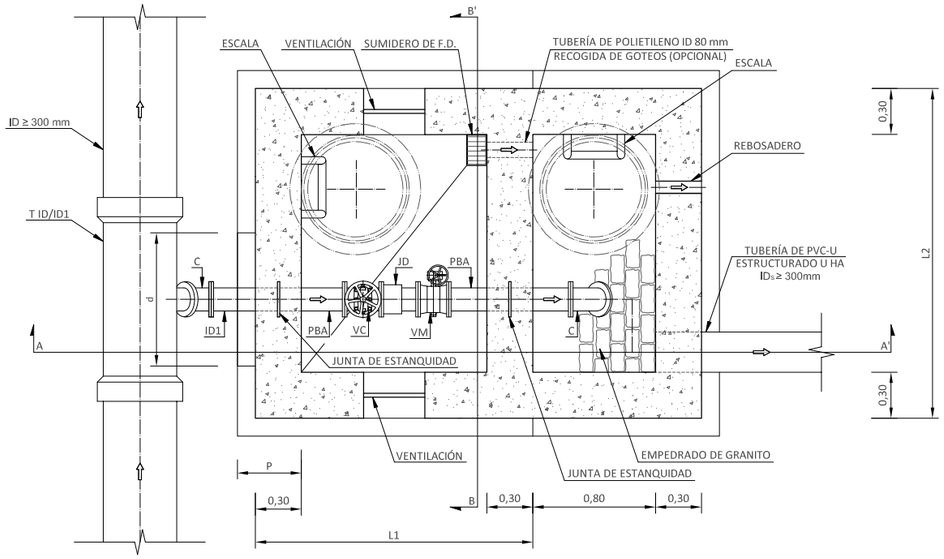
SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'

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 CÁCULO COSIDERADAS 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 CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE AL MACIZO Y DADO DE ANCLAJE, CONFORME AL APARTADO III.7. ANCLAJE DE 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 Ø 12 A 10 cm, CONSIDERANDO: AUSENCIA DE CUALQUIER TIPO DE SOBRECARGAS, NO EXISTENCIA DE AGUA Y PESO ESPECIFICO DEL TERRENO DE 1,8 t/m^3.
5. EL ADJUDICATARIO PRESENTARÁ LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LAS DIMENSIONES EXACTAS Y DEL ARMADO DE ANCLAJE Y MUROS. SE REQUERIRÁ LA APROBACIÓN PREVIA DE LOS SERVICIOS TÉCNICOS DE CANAL DE ISABEL II.
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 ALZADOEN LAS FASES DE HORMIGONADO.
9. LAS CÁMARAS SE IMPERMEABILIZAN EXTERIORMENTE CON LÁMINAS ASFÁLTICAS 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 SEGURAS NECESARIAS PARA ACCEDER A LOS DISTINTOS COMPONENTES.
12. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR A 2 m, SE INSTALARÁ UN SISTEMA EXTRAIBLE EN LA CÁMARA DE VÁLVULAS QUE FACILITE EL ACCESO AL REGISTRO.
13. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 3 m, LA ESCALA O ESCALERA DE TIPO BARCO DISPONDRÁ DE PROTECCIÓN CIRCUNDANTE, SIEMPRE Y CUANDO NO DIFICULTE LA EVACUACIÓN Y/O ENTRADA DE MATERIAL.
14. EN LOS REGISTROS Y CÁMARAS CUYO ACCESO EXTERIOR SE ENCUENTREN SOBRE EL NIVEL DEL TERRENO, CON RIESGO DE CAÍDA SUPERIOR A 2 m, SE DEBERÁ HABILITAR ACCESO SEGURO Y PROTEGER ADECUADAMENTE MEDIANTE BARANDILLAS U OTROS SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE SEGURIDAD EQUIVALENTE.



PLANTA
C - C'

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)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)			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 ID (mm)	P$_{cal}$ 1,6 MPa										P$_{cal}$ 2,0 MPa										P$_{cal}$ 2,5 MPa									
	S$_1$			S$_2$			S$_1$*			# Ø x/y	S$_1$			S$_2$			S$_1$*			# Ø x/y	S$_1$			S$_2$			S$_1$*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
80	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10
100	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10
150	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10
200	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10

NOTA: TANTO S$_1$ y S$_1$ * COMO S$_2$ SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*) EMPUJE DE VALOR SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO

DETALLE DE PLACA IDENTIFICATIVA



LEYENDA

T = TE DE DOS ENCGUFES Y DERIVACIÓN EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
C = CODO DE 1/8 EMBRIDADO

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

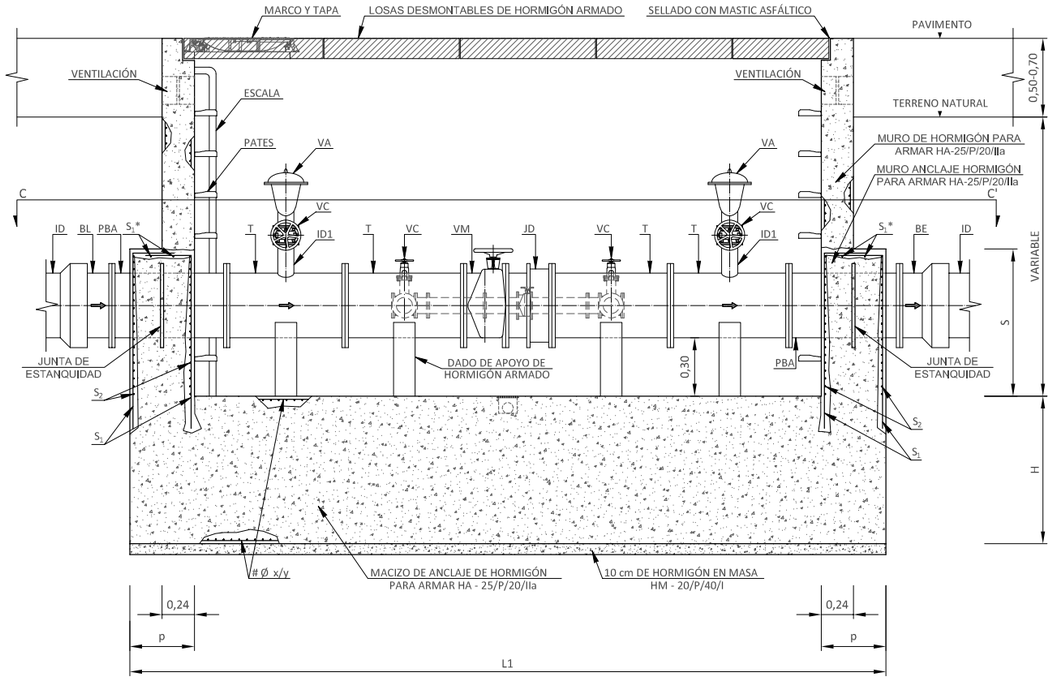
1 = TE DE DOS ENCHUFES Y DERIVACIÓN EMBRIDADA
2 = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE ID ≤ 300 mm
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
1 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID1
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID1
1 = CODO DE 1/8 EMBRIDADO

Canal de Isabel II

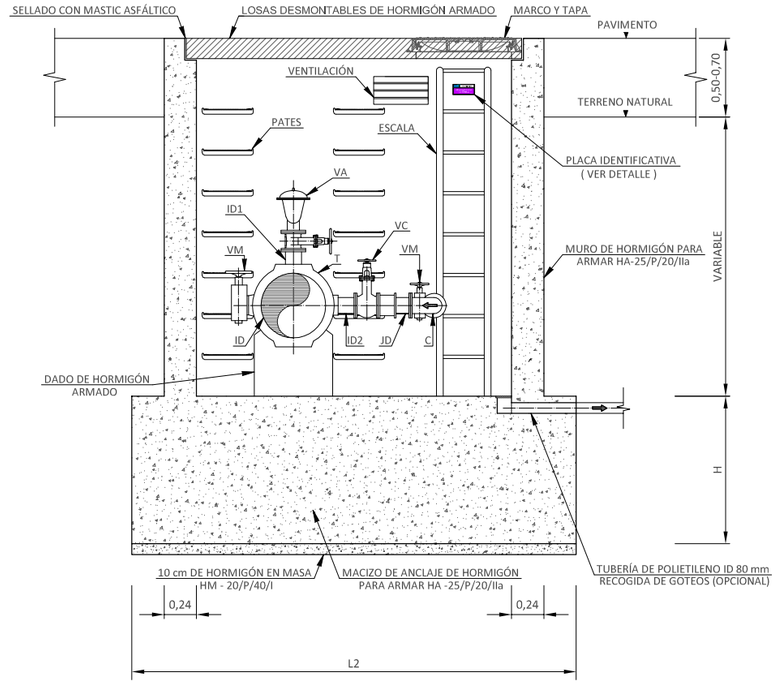
NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO:
CÁMARA PARA DESAGÜE CON POZO DE ACHIQUE

FECHA:	ESCALAS:	COTAS:	Nº DEL PLANO
JUNIO 2020	S/E	m	5



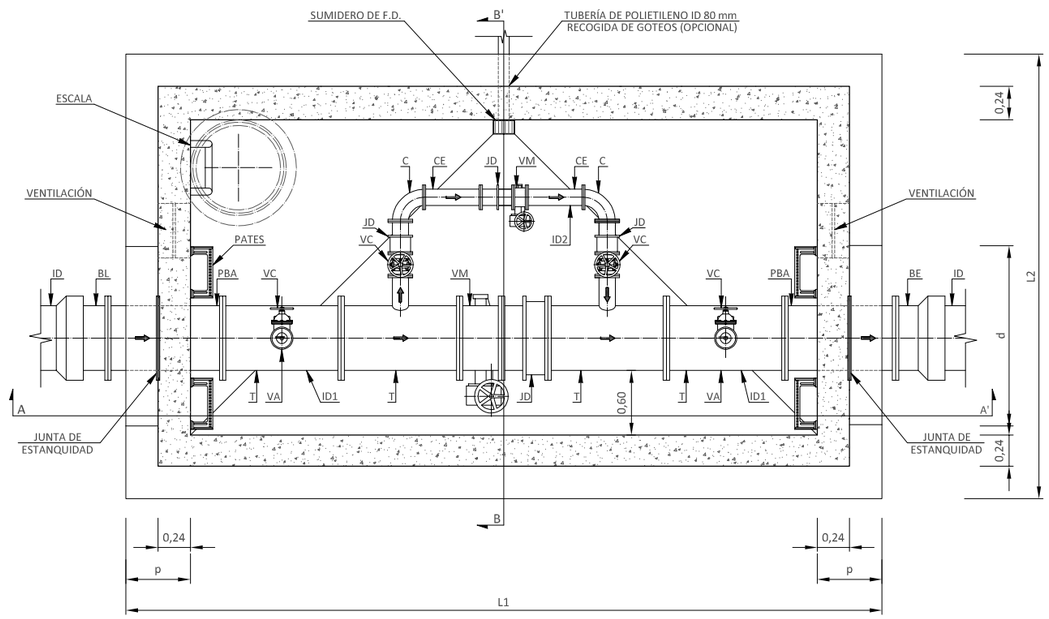
SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'

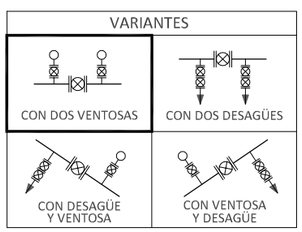
NOTAS

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 CÁCULO COSIDERADAS 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 CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE AL MACIZO Y DADO DE ANCLAJE, CONFORME AL APARTADO III.7. ANCLAJE DE 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 Ø 12 A 10 cm, CONSIDERANDO: AUSENCIA DE CUALQUIER TIPO DE SOBRECARGAS, NO EXISTENCIA DE AGUA Y PESO ESPECIFICO DEL TERRENO DE 1,8 t/m^3.
5. EL ADJUDICATARIO PRESENTARÁ LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LAS DIMENSIONES EXACTAS Y DEL ARMADO DE ANCLAJE Y MUROS. SE REQUERIRÁ LA APROBACIÓN PREVIA DE LOS SERVICIOS TÉCNICOS DE CANAL DE ISABEL II.
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 ALZADOEN LAS FASES DE HORMIGONADO.
9. LAS CÁMARAS SE IMPERMEABILIZAN EXTERIORMENTE CON LÁMINAS ASFÁLTICAS 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. EL DIÁMETRO DE LAS VÁLVULAS DE AERACIÓN ES ORIENTATIVO. DEBERÁ VERIFICARSE LA CAPACIDAD SUFICIENTE DE ADUCCIÓN Y EVACUACIÓN DE AIRE.
12. SE INSTALARÁN LAS ESCALERAS Y PASARELAS SEGURAS NECESARIAS PARA ACCEDER A LOS DISTINTOS COMPONENTES.
13. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR A 2 m, SE INSTALARÁ UN SISTEMA EXTRAIBLE EN LA CÁMARA DE VÁLVULAS QUE FACILITE EL ACCESO AL REGISTRO.
14. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 3 m, LA ESCALA O ESCALERA DE TIPO BARCO DISPONDRÁ DE PROTECCIÓN CIRCUNDANTE, SIEMPRE Y CUANDO NO DIFICULTE LA EVACUACIÓN Y/O ENTRADA DE MATERIAL.
15. EN LOS REGISTROS Y CÁMARAS CUYO ACCESO EXTERIOR SE ENCUENTREN SOBRE EL NIVEL DEL TERRENO, CON RIESGO DE CAÍDA SUPERIOR A 2 m, SE DEBERÁ HABILITAR ACCESO SEGURO Y PROTEGER ADECUADAMENTE MEDIANTE BARANDILLAS U OTROS SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE SEGURIDAD EQUIVALENTE.



PLANTA
C - C'

VARIANTES



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)	ID2 (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)			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*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*): EMPUJE DE VALOR A SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

LEYENDA

BL = TERMINAL BRIDA-LISO
T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
VA = VÁLVULA DE AERACIÓN
BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE
C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
CE = CODO EMBRIDADO

EQUIPAMIENTO

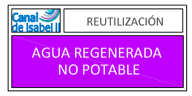
UNIDADES - DENOMINACIÓN

1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID
2 = TES EMBRIDADAS ID/ID1
2 = TES EMBRIDADAS ID/ID2
2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
2 = VÁLVULAS DE COMPUERTA ID1
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID
2 = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL ID1
1 = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID

EN BY-PASS ID2 (SOLO PARA ID ≥ 600 mm)

2 = CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID2
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID2
3 = JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID2
2 = CARRETES EMBRIDADOS ID2
1 = VÁLVULAS DE MARIPOSA ID2

DETALLE DE PLACA IDENTIFICATIVA



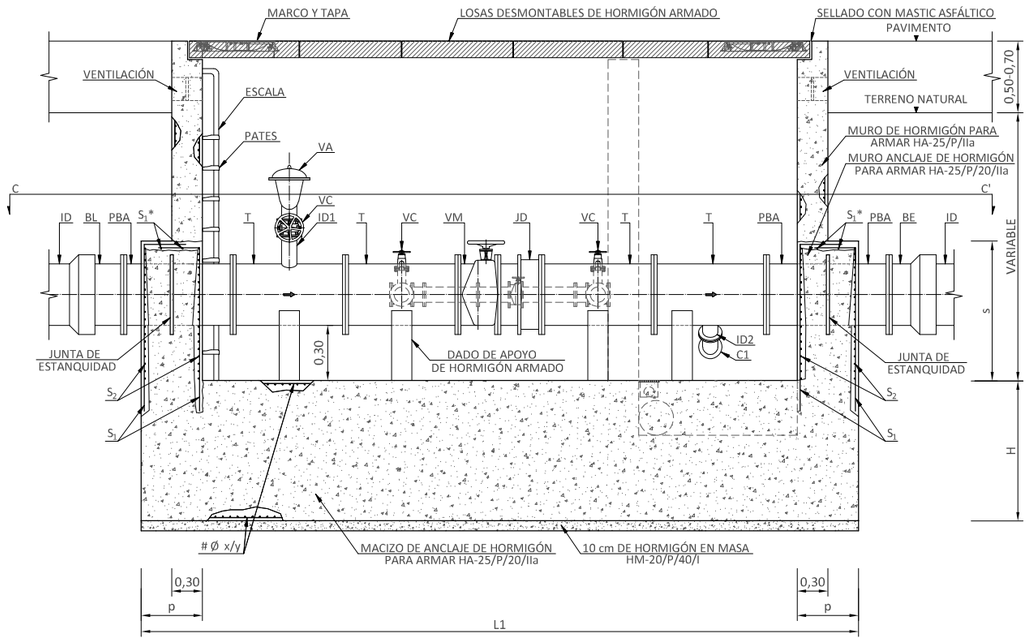
Canal de Isabel II

NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO Y DOS VÁLVULAS DE AERACIÓN

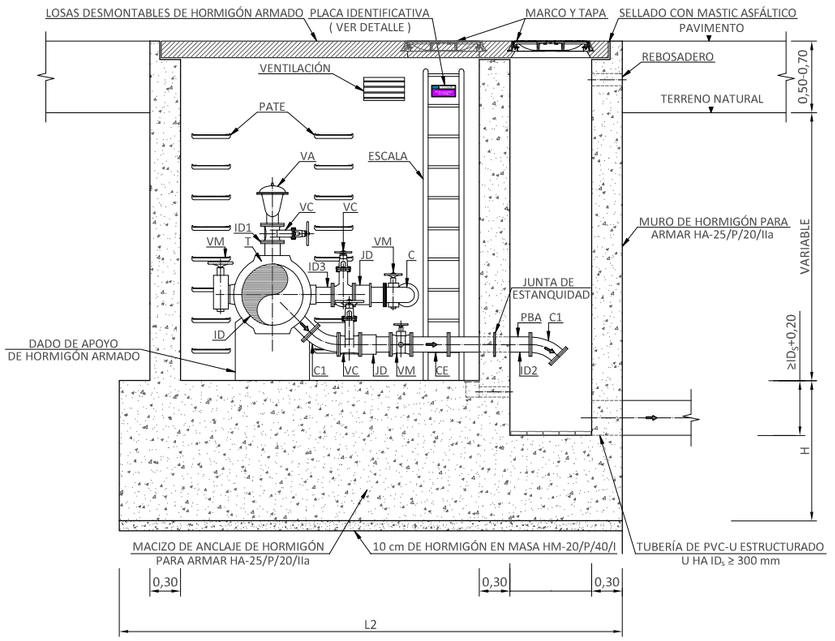
FECHA: JUNIO 2020 | ESCALAS: S/E | COTAS: m

Nº DEL PLANO 6



SECCIÓN LONGITUDINAL

A - A'

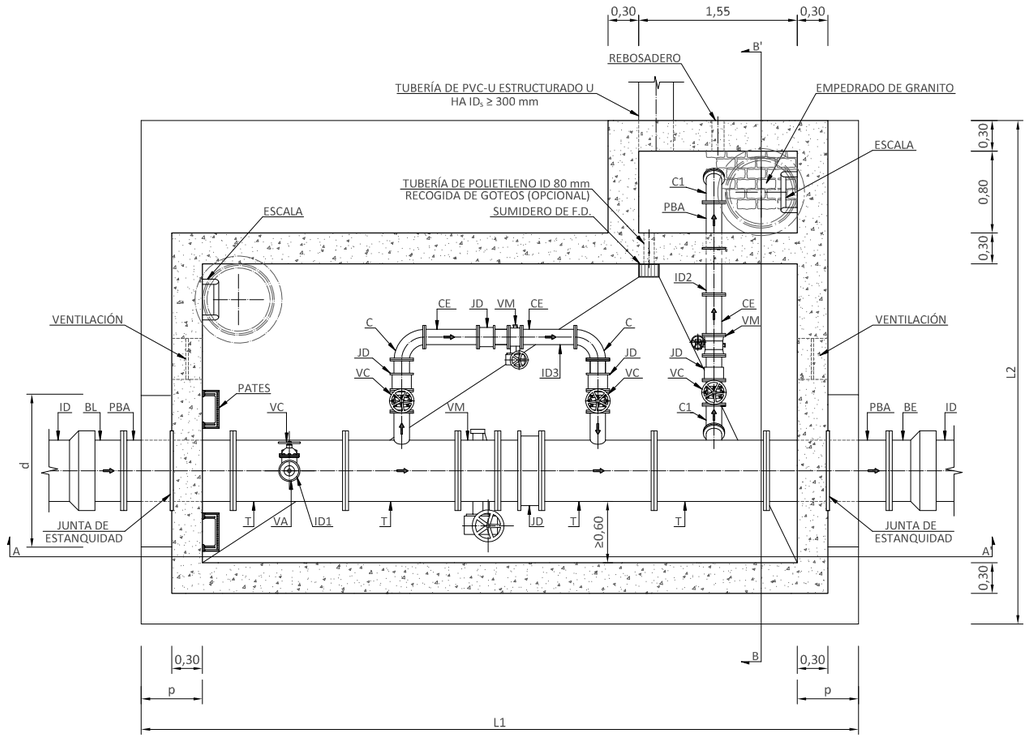


SECCIÓN TRANSVERSAL

B - B'

NOTAS

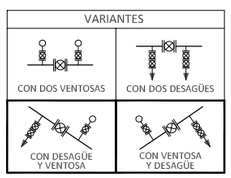
1. LAS DIMENSIONES Y ARMADO DE LAS CÁMARAS DEBERÁN CUMPLIR LAS PRESCRIPCIONES ESTABLECIDAS EN LA INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL EHE-08.
2. LAS DIMENSIONES SON ORIENTATIVAS Y CORRESPONDEN A LAS HIPÓTESIS DE CÁCULO COSIDERADAS EN EL APARTADO III.7. ANCLAJE DE CONDUCCIONES A PRESIÓN. DEBERÁN AJUSTARSE EN CADA CASO A LAS DIMENSIONES EXACTAS DE LAS PIEZAS ESPECIALES Y EQUIPOS A INSTALAR.
3. EL ARMADO INDICADO EN LAS TABLAS CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE AL MACIZO Y DADO DE ANCLAJE, CONFORME AL APARTADO III.7. ANCLAJE DE 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 Ø 12 A 10 cm, CONSIDERANDO: AUSENCIA DE CUALQUIER TIPO DE SOBRECARGAS, NO EXISTENCIA DE AGUA Y PESO ESPECIFICO DEL TERRENO DE 1,8 t/m^3.
5. EL ADJUDICATARIO PRESENTARÁ LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LAS DIMENSIONES EXACTAS Y DEL ARMADO DE ANCLAJE Y MUROS. SE REQUERIRÁ LA APROBACIÓN PREVIA DE LOS SERVICIOS TÉCNICOS DE CANAL DE ISABEL II.
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 ALZADOEN LAS FASES DE HORMIGONADO.
9. LAS CÁMARAS SE IMPERMEABILIZAN EXTERIORMENTE CON LÁMINAS ASFÁLTICAS 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. EL DIÁMETRO DE LAS VÁLVULAS DE AERACIÓN ES ORIENTATIVO. DEBERÁ VERIFICARSE LA CAPACIDAD SUFICIENTE DE ADUCCIÓN Y EVACUACIÓN DE AIRE.
12. SE INSTALARÁN LAS ESCALERAS Y PASARELAS SEGURAS NECESARIAS PARA ACCEDER A LOS DISTINTOS COMPONENTES.
13. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR A 2 m, SE INSTALARÁ UN SISTEMA EXTRAIBLE EN LA CÁMARA DE VÁLVULAS QUE FACILITE EL ACCESO AL REGISTRO.
14. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 3m, LA ESCALA O ESCALERA DE TIPO BARCO DISPONDRÁ DE PROTECCIÓN CIRCUNDANTE, SIEMPRE Y CUANDO NO DIFICULTE LA EVACUACIÓN Y/O ENTRADA DE MATERIAL.
15. EN LOS REGISTROS Y CÁMARAS CUYO ACCESO EXTERIOR SE ENCUENTREN SOBRE EL NIVEL DEL TERRENO, CON RIESGO DE CAÍDA SUPERIOR A 2 m, SE DEBERÁ HABILITAR ACCESO SEGURO Y PROTEGER ADECUADAMENTE MEDIANTE BARANDILLAS U OTROS SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE SEGURIDAD EQUIVALENTE.



PLANTA

C - C'

VARIANTES



DETALLE DE PLACA IDENTIFICATIVA



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)	ID2 (mm)	ID3 (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)			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*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	12,06	6	16	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*): EMPUJE DE VALOR A SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

LEYENDA

BL = TERMINAL BRIDA-LISO
T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
VA = VÁLVULA DE AERACIÓN
BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE
C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
CE = CARRETE EMBRIDADO
C1 = CODO DE 1/8 EMBRIDADO

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID
1 = TE EMBRIDADAS ID/ID1
1 = TE EMBRIDADAS ID/ID2
2 = TES EMBRIDADAS ID/ID3
2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID
1 = VÁLVULAS DE COMPUERTA ID1
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID
2 = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL ID1
1 = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID

CODO DE 1/4 EMBRIDADO

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 mm)

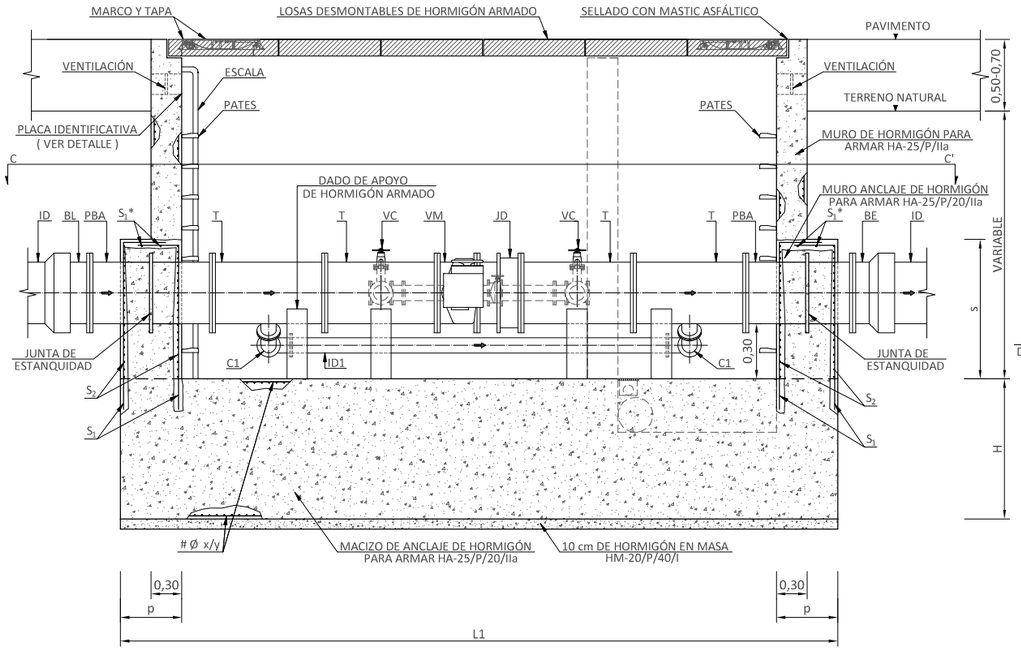
2 = CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID3
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID3
3 = JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID3
2 = CARRETES EMBRIDADOS ID3
1 = VÁLVULAS DE MARIPOSA ID3

Canal de Isabel II

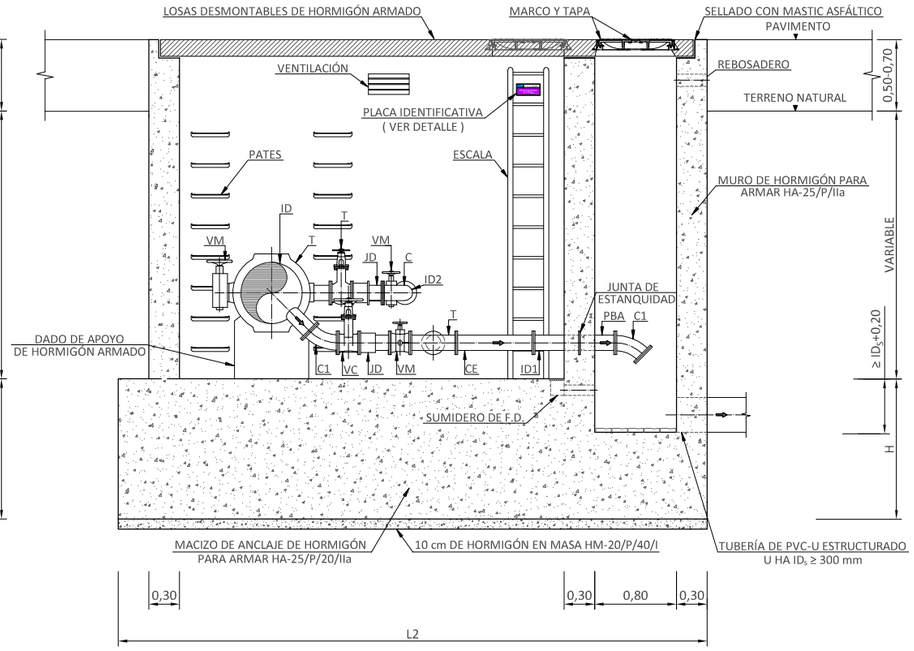
NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO VÁLVULA DE AERACIÓN Y DESAGÜE

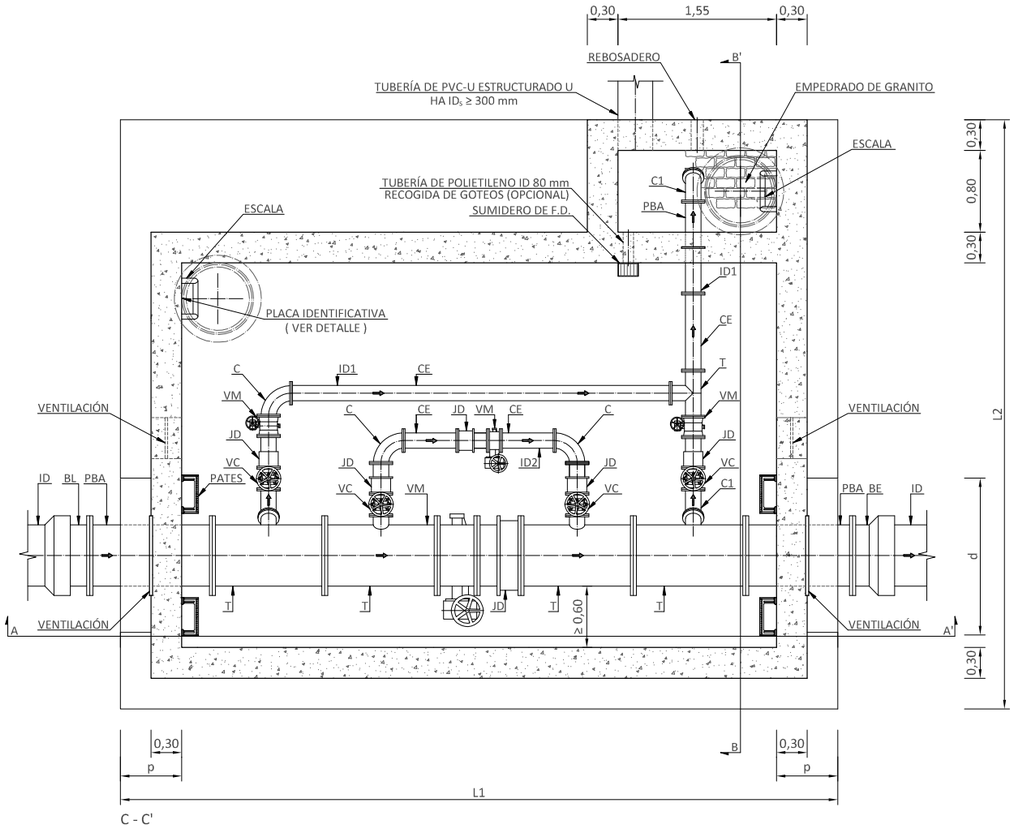
FECHA: JUNIO 2020 | ESCALAS: S/E | COTAS: m | Nº DEL PLANO: 7



SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'



C - C'

PLANTA

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)	ID2 (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)			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*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	12,06	6	16	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*): EMPUJE DE VALOR A SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

LEYENDA

BL = TERMINAL BRIDA-LISO
T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE
C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
CE = CARRETE EMBRIDADO
C1 = CODO DE 1/8 EMBRIDADO

DETALLE DE PLACA IDENTIFICATIVA



EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID
2 = TE EMBRIDADAS ID/ID1
2 = TE EMBRIDADAS ID/ID2
2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID
1 = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID

RAMAL DE VACIADO ID1

3 = CODOS DE 1/8 EMBRIDADOS ID1
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID1
2 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID1
2 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID1
2 = CARRETE EMBRIDADO ID1
1 = TE EMBRIDADA ID1/ID1
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID1

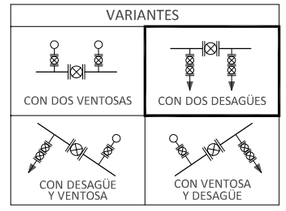
EN BY-PASS ID2 (SOLO PARA ID ≥ 600 mm)

2 = CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID2
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID2
3 = JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID2
2 = CARRETES EMBRIDADOS ID2
1 = VÁLVULAS DE MARIPOSA ID2

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 CÁCULO COSIDERADAS 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 CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE AL MACIZO Y DADO DE ANCLAJE, CONFORME AL APARTADO III.7. ANCLAJE DE 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 Ø 12 A 10 cm, CONSIDERANDO: AUSENCIA DE CUALQUIER TIPO DE SOBRECARGAS, NO EXISTENCIA DE AGUA Y PESO ESPECIFICO DEL TERRENO DE 1,8 t/m^3.
5. EL ADJUDICATARIO PRESENTARÁ LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LAS DIMENSIONES EXACTAS Y DEL ARMADO DE ANCLAJE Y MUROS. SE REQUERIRÁ LA APROBACIÓN PREVIA DE LOS SERVICIOS TÉCNICOS DE CANAL DE ISABEL II.
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 ALZADOEN LAS FASES DE HORMIGONADO.
9. LAS CÁMARAS SE IMPERMEABILIZAN EXTERIORMENTE CON LÁMINAS ASFÁLTICAS 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. EL DIÁMETRO DE LAS VÁLVULAS DE AERACIÓN ES ORIENTATIVO. DEBERÁ VERIFICARSE LA CAPACIDAD SUFICIENTE DE ADUCCIÓN Y EVACUACIÓN DE AIRE.
12. SE INSTALARÁN LAS ESCALERAS Y PASARELAS SEGURAS NECESARIAS PARA ACCEDER A LOS DISTINTOS COMPONENTES.
13. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR A 2 m, SE INSTALARÁ UN SISTEMA EXTRAIBLE EN LA CÁMARA DE VÁLVULAS QUE FACILITE EL ACCESO AL REGISTRO.
14. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 3 m, LA ESCALA O ESCALERA DE TIPO BARCO DISPONDRÁ DE PROTECCIÓN CIRCUNDANTE, SIEMPRE Y CUANDO NO DIFICULTE LA EVACUACIÓN Y/O ENTRADA DE MATERIAL.
15. EN LOS REGISTROS Y CÁMARAS CUYO ACCESO EXTERIOR SE ENCUENTREN SOBRE EL NIVEL DEL TERRENO, CON RIESGO DE CAÍDA SUPERIOR A 2 m, SE DEBERÁ HABILITAR ACCESO SEGURO Y PROTEGER ADECUADAMENTE MEDIANTE BARANDILLAS U OTROS SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE SEGURIDAD EQUIVALENTE.

VARIANTES

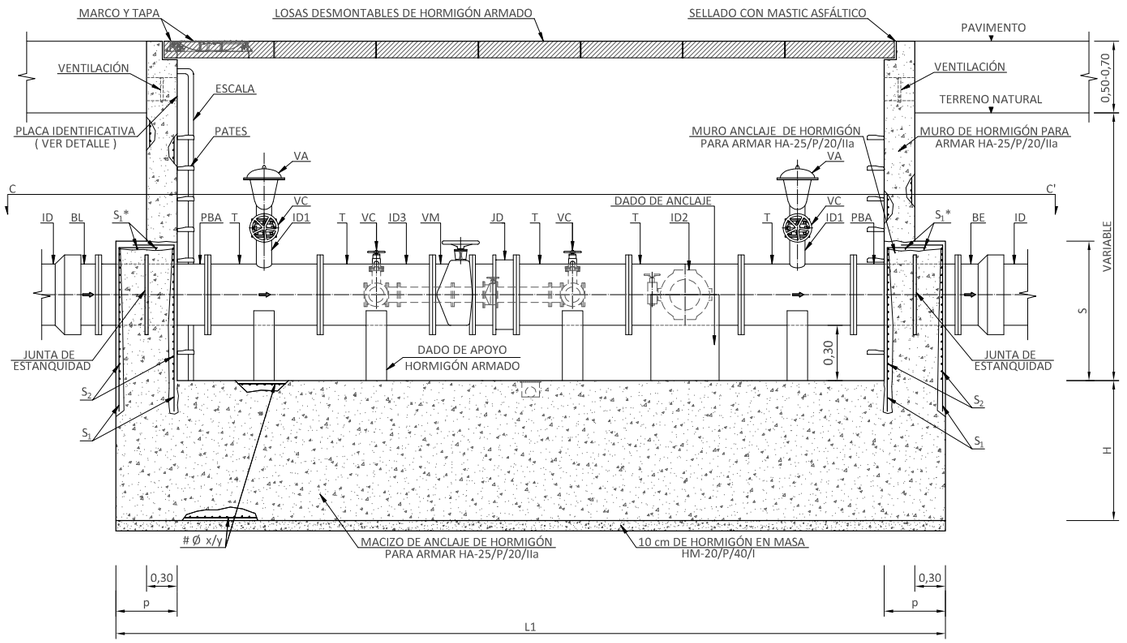


Canal de Isabel II

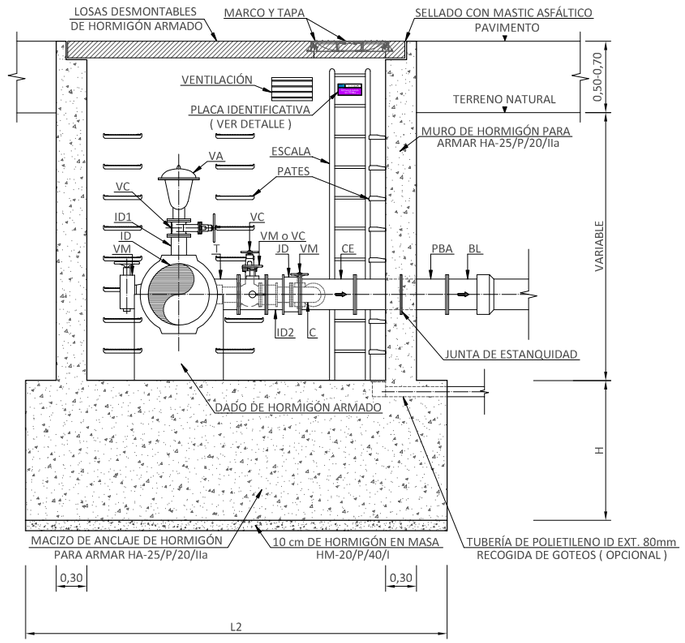
NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO CON DOS DESAGÜES

FECHA: JUNIO 2020 | ESCALAS: S/E | COTAS: m | Nº DEL PLANO: 8



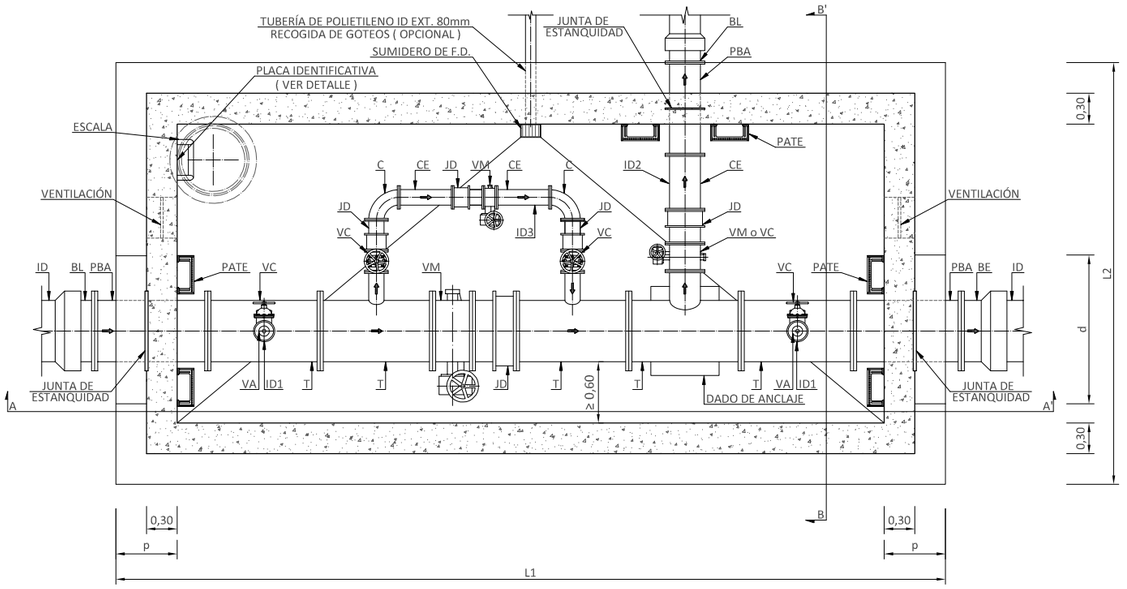
SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'

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 CÁCULO COSIDERADAS 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 CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE AL MACIZO Y DADO DE ANCLAJE, CONFORME AL APARTADO III.7. ANCLAJE DE 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 Ø 12 A 10 cm, CONSIDERANDO: AUSENCIA DE CUALQUIER TIPO DE SOBRECARGAS, NO EXISTENCIA DE AGUA Y PESO ESPECIFICO DEL TERRENO DE 1,8 t/m^3.
5. EL ADJUDICATARIO PRESENTARÁ LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LAS DIMENSIONES EXACTAS Y DEL ARMADO DE ANCLAJE Y MUROS. SE REQUERIRÁ LA APROBACIÓN PREVIA DE LOS SERVICIOS TÉCNICOS DE CANAL DE ISABEL II.
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 ALZADOEN LAS FASES DE HORMIGONADO.
9. LAS CÁMARAS SE IMPERMEABILIZAN EXTERIORMENTE CON LÁMINAS ASFÁLTICAS 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. EL DIÁMETRO DE LAS VÁLVULAS DE AERACIÓN ES ORIENTATIVO. DEBERÁ VERIFICARSE LA CAPACIDAD SUFICIENTE DE ADUCCIÓN Y EVACUACIÓN DE AIRE.
12. SE INSTALARÁN LAS ESCALERAS Y PASARELAS SEGURAS NECESARIAS PARA ACCEDER A LOS DISTINTOS COMPONENTES.
13. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR A 2 m, SE INSTALARÁ UN SISTEMA EXTRAIBLE EN LA CÁMARA DE VÁLVULAS QUE FACILITE EL ACCESO AL REGISTRO.
14. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 3 m, LA ESCALA O ESCALERA DE TIPO BARCO DISPONDRÁ DE PROTECCIÓN CIRCUNDANTE, SIEMPRE Y CUANDO NO DIFICULTE LA EVACUACIÓN Y/O ENTRADA DE MATERIAL.
15. EN LOS REGISTROS Y CÁMARAS CUYO ACCESO EXTERIOR SE ENCUENTREN SOBRE EL NIVEL DEL TERRENO, CON RIESGO DE CAÍDA SUPERIOR A 2 m, SE DEBERÁ HABILITAR ACCESO SEGURO Y PROTEGER ADECUADAMENTE MEDIANTE BARANDILLAS U OTROS SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE SEGURIDAD EQUIVALENTE.



PLANTA
C - C'

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

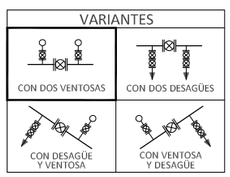
TUBERÍA				MACIZO DE ANCLAJE												p (m)	s (m)	DADO DE ANCLAJE		
				P_{cal} 1,6 MPa				P_{cal} 2,0 MPa				P_{cal} 2,5 MPa						d (m)		
ID (mm)	ID1 (mm)	ID2 (mm)	ID3 (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)			P_{cal} 1,6 MPa	P_{cal} 2,0 MPa	P_{cal} 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		200	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		200	2,35	7,35	6,15	106,23	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	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*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10

NOTA: TANTOS S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*): EMPUJE DE VALOR A SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

VARIANTES



DETALLE DE PLACA IDENTIFICATIVA



LEYENDA

BL = TERMINAL BRIDA-LISO
T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VA = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL
VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE
C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
CE = CARRETE EMBRIDADO

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID
2 = TE EMBRIDADAS ID/ID1
1 = TE EMBRIDADAS ID/ID2
2 = TE EMBRIDADAS ID/ID3
2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID
1 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID1
1 = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL ID1
1 = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID

RAMAL DE DERIVACIÓN ID2

(*) 1 = VÁLVULA DE COMPUERTA o
VÁLVULA DE MARIPOSA ID2
1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID2
2 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID2
2 = CARRETE EMBRIDADO ID2
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID1

(*) PARA DIÁMETRO MENOR DE 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE COMPUERTA.
PARA DIÁMETRO SUPERIOR A 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE MARIPOSA.
PARA DIÁMETRO IGUAL A 300 mm, PUEDE INSTALARSE VÁLVULA DE COMPUERTA O VÁLVULA DE MARIPOSA.

EN BY-PASS ID3 (SOLO PARA ID ≥ 600 mm)

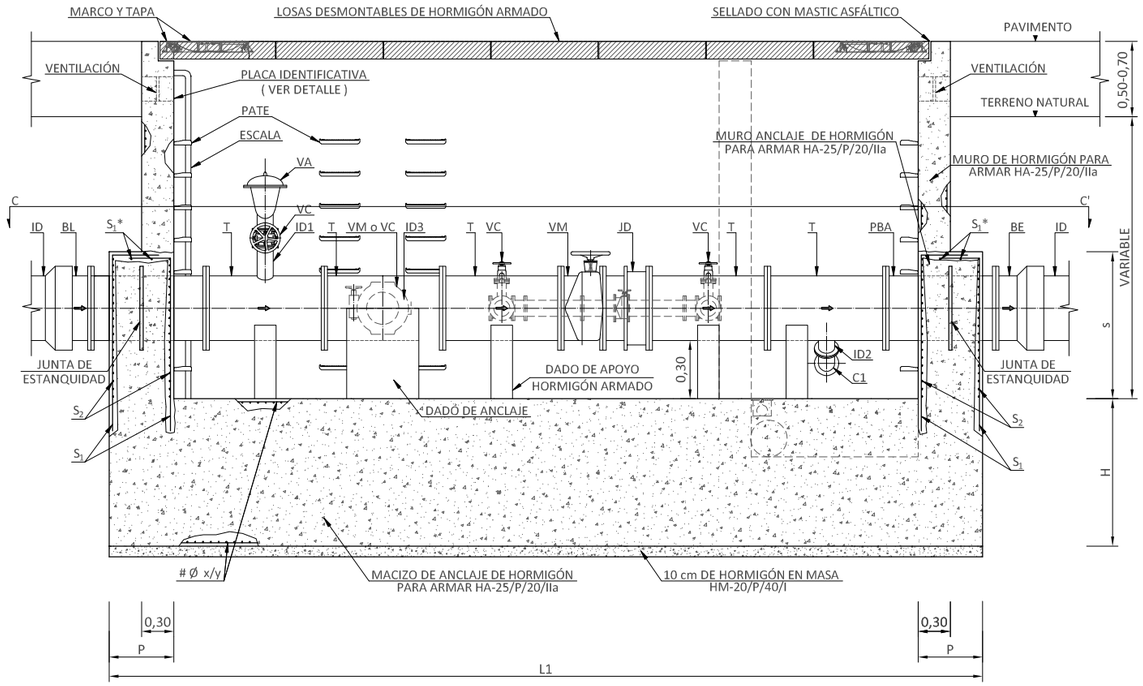
2 = CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID3
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID3
3 = JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID3
2 = CARRETES EMBRIDADOS ID3
1 = VÁLVULAS DE MARIPOSA ID3

Canal de Isabel II

NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

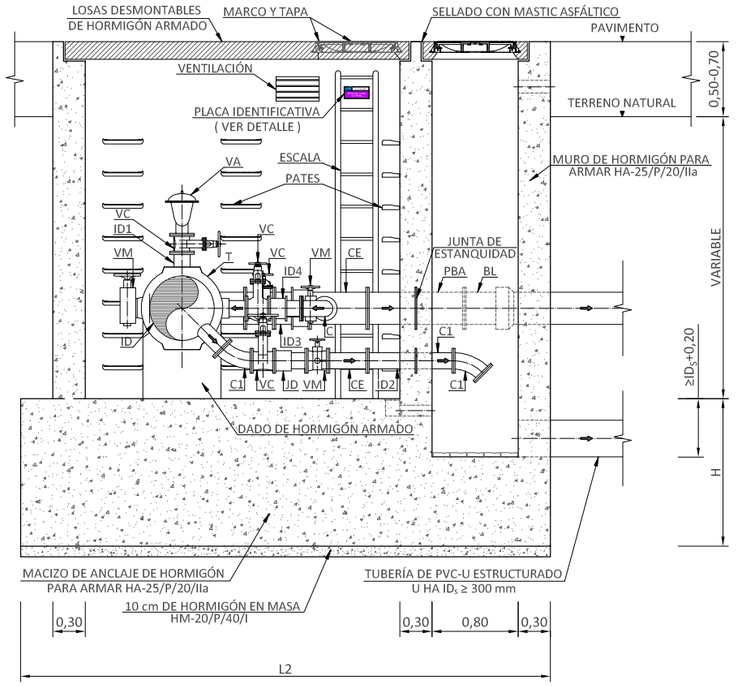
TITULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO CON DERIVACIÓN Y DOS VÁLVULAS DE AERACIÓN

FECHA:	ESCALAS:	COTAS:	Nº DEL PLANO
JUNIO 2020	S/E	m	9



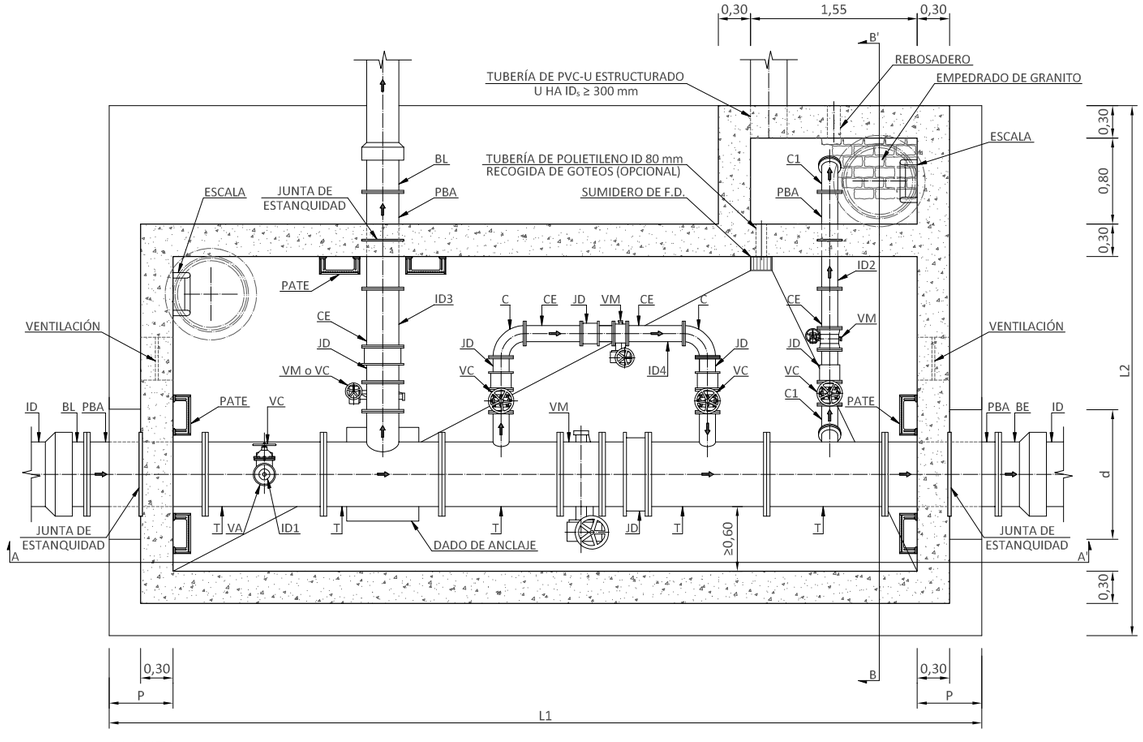
SECCIÓN LONGITUDINAL

A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL

B - B'

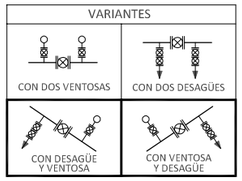


PLANTA

C - C'

DETALLE DE PLACA IDENTIFICATIVA





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 CÁCULO COSIDERADAS 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 CORRESPONDEN 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 Ø 12 A 10 cm, CONSIDERANDO: AUSENCIA DE CUALQUIER TIPO DE SOBRECARGAS, NO EXISTENCIA DE AGUA Y PESO ESPECIFICO DEL TERRENO DE 1,8 t/m^3.
5. EL ADJUDICATARIO PRESENTARÁ LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LAS DIMENSIONES EXACTAS Y DEL ARMADO DE ANCLAJE Y MUROS. SE REQUERIRÁ LA APROBACIÓN PREVIA DE LOS SERVICIOS TÉCNICOS DE CANAL DE ISABEL II.
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 ALZADOEN LAS FASES DE HORMIGONADO.
9. LAS CÁMARAS SE IMPERMEABILIZAN EXTERIORMENTE CON LÁMINAS ASFÁLTICAS 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. EL DIÁMETRO DE LAS VÁLVULAS DE AERACIÓN ES ORIENTATIVO. DEBERÁ VERIFICARSE LA CAPACIDAD SUFICIENTE DE ADUCCIÓN Y EVACUACIÓN DE AIRE.
12. SE INSTALARÁN LAS ESCALERAS Y PASARELAS SEGURAS NECESARIAS PARA ACCEDER A LOS DISTINTOS COMPONENTES.
13. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR A 2 m, SE INSTALARÁ UN SISTEMA EXTRAIBLE EN LA CÁMARA DE VÁLVULAS QUE FACILITE EL ACCESO AL REGISTRO.
14. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 3 m, LA ESCALA O ESCALERA DE TIPO BARCO DISPONDRÁ DE PROTECCIÓN CIRCUNDANTE, SIEMPRE Y CUANDO NO DIFICULTE LA EVACUACIÓN Y/O ENTRADA DE MATERIAL.
15. EN LOS REGISTROS Y CÁMARAS CUYO ACCESO EXTERIOR SE ENCUENTREN SOBRE EL NIVEL DEL TERRENO, CON RIESGO DE CAÍDA SUPERIOR A 2 m, SE DEBERÁ HABILITAR ACCESO SEGURO Y PROTEGER ADECUADAMENTE MEDIANTE BARANDILLAS U OTROS SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE SEGURIDAD EQUIVALENTE.

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)	ID2 (mm)	ID3 (mm)	ID4 (mm)	ID5 (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
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			200	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			200	2,35	7,35	6,15	106,23	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	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*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	12,06	6	16	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*): EMPUJE DE VALOR A SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

LEYENDA

BL = TERMINAL BRIDA-LISO
T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VA = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL
VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE
C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
C1 = CODO DE 1/8 EMBRIDADO
CE = CARRETE EMBRIDADO

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID
1 = TE EMBRIDADAS ID/ID1
1 = TE EMBRIDADAS ID/ID2
1 = TE EMBRIDADAS ID/ID3
2 = TE EMBRIDADAS ID/ID4
2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA 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 COMPUERTA o
VÁLVULA DE MARIPOSA ID3
1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID3
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID2
1 = CARRETE EMBRIDADO ID3
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID3

EN BY-PASS ID4 (SOLO PARA ID ≥ 600 mm)

2 = CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID4
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID4
3 = JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID4
2 = CARRETES EMBRIDADOS ID4
1 = VÁLVULAS DE MARIPOSA ID4

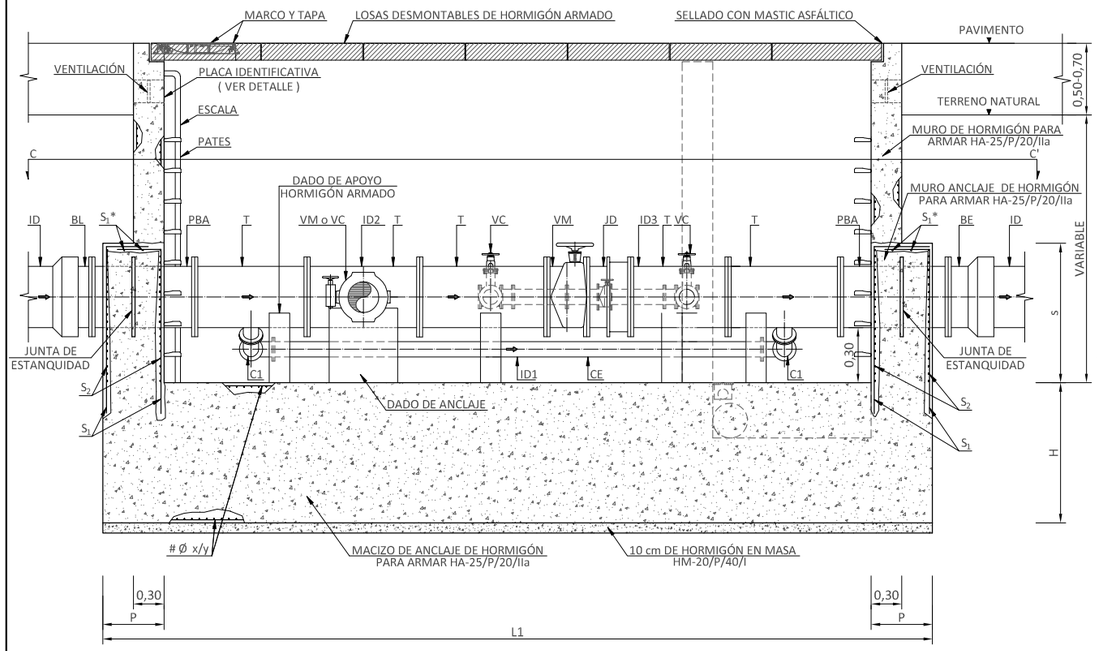
(*) PARA DIÁMETRO MENOR DE 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE COMPUERTA.
PARA DIÁMETRO SUPERIOR A 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE MARIPOSA.
PARA DIÁMETRO IGUAL A 300 mm, PUEDE INSTALARSE VÁLVULA DE COMPUERTA O VÁLVULA DE MARIPOSA.

Canal de Isabel II

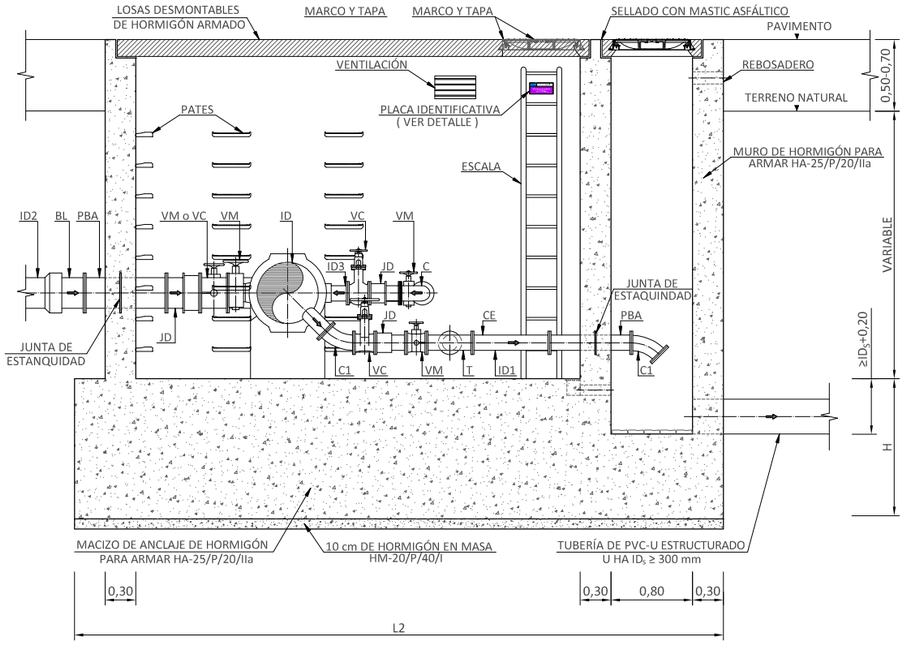
NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO CON VÁLVULA DE AERACIÓN, DERIVACIÓN Y DESAGÜE

FECHA:	ESCALAS:	COTAS:	Nº DEL PLANO
JUNIO 2020	S/E	m	10



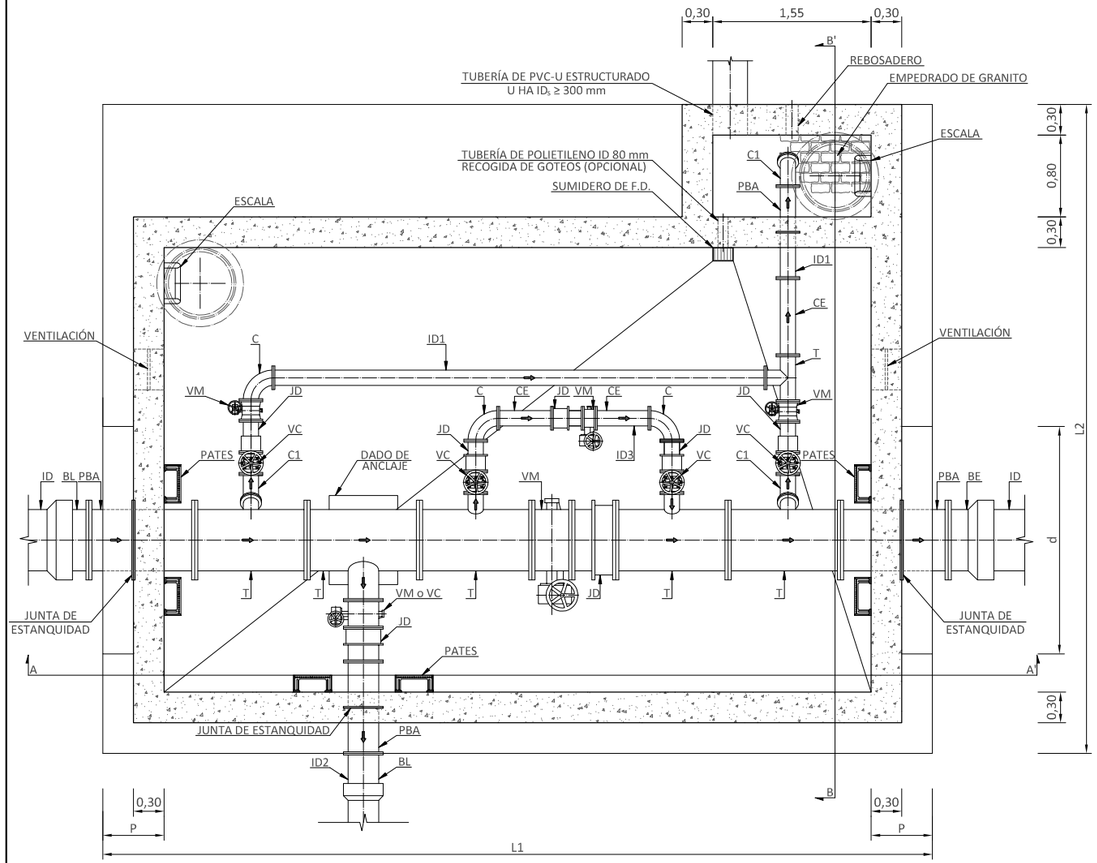
SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'

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 CÁCULO COSIDERADAS 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 CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE AL MACIZO Y DADO DE ANCLAJE, CONFORME AL APARTADO III.7. ANCLAJE DE 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 Ø 12 A 10 cm, CONSIDERANDO: AUSENCIA DE CUALQUIER TIPO DE SOBRECARGAS, NO EXISTENCIA DE AGUA Y PESO ESPECIFICO DEL TERRENO DE 1,8 t/m^3.
5. EL ADJUDICATARIO PRESENTARÁ LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LAS DIMENSIONES EXACTAS Y DEL ARMADO DE ANCLAJE Y MUROS. SE REQUERIRÁ LA APROBACIÓN PREVIA DE LOS SERVICIOS TÉCNICOS DE CANAL DE ISABEL II.
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 ALZADOEN LAS FASES DE HORMIGONADO.
9. LAS CÁMARAS SE IMPERMEABILIZAN EXTERIORMENTE CON LÁMINAS ASFÁLTICAS 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 SEGURAS NECESARIAS PARA ACCEDER A LOS DISTINTOS COMPONENTES.
12. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR A 2 m, SE INSTALARÁ UN SISTEMA EXTRAIBLE EN LA CÁMARA DE VÁLVULAS QUE FACILITE EL ACCESO AL REGISTRO.
13. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 3 m, LA ESCALA O ESCALERA DE TIPO BARCO DISPONDRÁ DE PROTECCIÓN CIRCUNDANTE, SIEMPRE Y CUANDO NO DIFICULTE LA EVACUACIÓN Y/O ENTRADA DE MATERIAL.
14. EN LOS REGISTROS Y CÁMARAS CUYO ACCESO EXTERIOR SE ENCUENTREN SOBRE EL NIVEL DEL TERRENO, CON RIESGO DE CAÍDA SUPERIOR A 2 m, SE DEBERÁ HABILITAR ACCESO SEGURO Y PROTEGER ADECUADAMENTE MEDIANTE BARANDILLAS U OTROS SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE SEGURIDAD EQUIVALENTE.



PLANTA
C - C'

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)	ID2 (mm)	ID3 (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)			P_{cal} 1,6 MPa	P_{cal} 2,0 MPa	P_{cal} 2,5 MPa
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	2,30	7,35	6,20	104,81	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	0,90	1,25	2,75	(*)	(*)
1000	200		200	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,10	1,45	(*)	(*)	(*)

DETALLE DE PLACA IDENTIFICATIVA

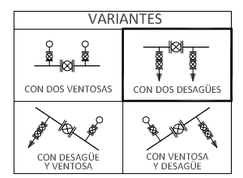
Canal de Isabel II
REUTILIZACIÓN
AGUA REGENERADA NO POTABLE

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*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	12,06	6	16	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*): EMPUJE DE VALOR A SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

VARIANTES



LEYENDA

BL = TERMINAL BRIDA-LISO
T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
CE = CARRETE EMBRIDADO
C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
C1 = CODO DE 1/8 EMBRIDADO
BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID
2 = TE EMBRIDADAS ID/ID1
1 = TE EMBRIDADAS ID/ID2
2 = TE EMBRIDADAS ID/ID3
2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID
1 = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID

RAMAL DE VACIADO ID1

3 = CODOS DE 1/8 EMBRIDADOS ID1
1 = CODO DE 1/4 EMBRIDADOS ID1
1 = TE EMBRIDADA ID1/ID1
2 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID1
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID1
2 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID1
1 = CARRETE EMBRIDADO 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 EMBRIDADO ID2
1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID2

EN BY-PASS ID3 (SOLO PARA ID ≥ 600 mm)

2 = CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID3
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID3
3 = JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID3
2 = CARRETES EMBRIDADOS ID3
1 = VÁLVULAS DE MARIPOSA ID3

(*) PARA DIÁMETRO MENOR DE 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE COMPUERTA.
PARA DIÁMETRO SUPERIOR A 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE MARIPOSA.
PARA DIÁMETRO IGUAL A 300 mm, PUEDE INSTALARSE VÁLVULA DE COMPUERTA O VÁLVULA DE MARIPOSA.

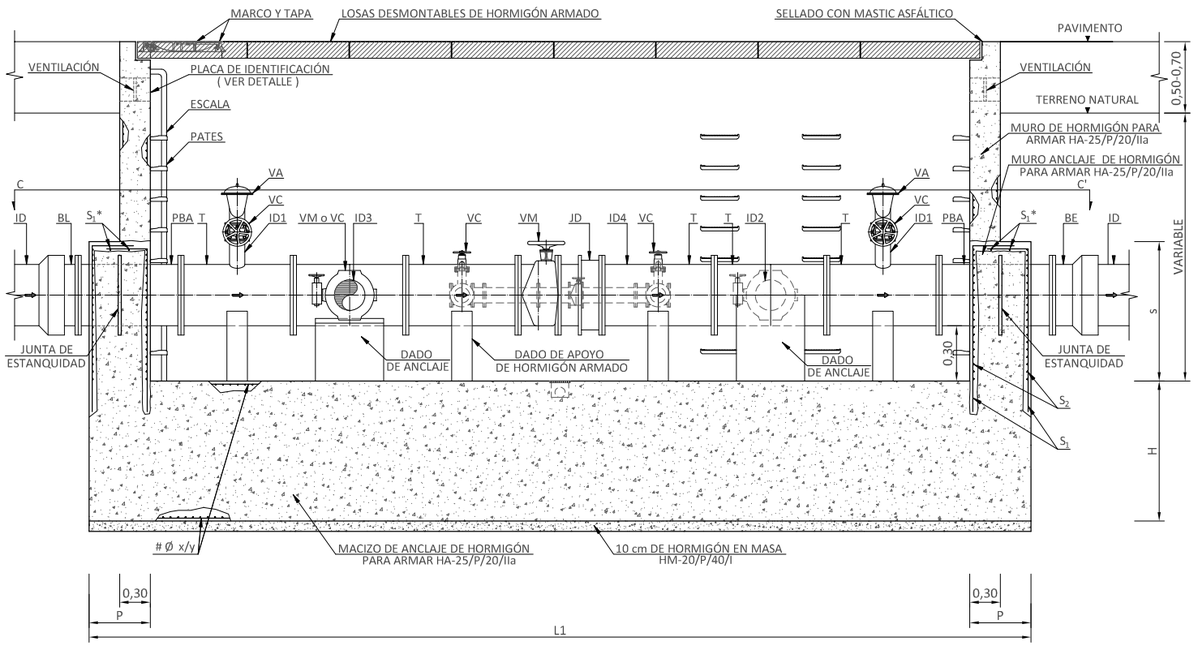
Canal de Isabel II

NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

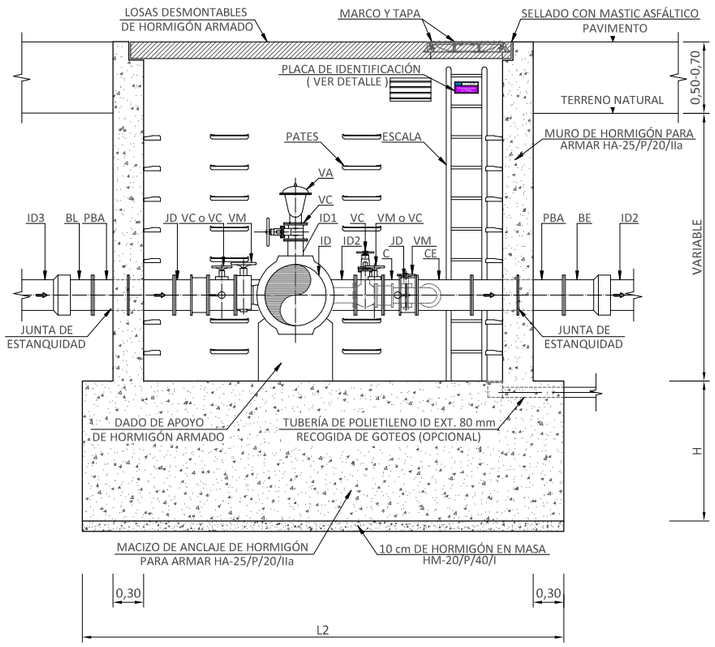
TITULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO CON DERIVACIÓN Y DOS DESAGÜES

FECHA: JUNIO 2020 | ESCALAS: S/E | COTAS: m

Nº DEL PLANO 11



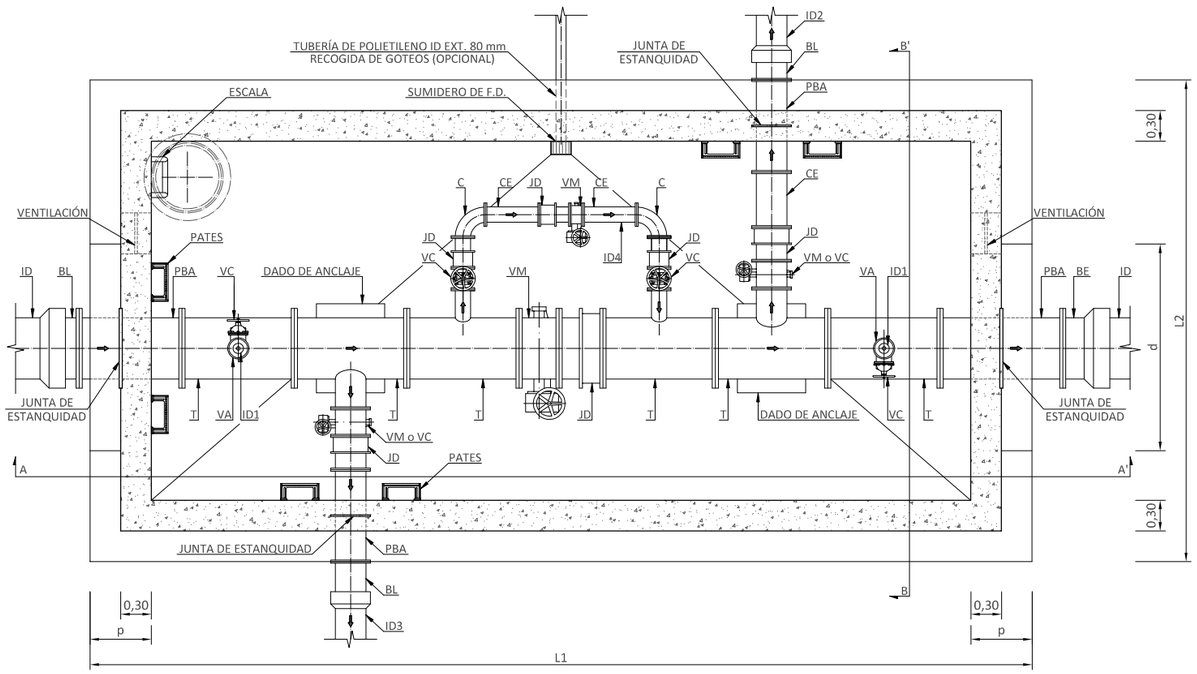
SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'

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 CÁCULO COSIDERADAS 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 CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE AL MACIZO Y DADO DE ANCLAJE, CONFORME AL APARTADO III.7. ANCLAJE DE 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 Ø 12 A 10 cm, CONSIDERANDO: AUSENCIA DE CUALQUIER TIPO DE SOBRECARGAS, NO EXISTENCIA DE AGUA Y PESO ESPECIFICO DEL TERRENO DE 1,8 t/m^3.
5. EL ADJUDICATARIO PRESENTARÁ LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LAS DIMENSIONES EXACTAS Y DEL ARMADO DE ANCLAJE Y MUROS. SE REQUERIRÁ LA APROBACIÓN PREVIA DE LOS SERVICIOS TÉCNICOS DE CANAL DE ISABEL II.
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 ALZADOEN LAS FASES DE HORMIGONADO.
9. LAS CÁMARAS SE IMPERMEABILIZAN EXTERIORMENTE CON LÁMINAS ASFÁLTICAS 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 SEGURAS NECESARIAS PARA ACCEDER A LOS DISTINTOS COMPONENTES.
12. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR A 2 m, SE INSTALARÁ UN SISTEMA EXTRAIBLE EN LA CÁMARA DE VÁLVULAS QUE FACILITE EL ACCESO AL REGISTRO.
13. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 3 m, LA ESCALA O ESCALERA DE TIPO BARCO DISPONDRÁ DE PROTECCIÓN CIRCUNDANTE, SIEMPRE Y CUANDO NO DIFICULTE LA EVACUACIÓN Y/O ENTRADA DE MATERIAL.
14. EN LOS REGISTROS Y CÁMARAS CUYO ACCESO EXTERIOR SE ENCUENTREN SOBRE EL NIVEL DEL TERRENO, CON RIESGO DE CAÍDA SUPERIOR A 2 m, SE DEBERÁ HABILITAR ACCESO SEGURO Y PROTEGER ADECUADAMENTE MEDIANTE BARANDILLAS U OTROS SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE SEGURIDAD EQUIVALENTE.



PLANTA
C - C'

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)	ID2 (mm)	ID3 (mm)	ID4 (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	p (m)	s (m)	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_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	12,06	6	16	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*): EMPUJE DE VALOR A SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

LEYENDA

BL = TERMINAL BRIDA-LISO
T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
VA = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
CE = CARRETE EMBRIDADO
C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID
2 = TE EMBRIDADAS ID/ID1
1 = TE EMBRIDADAS ID/ID2
1 = TE EMBRIDADAS ID/ID3
2 = TE EMBRIDADAS ID/ID4
2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID
1 = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID
2 = VÁLVULAS DE AERACIÓN TRIFUNCIONALES ID1
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID1

RAMAL DE DERIVACIÓN ID2

(*) 1 = VÁLVULA DE COMPUERTA o VÁLVULA DE MARIPOSA ID2
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID2
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID2
1 = CARRETE EMBRIDADO ID2
1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID2

RAMAL DE VACIADO ID3

(*) 1 = VÁLVULA DE COMPUERTA o VÁLVULA DE MARIPOSA ID3
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID3
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID3
1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID3

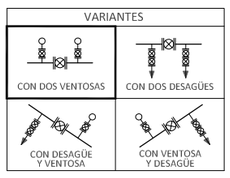
EN BY-PASS ID4 (SOLO PARA ID ≥ 600 mm)

2 = CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID4
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID4
3 = JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID4
2 = CARRETES EMBRIDADOS ID4
1 = VÁLVULAS DE MARIPOSA ID4

(*) PARA DIÁMETRO MENOR DE 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE COMPUERTA.
PARA DIÁMETRO SUPERIOR A 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE MARIPOSA.
PARA DIÁMETRO IGUAL A 300 mm, PUEDE INSTALARSE VÁLVULA DE COMPUERTA O VÁLVULA DE MARIPOSA.

DETALLE DE PLACA IDENTIFICATIVA



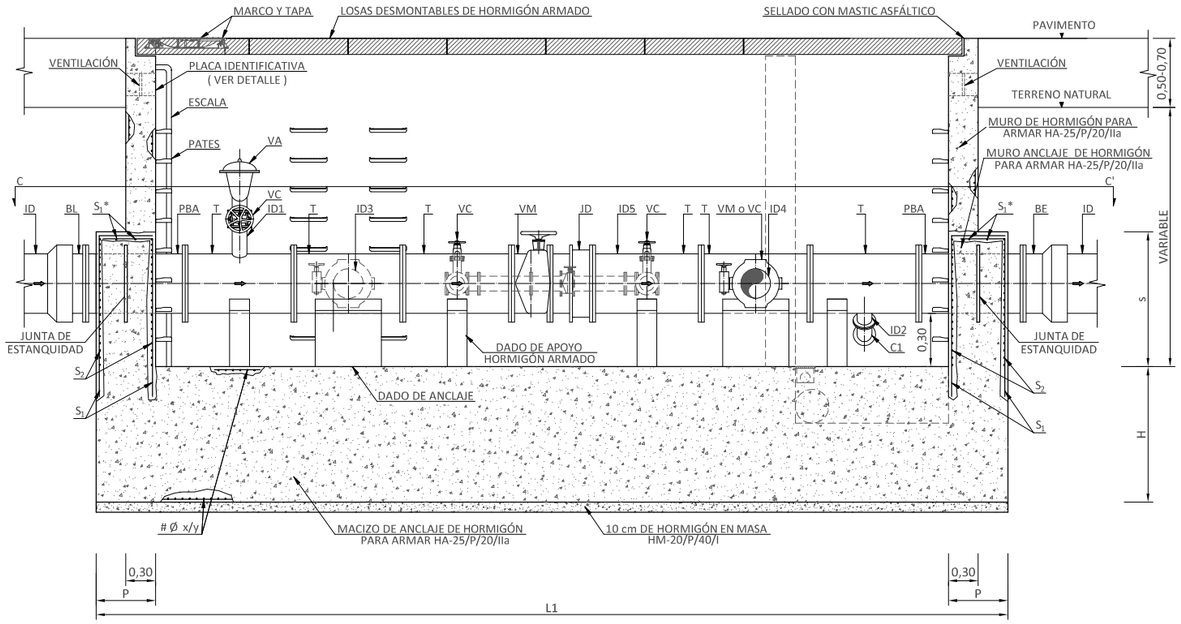


Canal de Isabel II

NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

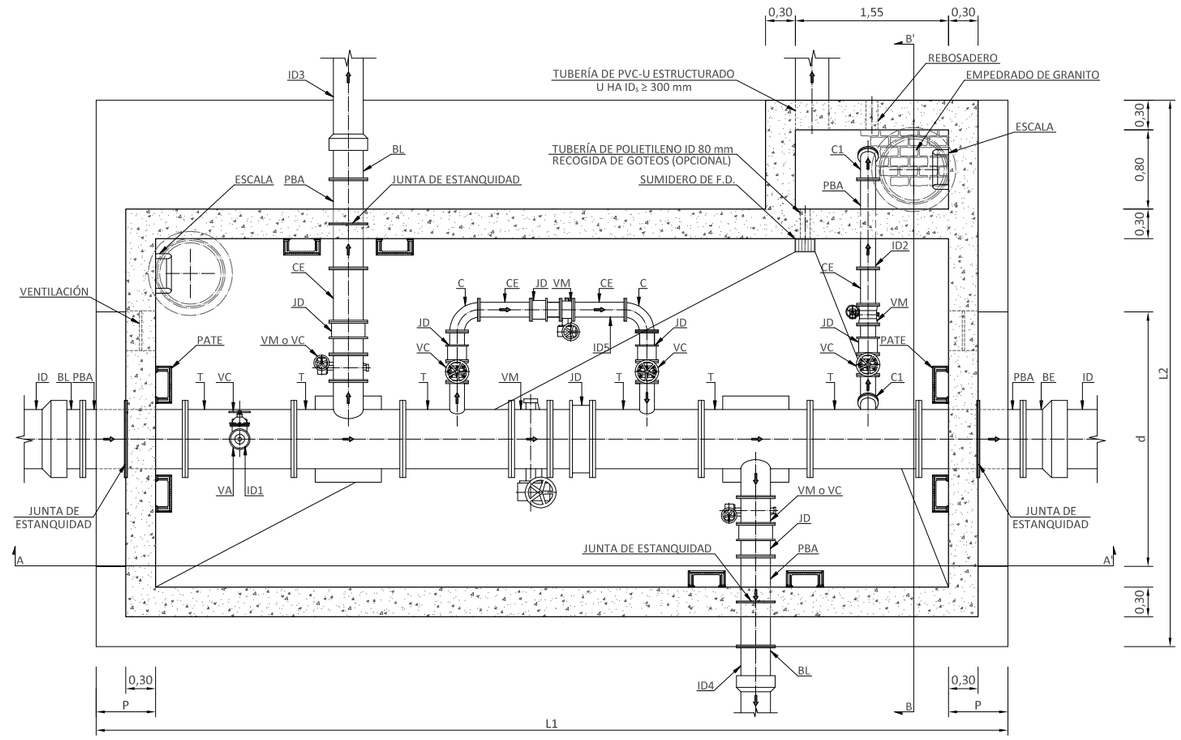
TITULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO CON DOS DERIVACIONES Y DOS VÁLVULAS DE AERACIÓN

FECHA: JUNIO 2020 | ESCALAS: S/E | COTAS: m | Nº DEL PLANO: 12



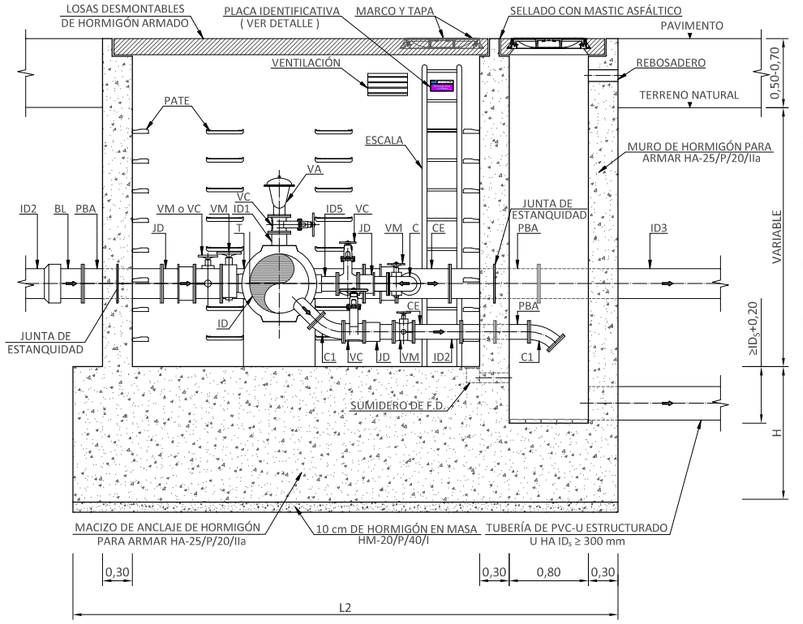
SECCIÓN LONGITUDINAL

A - A'



PLANTA

C - C'



SECCIÓN TRANSVERSAL

B - B'

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 CÁCULO COSIDERADAS 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 CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE AL MACIZO Y DADO DE ANCLAJE, CONFORME AL APARTADO III.7. ANCLAJE DE 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 Ø 12 A 10 cm, CONSIDERANDO: AUSENCIA DE CUALQUIER TIPO DE SOBRECARGAS, NO EXISTENCIA DE AGUA Y PESO ESPECIFICO DEL TERRENO DE 1,8 t/m^3.
5. EL ADJUDICATARIO PRESENTARÁ LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LAS DIMENSIONES EXACTAS Y DEL ARMADO DE ANCLAJE Y MUROS. SE REQUERIRÁ LA APROBACIÓN PREVIA DE LOS SERVICIOS TÉCNICOS DE CANAL DE ISABEL II.
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 ALZADOEN LAS FASES DE HORMIGONADO.
9. LAS CÁMARAS SE IMPERMEABILIZÁN EXTERIORMENTE CON LÁMINAS ASFÁLTICAS Y LÁMINAS DRENANTES.
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. EL DIÁMETRO DE LAS VÁLVULAS DE AERACIÓN ES ORIENTATIVO. DEBERÁ VERIFICARSE LA CAPACIDAD SUFICIENTE DE ADUCCIÓN Y EVACUACIÓN DE AIRE.
12. SE INSTALARÁN LAS ESCALERAS Y PASARELAS SEGURAS NECESARIAS PARA ACCEDER A LOS DISTINTOS COMPONENTES.
13. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR A 2 m, SE INSTALARÁ UN SISTEMA EXTRAIBLE EN LA CÁMARA DE VÁLVULAS QUE FACILITE EL ACCESO AL REGISTRO.
14. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 3 m, LA ESCALA O ESCALERA DE TIPO BARCO DISPONDRÁ DE PROTECCIÓN CIRCUNDANTE, SIEMPRE Y CUANDO NO DIFICULTE LA EVACUACIÓN Y/O ENTRADA DE MATERIAL.
15. EN LOS REGISTROS Y CÁMARAS CUYO ACCESO EXTERIOR SE ENCUENTREN SOBRE EL NIVEL DEL TERRENO, CON RIESGO DE CAÍDA SUPERIOR A 2 m, SE DEBERÁ HABILITAR ACCESO SEGURO Y PROTEGER ADECUADAMENTE MEDIANTE BARANDILLAS U OTROS SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE SEGURIDAD EQUIVALENTE.

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

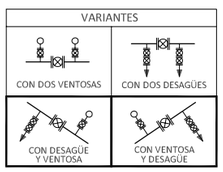
TUBERÍA						MACIZO DE ANCLAJE										DADO DE ANCLAJE				
						P_{cal} 1,6 MPa				P_{cal} 2,0 MPa				P_{cal} 2,5 MPa				p (m)	s (m)	d (m)
ID (mm)	ID1 (mm)	ID2 (mm)	ID3 (mm)	ID4 (mm)	ID5 (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)			P_{cal} 1,6 MPa / P_{cal} 2,0 MPa / P_{cal} 2,5 MPa
300	80	100				0,65	4,25	4,75	13,12	0,75	4,25	4,75	15,14	1,00	4,25	4,75	20,19	0,40	0,75	1,45 / 1,55 / 1,70
400	100	150				1,00	4,70	4,65	21,86	1,30	4,70	4,65	28,41	1,60	4,70	4,65	34,97	0,50	0,85	1,75 / 1,90 / 2,05
500	100	150				1,35	5,35	4,90	35,39	1,65	5,35	4,90	43,25	2,15	5,35	4,90	56,36	0,60	0,95	2,05 / 2,20 / 2,35
600	150	150			200	1,35	7,35	5,20	51,60	1,65	7,35	5,20	63,06	2,15	7,35	5,75	90,86	0,70	1,05	2,30 / 2,30 / 2,65
800	200	200			200	1,95	8,70	6,15	104,33	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	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*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	12,06	6	16	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*): EMPUJE DE VALOR A SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

VARIANTES



DETALLE DE PLACA IDENTIFICATIVA



LEYENDA

BL = TERMINAL BRIDA-LISO
T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
VA = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
CE = CARRETE EMBRIDADO
C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
C1 = CODO DE 1/8 EMBRIDADO
BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

1 = TERMINAL BRIDA-LISO 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
2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID
1 = VÁLVULAS DE AERACIÓN TRIFUNCIONALES ID1
1 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID1
1 = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID

RAMAL DE DERIVACIÓN ID2

1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID2
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID2
1 = CARRETE EMBRIDADO ID2
1 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID2
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID2
2 = CODO DE 1/8 EMBRIDADOS ID2

RAMAL DE VACIADO ID3

(*) 1 = VÁLVULA DE COMPUERTA o VÁLVULA DE MARIPOSA ID3
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID3
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID3
1 = CARRETE EMBRIDADO ID3
1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID3

RAMAL DE VACIADO ID4

(*) 1 = VÁLVULA DE COMPUERTA o VÁLVULA DE MARIPOSA ID4
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID4
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID4
1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID3

EN BY-PASS ID5 (SOLO PARA ID ≥ 600 mm)

2 = CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID5
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID5
3 = JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID5
2 = CARRETES EMBRIDADOS ID5
1 = VÁLVULAS DE MARIPOSA ID5

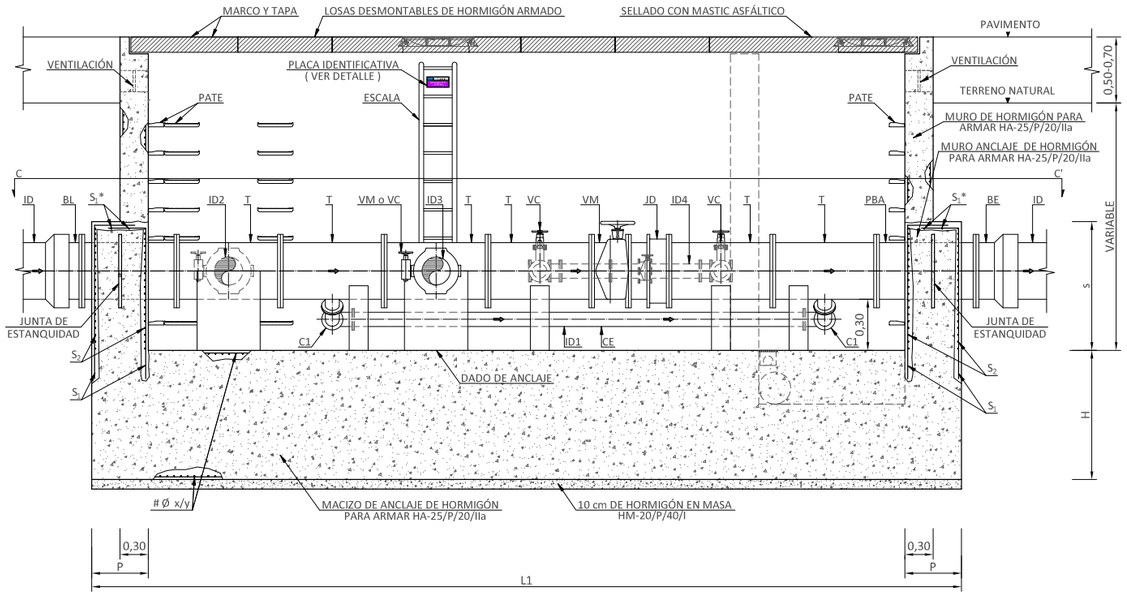
(*) PARA DIÁMETRO MENOR DE 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE COMPUERTA.
PARA DIÁMETRO SUPERIOR A 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE MARIPOSA.
PARA DIÁMETRO IGUAL A 300 mm, PUEDE INSTALARSE VÁLVULA DE COMPUERTA O VÁLVULA DE MARIPOSA.

Canal de Isabel II

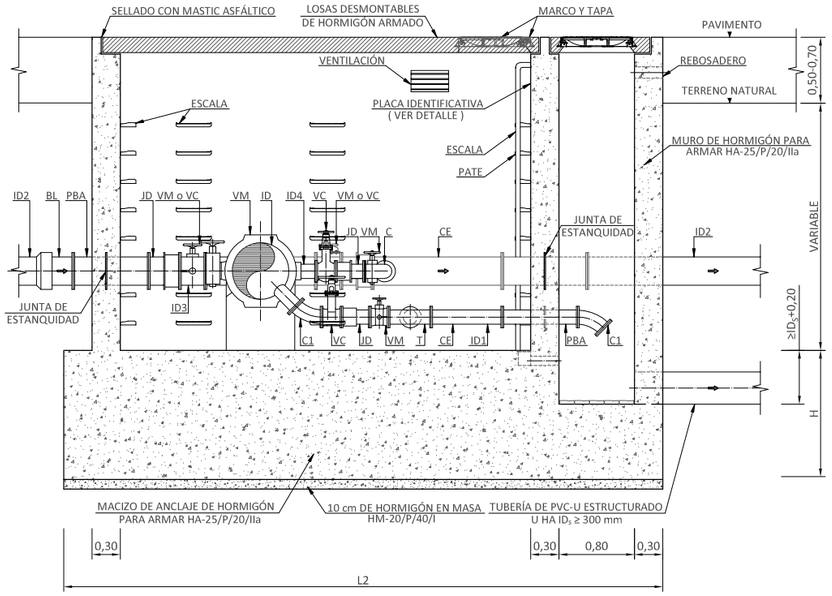
NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO CON DOS DERIVACIONES, VÁLVULA DE AERACIÓN Y DESAGÜE

FECHA:	ESCALAS:	COTAS:	Nº DEL PLANO
JUNIO 2020	S/E	m	13



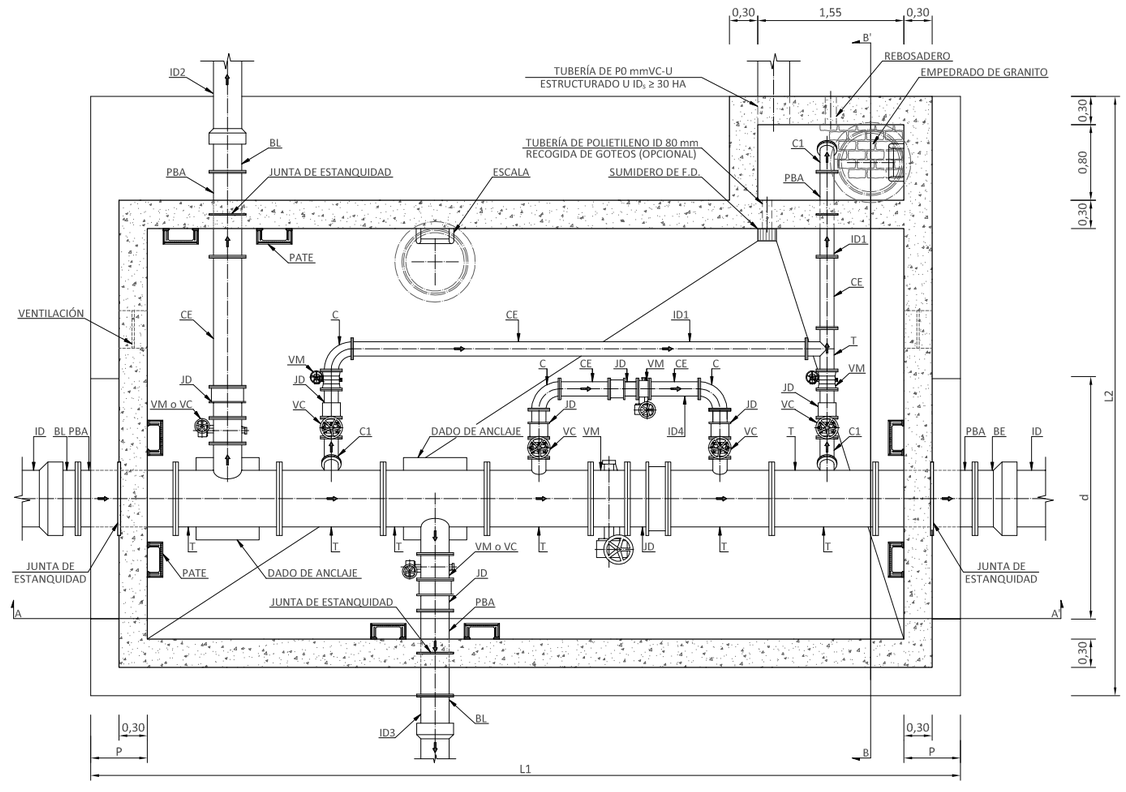
SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'

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 CÁCULO COSIDERADAS 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 CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE AL MACIZO Y DADO DE ANCLAJE, CONFORME AL APARTADO III.7. ANCLAJE DE 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 Ø 12 A 10 cm, CONSIDERANDO: AUSENCIA DE CUALQUIER TIPO DE SOBRECARGAS, NO EXISTENCIA DE AGUA Y PESO ESPECIFICO DEL TERRENO DE 1,8 t/m^3.
5. EL ADJUDICATARIO PRESENTARÁ LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LAS DIMENSIONES EXACTAS Y DEL ARMADO DE ANCLAJE Y MUROS. SE REQUERIRÁ LA APROBACIÓN PREVIA DE LOS SERVICIOS TÉCNICOS DE CANAL DE ISABEL II.
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 ALZADOEN LAS FASES DE HORMIGONADO.
9. LAS CÁMARAS SE IMPERMEABILIZÁN EXTERIORMENTE CON LÁMINAS ASFÁLTICAS Y LÁMINAS DRENANTES.
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 SEGURAS NECESARIAS PARA ACCEDER A LOS DISTINTOS COMPONENTES.
12. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR A 2 m, SE INSTALARÁ UN SISTEMA EXTRAIBLE EN LA CÁMARA DE VÁLVULAS QUE FACILITE EL ACCESO AL REGISTRO.
13. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 3 m, LA ESCALA O ESCALERA DE TIPO BARCO DISPONDRÁ DE PROTECCIÓN CIRCUNDANTE, SIEMPRE Y CUANDO NO DIFICULTE LA EVACUACIÓN Y/O ENTRADA DE MATERIAL.
14. EN LOS REGISTROS Y CÁMARAS CUYO ACCESO EXTERIOR SE ENCUENTREN SOBRE EL NIVEL DEL TERRENO, CON RIESGO DE CAÍDA SUPERIOR A 2 m, SE DEBERÁ HABILITAR ACCESO SEGURO Y PROTEGER ADECUADAMENTE MEDIANTE BARANDILLAS U OTROS SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE SEGURIDAD EQUIVALENTE.



PLANTA
C - C'

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)	ID2 (mm)	ID3 (mm)	ID4 (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	p (m)	s (m)	P_{cal} 1,6 MPa	P_{cal} 2,0 MPa	P_{cal} 2,5 MPa
300	100				0,60	4,25	5,00	12,75	0,75	4,25	5,00	15,94	0,95	4,25	5,00	20,19	0,40	0,75	1,45	1,55	1,70
400	150				0,90	4,75	5,10	21,80	1,15	4,75	5,10	27,86	1,45	4,75	5,10	35,13	0,50	0,85	1,75	1,90	2,05
500	150				1,25	5,40	5,30	35,78	1,50	5,40	5,30	42,93	1,95	5,40	5,30	55,81	0,60	0,95	2,05	2,20	2,35
600	150			200	1,25	7,30	5,65	51,56	1,50	7,30	5,65	61,87	2,10	7,30	5,75	88,15	0,70	1,05	2,30	2,30	2,65
800	200			200	1,95	8,70	6,20	105,18	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	0,90	1,25	2,75	(*)	(*)
1000	200			200	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,10	1,45	(*)	(*)	(*)

CUADRO DE ARMADURAS

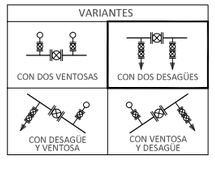
TUBERÍA ID (mm)	P_{cal} 1,6 MPa									P_{cal} 2,0 MPa									P_{cal} 2,5 MPa								
	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	12,06	6	16	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*): EMPUJE DE VALOR A SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

LEYENDA

BL = TERMINAL BRIDA-LISO
T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
CE = CARRETE EMBRIDADO
C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
C1 = CODO DE 1/8 EMBRIDADO
BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

VARIANTES



EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID
2 = TE EMBRIDADA ID/ID1
1 = TE EMBRIDADA ID/ID2
1 = TE EMBRIDADA ID/ID3
2 = TES EMBRIDADA ID/ID4
2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID
1 = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID

RAMAL DE DERIVACIÓN ID1

2 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID1
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID1
2 = CARRETE EMBRIDADO ID1
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID1
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID1
1 = CODO DE 1/4 EMBRIDADOS ID1
3 = CODO DE 1/8 EMBRIDADOS ID1
1 = TE EMBRIDADA ID/ ID1

RAMAL DE DERIVACIÓN ID2

(*) 1 = VÁLVULA DE COMPUERTA o VÁLVULA DE MARIPOSA ID2
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID2
1 = CARRETE EMBRIDADO ID2
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID2
1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID2

RAMAL DE DERIVACIÓN ID3

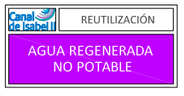
(*) 1 = VÁLVULA DE COMPUERTA o VÁLVULA DE MARIPOSA ID3
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID3
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID3
1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID3

EN BY-PASS ID4 (SOLO PARA ID ≥ 600 mm)

2 = CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID4
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID4
3 = JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID4
2 = CARRETES EMBRIDADOS ID4
1 = VÁLVULAS DE MARIPOSA ID4

(*) PARA DIÁMETRO MENOR DE 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE COMPUERTA.
PARA DIÁMETRO SUPERIOR A 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE MARIPOSA.
PARA DIÁMETRO IGUAL A 300 mm, PUEDE INSTALARSE VÁLVULA DE COMPUERTA O VÁLVULA DE MARIPOSA.

DETALLE DE PLACA IDENTIFICATIVA

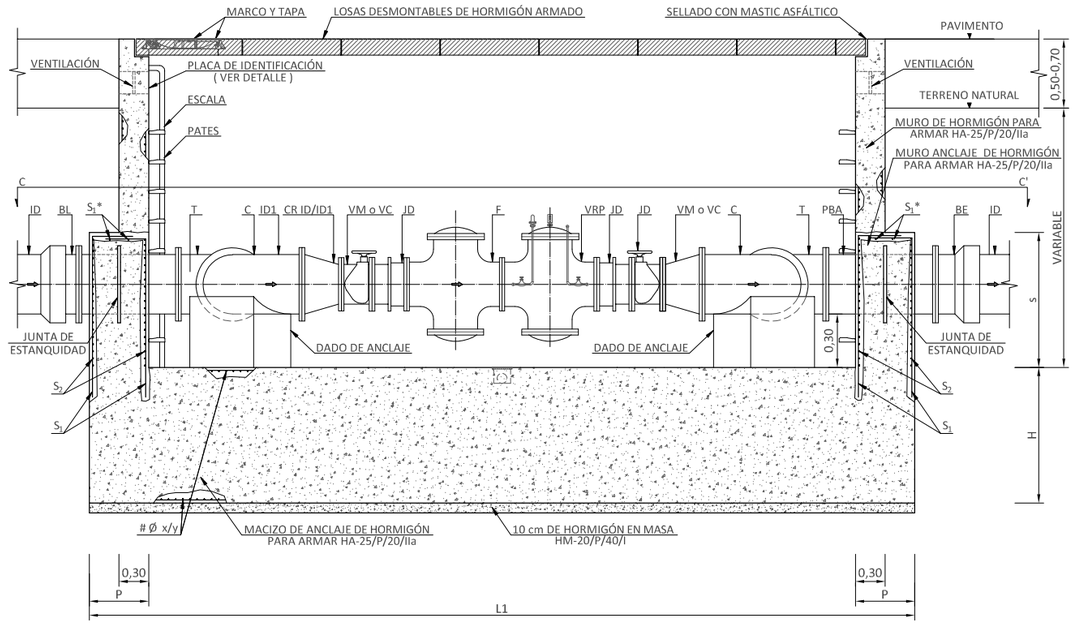


Canal de Isabel II

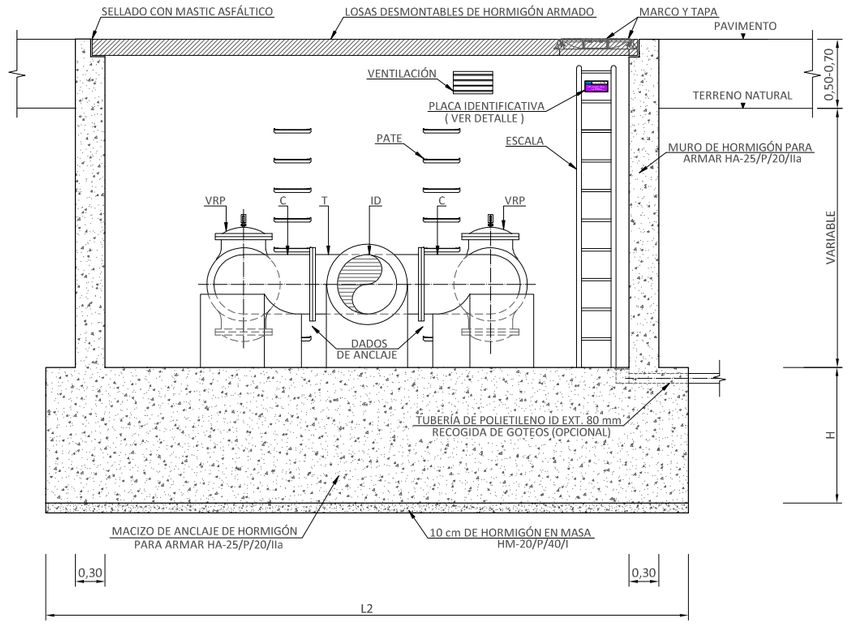
NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO CON DOS DERIVACIONES Y DOS DESAGÜES

FECHA: JUNIO 2020 | ESCALAS: S/E | COTAS: m | Nº DEL PLANO: 14



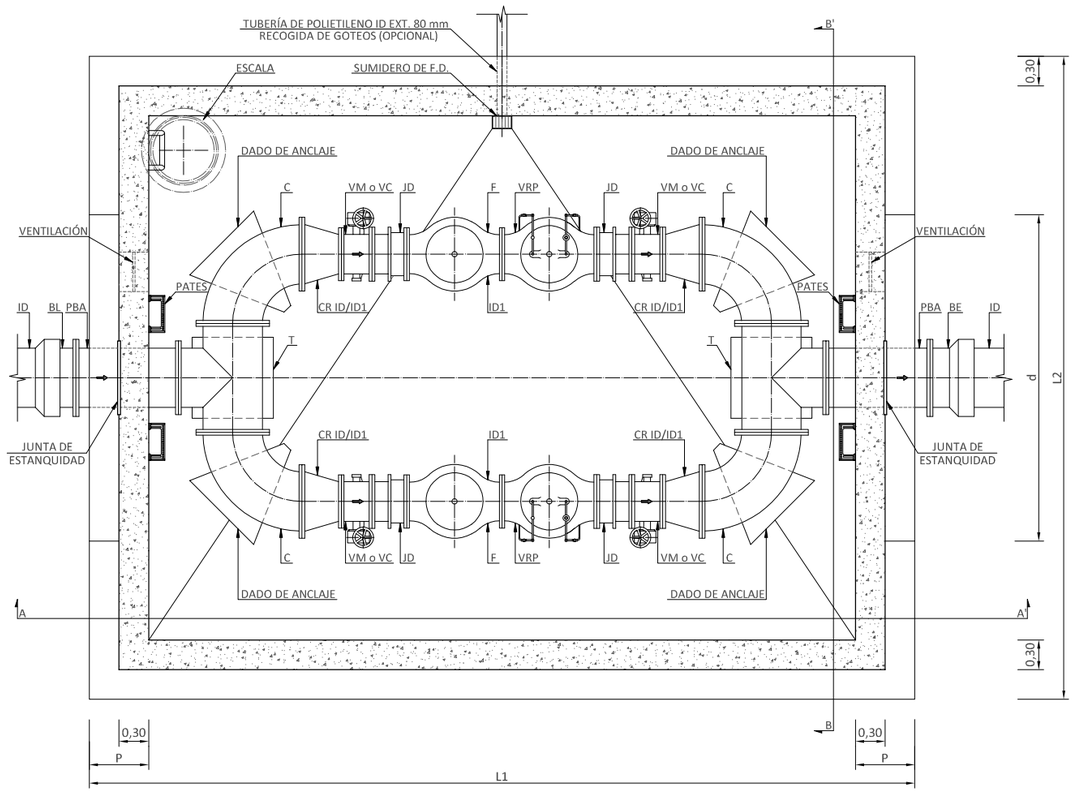
SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'

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 CÁCULO COSIDERADAS 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 CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE AL MACIZO Y DADO DE ANCLAJE, CONFORME AL APARTADO III.7. ANCLAJE DE 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 Ø 12 A 10 cm, CONSIDERANDO: AUSENCIA DE CUALQUIER TIPO DE SOBRECARGAS, NO EXISTENCIA DE AGUA Y PESO ESPECIFICO DEL TERRENO DE 1,8 t/m^3.
5. EL ADJUDICATARIO PRESENTARÁ LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LAS DIMENSIONES EXACTAS Y DEL ARMADO DE ANCLAJE Y MUROS. SE REQUERIRÁ LA APROBACIÓN PREVIA DE LOS SERVICIOS TÉCNICOS DE CANAL DE ISABEL II.
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 ALZADOEN LAS FASES DE HORMIGONADO.
9. LAS CÁMARAS SE IMPERMEABILIZÁN EXTERIORMENTE CON LÁMINAS ASFÁLTICAS Y LÁMINAS DRENANTES.
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 SEGURAS NECESARIAS PARA ACCEDER A LOS DISTINTOS COMPONENTES.
12. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR A 2 m, SE INSTALARÁ UN SISTEMA EXTRAÍBLE EN LA CÁMARA DE VÁLVULAS QUE FACILITE EL ACCESO AL REGISTRO.
13. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 3 m, LA ESCALA O ESCALERA DE TIPO BARCO DISPONDRÁ DE PROTECCIÓN CIRCUNDANTE, SIEMPRE Y CUANDO NO DIFICULTE LA EVACUACIÓN Y/O ENTRADA DE MATERIAL.
14. EN LOS REGISTROS Y CÁMARAS CUYO ACCESO EXTERIOR SE ENCUENTREN SOBRE EL NIVEL DEL TERRENO, CON RIESGO DE CAÍDA SUPERIOR A 2 m, SE DEBERA HABILITAR ACCESO SEGURO Y PROTEGER ADECUADAMENTE MEDIANTE BARANDILLAS U OTROS SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE SEGURIDAD EQUIVALENTE.



PLANTA
C - C'

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)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)			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	(*)	(*)	(*)

DETALLE DE PLACA IDENTIFICATIVA



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*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	12,06	6	16	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*): EMPUJE DE VALOR A SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID
2 = TE EMBRIDADA ID/ID1
2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
4 = CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID1
4 = CONOS DE REDUCCIÓN EMBRIDADOS ID/ID1
2 = FILTROS ID1
(*) 1 = VÁLVULA DE COMPUERTA o VÁLVULA DE MARIPOSA ID1
2 = VÁLVULAS REDUCTORAS DE PRESIÓN ID1
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID
1 = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID

LEYENDA

BL = TERMINAL BRIDA-LISO
T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
VRP = VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN
C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
F = FILTRO
CR = CONO DE REDUCCIÓN
BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

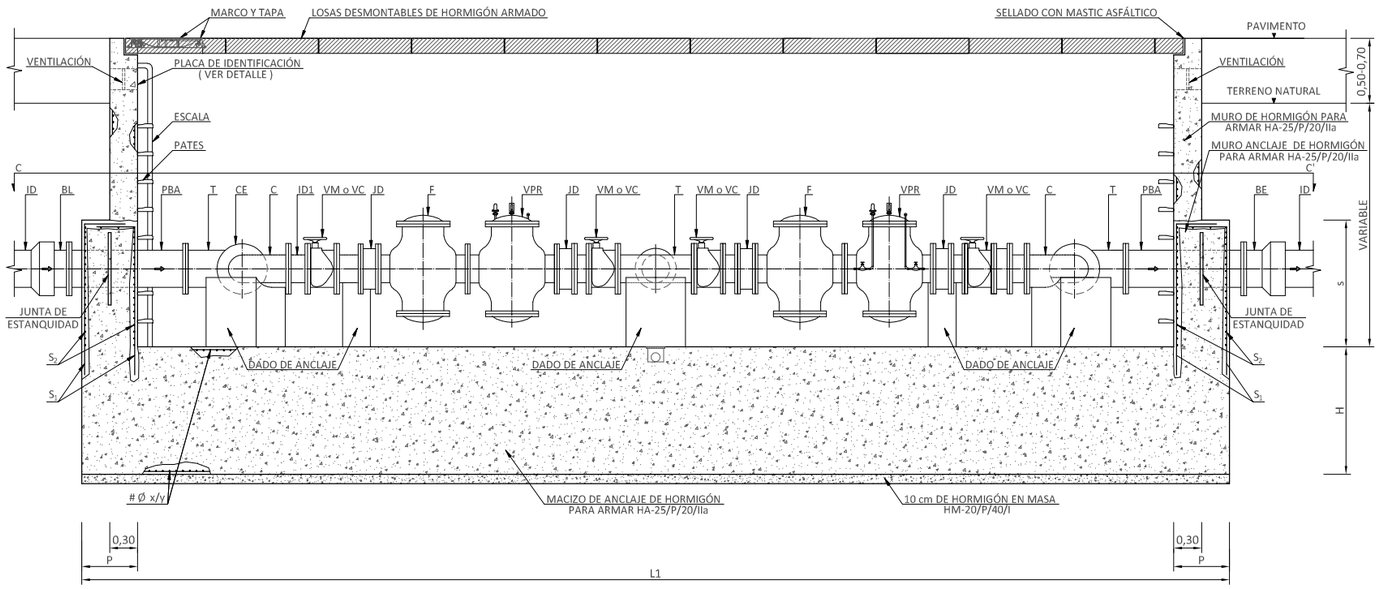
(*) PARA DIÁMETRO MENOR DE 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE COMPUERTA.
PARA DIÁMETRO SUPERIOR A 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE MARIPOSA.
PARA DIÁMETRO IGUAL A 300 mm, PUEDE INSTALARSE VÁLVULA DE COMPUERTA O VÁLVULA DE MARIPOSA.

Canal de Isabel II

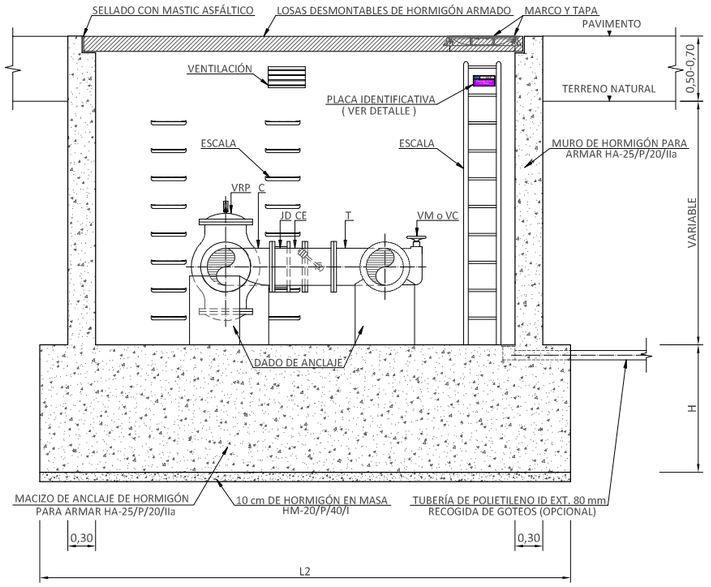
NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO: CÁMARA PARA INSTALACIÓN DE VÁLVULAS REGULADORAS DE PRESIÓN, DISPOSICIÓN EN PARALELO

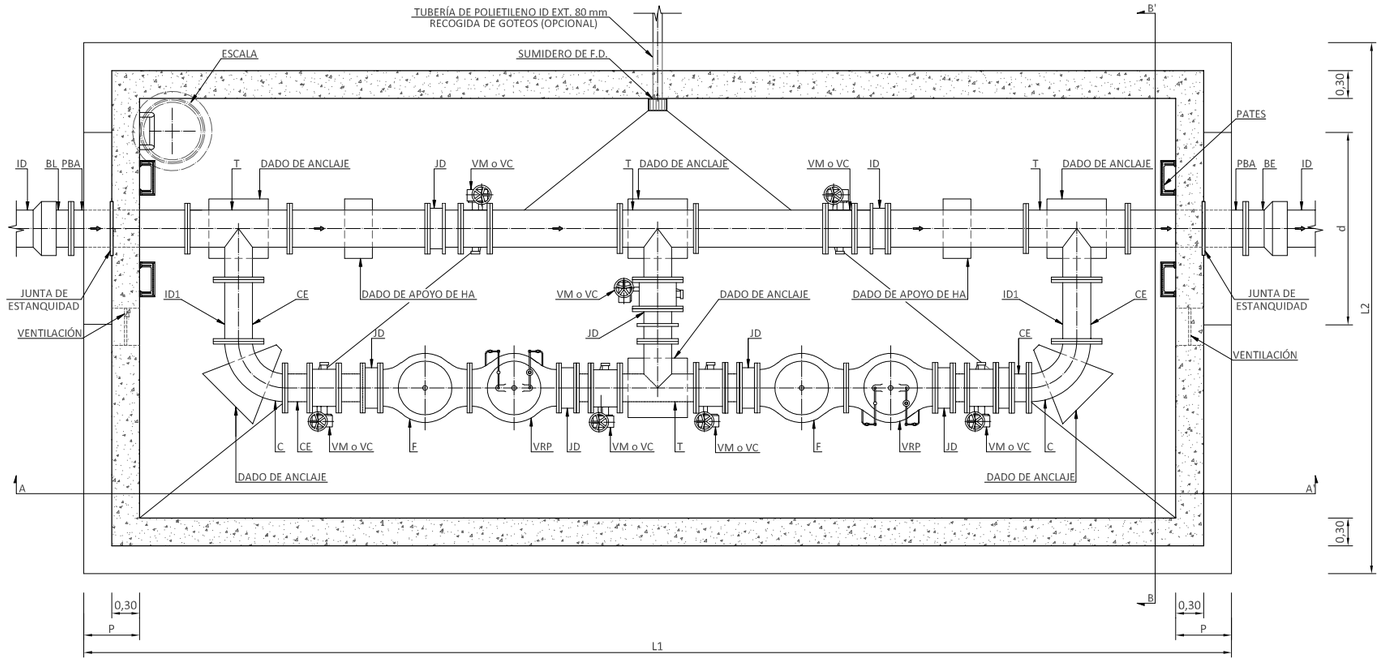
FECHA: JUNIO 2020 | ESCALAS: S/E | COTAS: m | Nº DEL PLANO: 15



SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'



PLANTA
C - C'

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)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)			P_{cal} 1,6 MPa	P_{cal} 2,0 MPa	P_{cal} 2,5 MPa
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	1,55	1,70
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	1,90	2,05
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	2,20	2,35
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	2,30	2,65
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*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	12,06	6	16	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*): EMPUJE DE VALOR A 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 CÁCULO COSIDERADAS 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 CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE AL MACIZO Y DADO DE ANCLAJE, CONFORME AL APARTADO III.7. ANCLAJE DE 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 Ø 12 A 10 cm, CONSIDERANDO: AUSENCIA DE CUALQUIER TIPO DE SOBRECARGAS, NO EXISTENCIA DE AGUA Y PESO ESPECIFICO DEL TERRENO DE 1,8 t/m^3.
5. EL ADJUDICATARIO PRESENTARÁ LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LAS DIMENSIONES EXACTAS Y DEL ARMADO DE ANCLAJE Y MUROS. SE REQUERIRÁ LA APROBACIÓN PREVIA DE LOS SERVICIOS TÉCNICOS DE CANAL DE ISABEL II.
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 ALZADOEN LAS FASES DE HORMIGONADO.
9. LAS CÁMARAS SE IMPERMEABILIZÁN EXTERIORMENTE CON LÁMINAS ASFÁLTICAS Y LÁMINAS DRENANTES.
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 SEGURAS NECESARIAS PARA ACCEDER A LOS DISTINTOS COMPONENTES.
12. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR A 2 m, SE INSTALARÁ UN SISTEMA EXTRAÍBLE EN LA CÁMARA DE VÁLVULAS QUE FACILITE EL ACCESO AL REGISTRO.
13. PARA REGISTROS CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 3 m, LA ESCALA O ESCALERA DE TIPO BARCO DISPONDRÁ DE PROTECCIÓN CIRCUNDANTE, SIEMPRE Y CUANDO NO DIFICULTE LA EVACUACIÓN Y/O ENTRADA DE MATERIAL.
14. EN LOS REGISTROS Y CÁMARAS CUYO ACCESO EXTERIOR SE ENCUENTREN SOBRE EL NIVEL DEL TERRENO, CON RIESGO DE CAÍDA SUPERIOR A 2 m, SE DEBERÁ HABILITAR ACCESO SEGURO Y PROTEGER ADECUADAMENTE MEDIANTE BARANDILLAS U OTROS SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE SEGURIDAD EQUIVALENTE.

LEYENDA

BL = TERMINAL BRIDA-LISO
T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
VRP = VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN
C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
F = FILTRO
CE = CARRETE EMBRIDADO
BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID
3 = TE EMBRIDADA ID/ID1
2 = JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID
2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
2 = CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID1
4 = CARRETES EMBRIDADOS ID1
2 = FILTROS ID1
(*) 2 = VÁLVULA DE COMPUERTA o VÁLVULA DE MARIPOSA ID
(*) 5 = VÁLVULA DE COMPUERTA o VÁLVULA DE MARIPOSA ID1
2 = VÁLVULAS REDUCTORAS DE PRESIÓN ID1
5 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID
1 = TE EMBRIDADA ID1/ID1
1 = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID

(*) PARA DIÁMETRO MENOR DE 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE COMPUERTA.
PARA DIÁMETRO SUPERIOR A 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE MARIPOSA.
PARA DIÁMETRO IGUAL A 300 mm, PUEDE INSTALARSE VÁLVULA DE COMPUERTA O VÁLVULA DE MARIPOSA.

DETALLE DE PLACA IDENTIFICATIVA

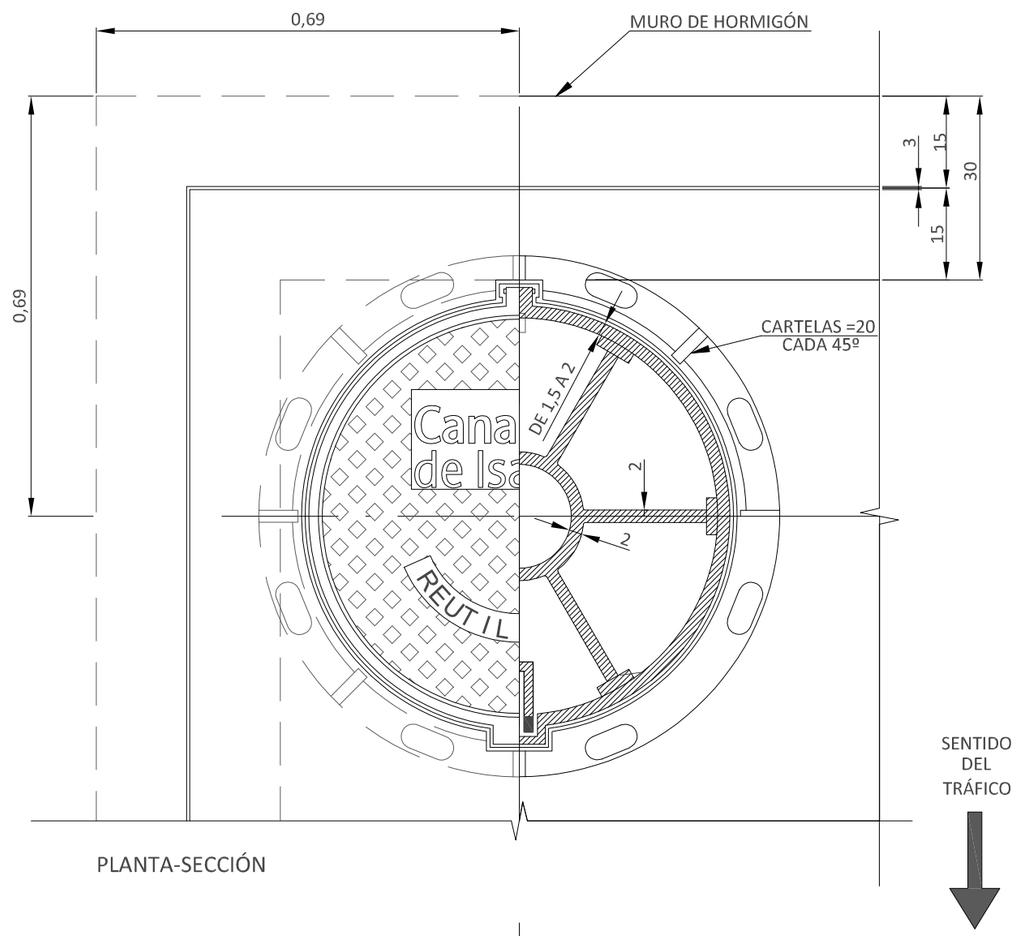
Canal de Isabel II
REUTILIZACIÓN
AGUA REGENERADA NO POTABLE

Canal de Isabel II

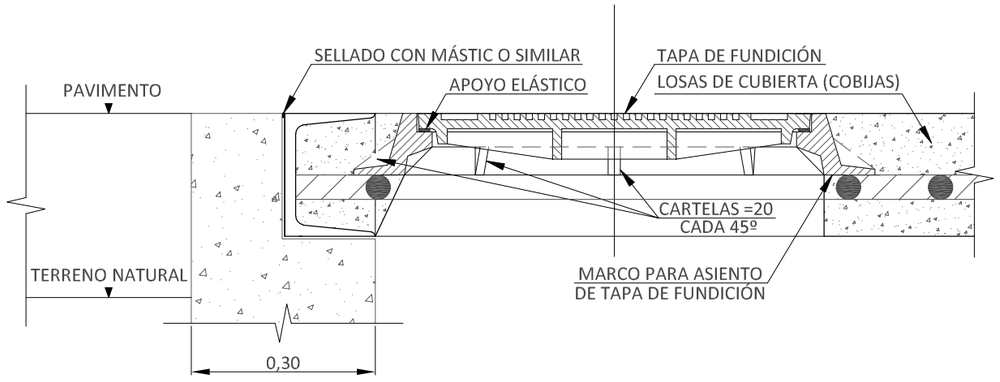
NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO: CÁMARA PARA INSTALACIÓN DE VÁLVULAS REGULADORAS DE PRESIÓN , DISPOSICIÓN MIXTA SERIE/PARALELO

FECHA: JUNIO 2020
ESCALAS: S/E
COTAS: m
Nº DEL PLANO: 16



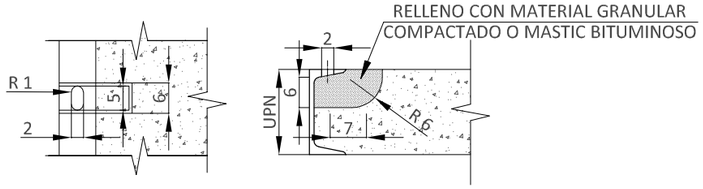
PLANTA-SECCIÓN



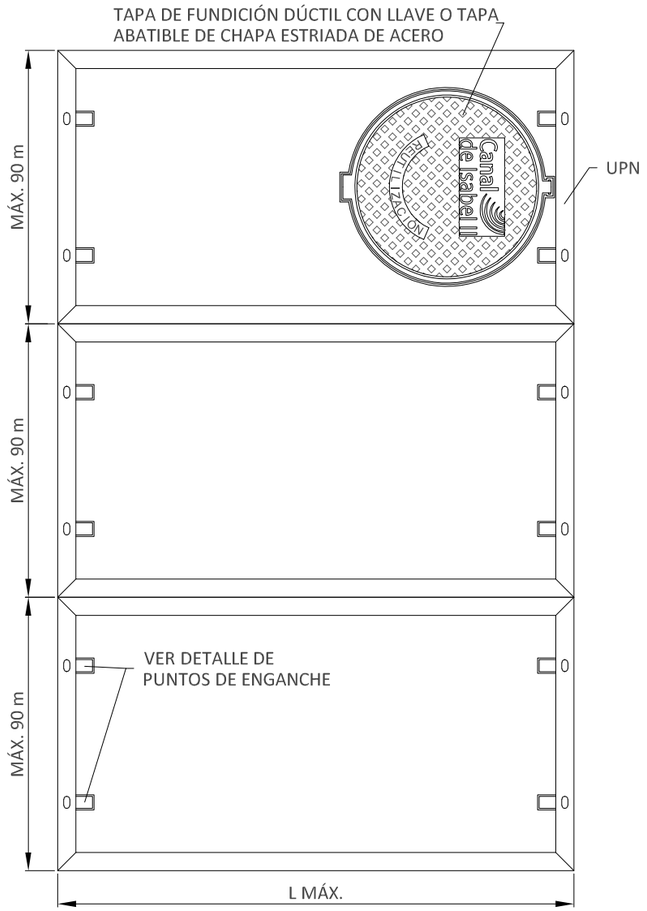
ALZADO-SECCIÓN

DIMENSIONAMIENTO DE TAPAS

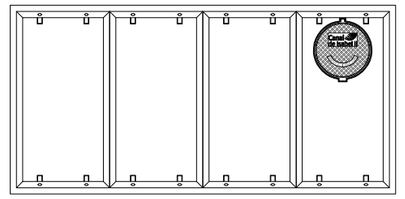
CLASE	B-125	C-250	D-400
CARGA DE CONTROL	125 KN	250 KN	400 KN



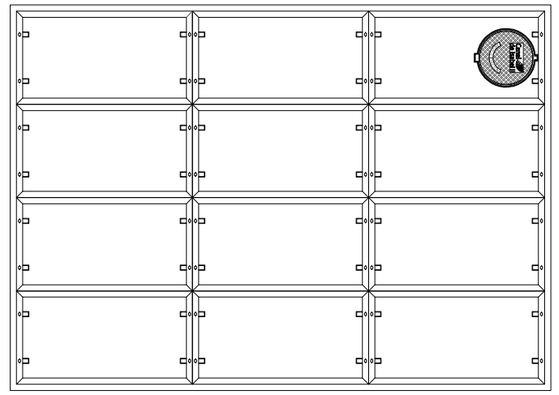
DETALLE ENGANCHE



PLANTA



ANCHO DE CÁMARA ≤ LONGITUD MÁXIMA LOSA



ANCHO DE CÁMARA > LONGITUD MÁXIMA Llosa

ESQUEMA DISPOSICIÓN LOSAS

DIMENSIONAMIENTO LOSAS DE CUBIERTA

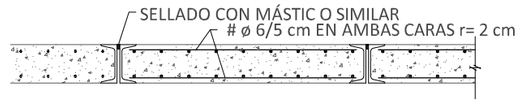
ANCHURA DE LOSA: A ≤ 0,90m

MARCO UPN	LONGITUD MÁXIMA LMÁX (m)				
	PEATONAL q(kp/m2) 500	LIGERO EJE (t) 3,5	MEDIO EJE (t) 7	PESADO EJE (t) 13	MÁXIMO EJE (t) 20
120	1,8	X	X	X	X
140	2,2	X	X	X	X
160	2,4	1,8	X	X	X
180	2,8	2,2	X	X	X
200	3	2,4	1,8	X	X
220	3,4	2,8	2,2	X	X
240	3,6	3,2	2,6	2	X
260	4	3,6	2,8	2,2	1,8
280	4,2	4	3,2	2,6	2
300	4,4	4,2	3,6	2,8	2,4

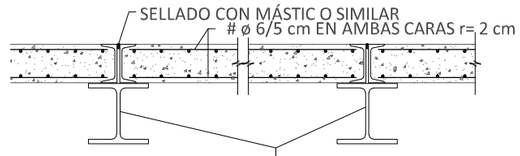
ARMADO DE LOSAS DE CUBIERTA

ARMADURAS: MALLA DE 10x10

MARCO UPN	ARMADURA SIMÉTRICA AMBAS CARAS: o T (mm)				
	PEATONAL q(kp/m2) 500	LIGERO EJE (t) 3,5	MEDIO EJE (t) 7	PESADO EJE (t) 13	MÁXIMO EJE (t) 20
120	8	X	X	X	X
140	8	X	X	X	X
160	10	10	X	X	X
180	10	10	X	X	X
200	10	10	10	X	X
220	12	12	12	X	X
240	12	12	12	12	X
260	12	12	12	12	12
280	12	12	12	12	12
300	14	14	14	14	14



SECCIÓN A-A'



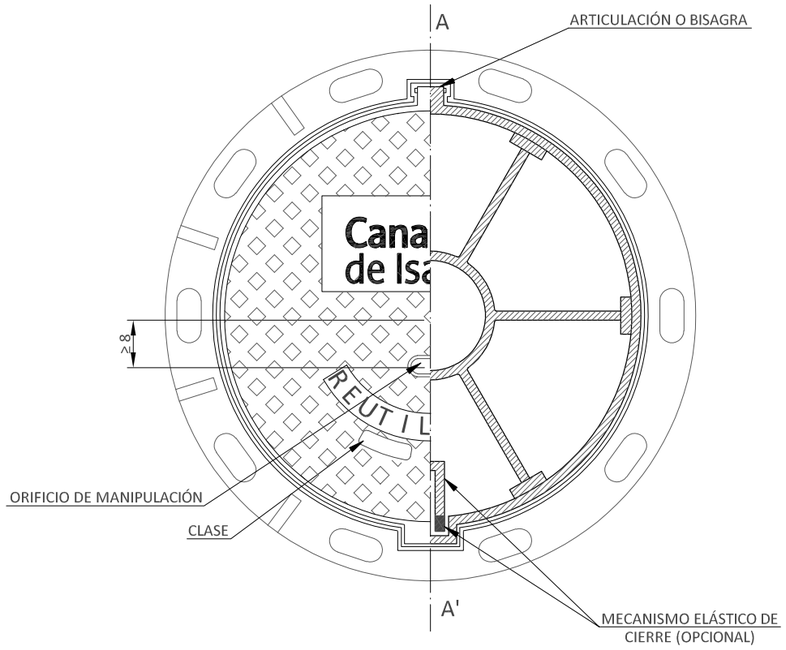
SECCIÓN B-B'

Canal de Isabel II

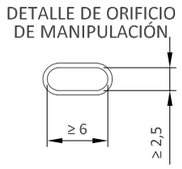
NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO:
DISPOSITIVOS DE CIERRE DE REGISTROS Y CÁMARAS. COBIJAS

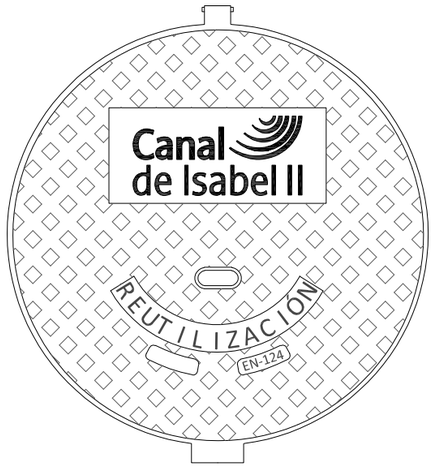
FECHA: JUNIO 2020 | ESCALAS: S/E | COTAS: | Nº DEL PLANO: 17



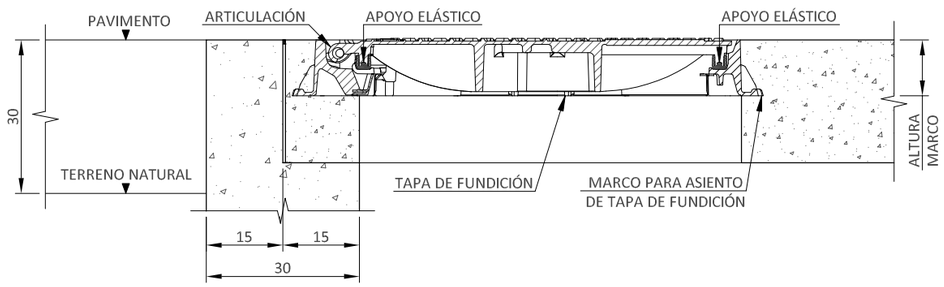
PLANTA-SECCIÓN. TAPA DE FUNDICIÓN



SENTIDO DEL TRÁFICO



PLANTA.TAPA DE FUNDICIÓN



ALZADO-SECCIÓN. TAPA DE FUNDICIÓN

CLASIFICACIÓN DE TAPAS. UNE-EN 124 -1: 2015

CLASE	A-15	B-125	C-250	D-400	E-600	F-900
CARGA DE ENSAYO (F_T)	15 KN	125 KN	250 KN	400 KN	600 KN	900 KN

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.
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.

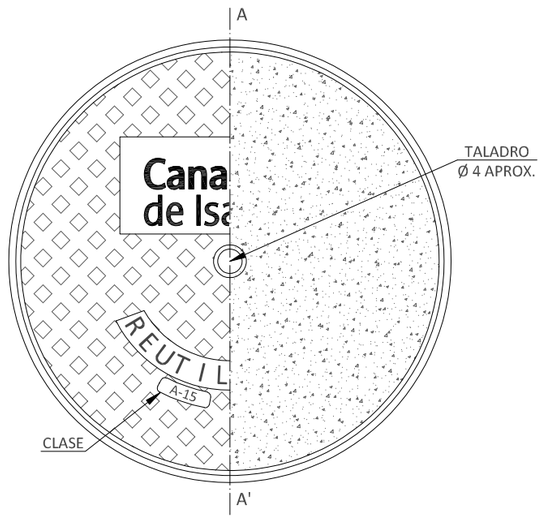
Canal de Isabel II

NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

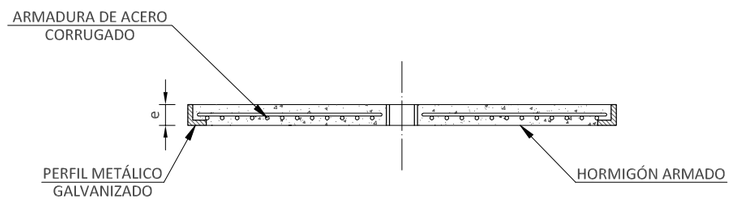
TITULO DEL PLANO: DISPOSITIVOS DE CIERRE EN REGISTROS Y CÁMARAS
TAPA Y MARCO DE FUNDICIÓN DÚCTIL

FECHA:	ESCALAS:	COTAS:	Nº DEL PLANO
JUNIO 2020	S/E	cm	18.1

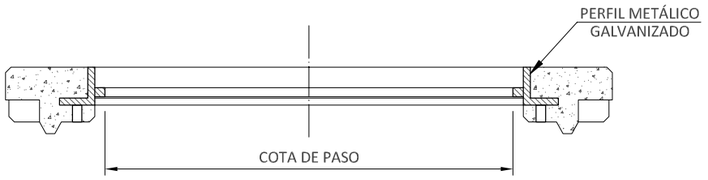
CLASE A-15



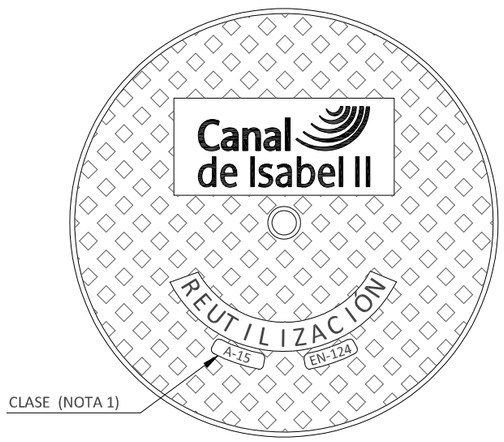
PLANTA - SECCIÓN



TAPA - SECCIÓN A - A'

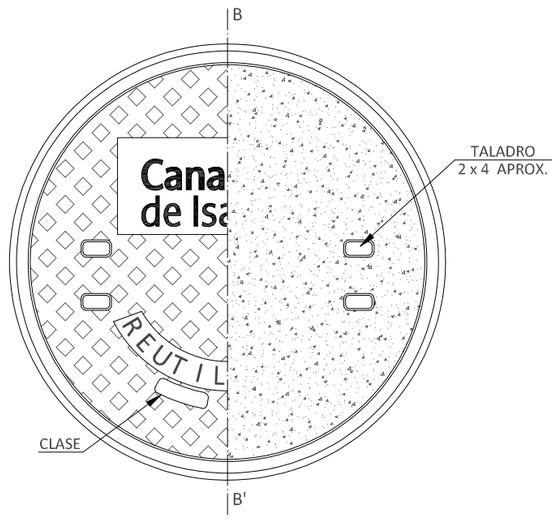


MARCO - SECCIÓN A - A'

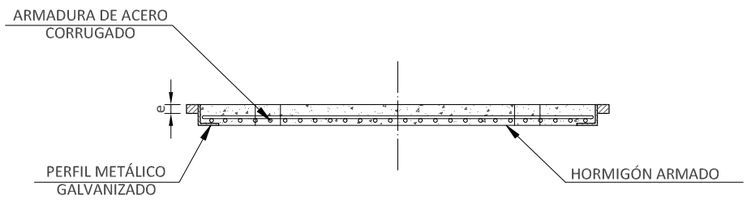


NOTA 1: CLASE A-15

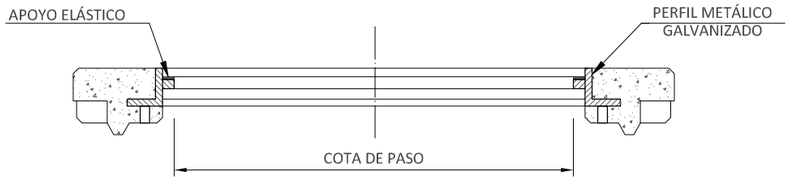
CLASE B-125, C-250, D-400



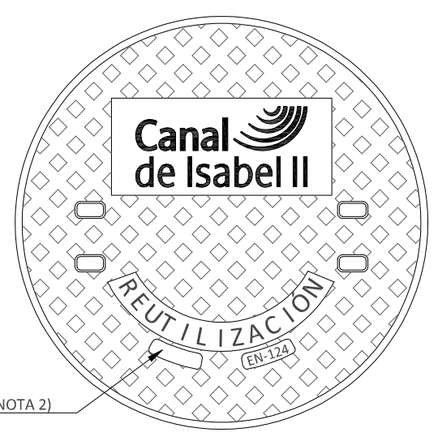
PLANTA - SECCIÓN



TAPA - SECCIÓN B - B'



MARCO - SECCIÓN B - B'



NOTA 2: CLASE B-125, C-250, D-400

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.
2. EL DISEÑO DE LA TAPA Y EL MARCO ES ORIENTATIVO Y DEBERÁ SER APROBADO POR LOS SERVICIOS TÉCNICOS DE CANAL DE ISABEL II.

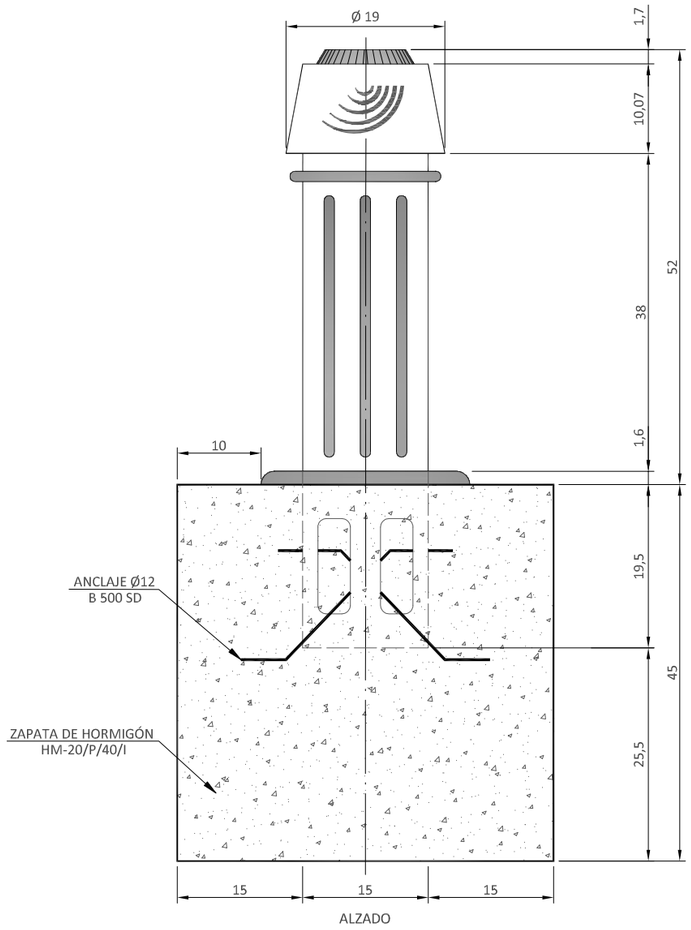
Canal de Isabel II

NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

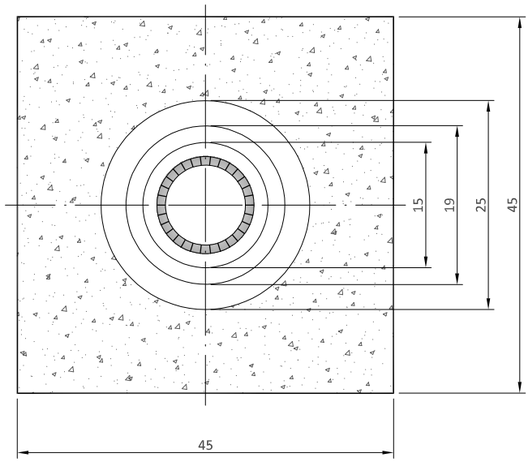
TITULO DEL PLANO: DISPOSITIVOS DE CIERRE EN REGISTROS Y CÁMARAS
TAPA Y MARCO MIXTOS

FECHA:	ESCALAS:	COTAS:	Nº DEL PLANO
JUNIO 2020	S/E	cm	18.2

HITO DE FUNDICIÓN

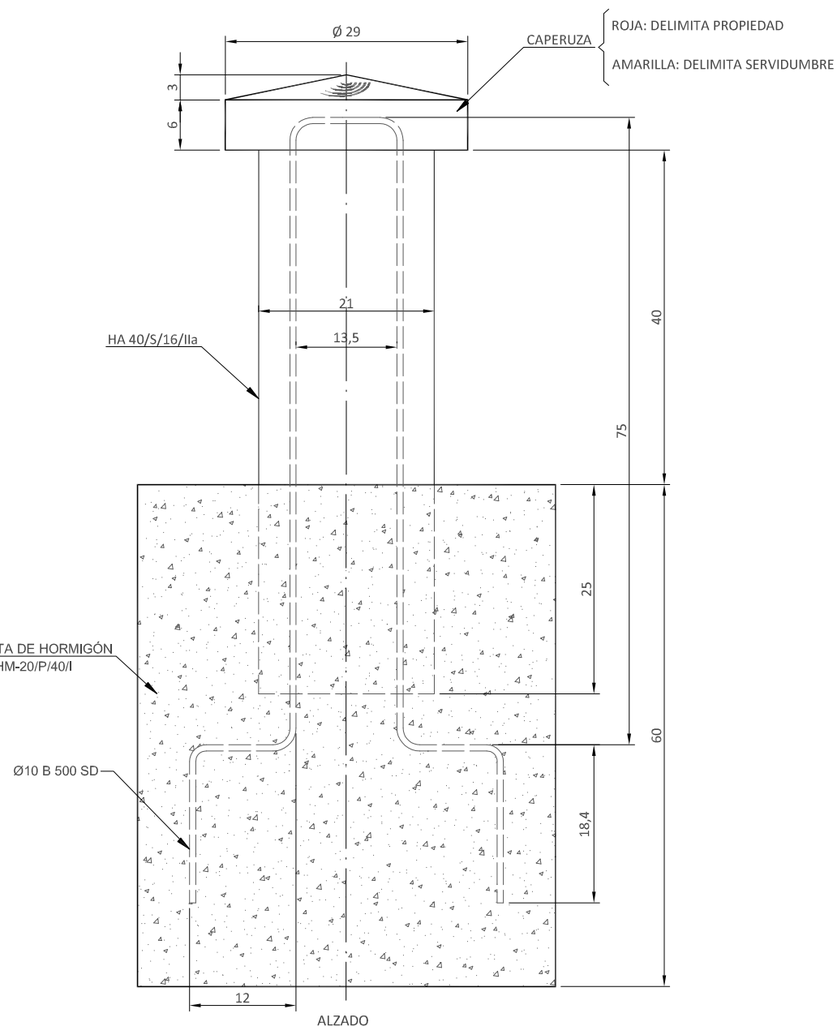


ALZADO

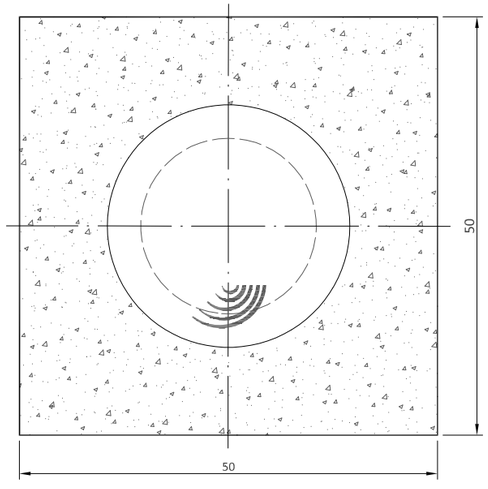


PLANTA

HITO DE HORMIGÓN ARMADO



ALZADO



PLANTA

Canal de Isabel II

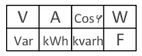
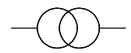
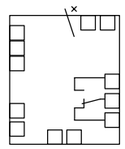
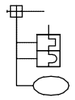
NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO:
HITOS DE SEÑALIZACIÓN

FECHA:	ESCALAS:	COTAS:	Nº DEL PLANO
JUNIO 2020	S/E	cm	19

LEYENDA

SIMBOLOGÍA ACORDE A LAS NORMAS UNE EN 60617/IEC 60617

	ELEMENTO MOTORIZADO		TRANSFORMADOR INTENSIDAD		CONEXIÓN ENCHUFABLE/EXTRAIBLE		PUESTA A TIERRA
	ENCLAVAMIENTO MECÁNICO		BOBINA RELE, BOBINA CONTACTOR		RELE TERMICO		INTERRUPTOR MAGNÉTICO
	ENCLAVAMIENTO POR CERRADURA		INDUCTANCIA		TOMA DE CORRIENTE		INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO
	EQUIPO DE MEDIDA ANALIZADOR DE REDES		SECCIONADOR		CLAVIJA CONEXIÓN		FUSIBLE
	CONDENSADOR		SECCIONADOR CON PORTAFUSIBLES		DESCARGADOR SOBRETENSIONES, AUTOVÁLVULA		TRANFORMADOR TENSIÓN / POTENCIA
	BORNA CONEXIÓN		CONTACTOR		ARRANCADOR REGULADOR POR TIRISTORES, CONVERTIDORES DE FRECUENCIA, VARIADORES DE VELOCIDAD.		RELÉ GENÉRICO (Representación Multifilar)
	MOTOR SERIE TRIFÁSICO		INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO DIFERENCIAL				
	SÍMBOLO DE UNIÓN						

FUNCIÓN ELEMENTOS:

1KM. MARCHA CONTACTOR DE LINEA/GRUPO
2KM. MARCHA CONTACTOR CALDEO
3KA. ORDEN DE MARCHA
3KM. MARCHA CONTACTOR BY PASS
4KA. SEGURIDAD DE EMERGENCIA
5KA. DEFECTO ELÉCTRICO
5.1KA. DEFECTO MÉCANICO
6KA. POSICIÓN LOCAL BOTONERA
6.1KA. MARCHA LOCAL
7KM. POSICIÓN LOCAL CCM
7.1KM. MARCHA LOCAL CCM
8KA. POSICIÓN REMOTO
9KA. MODO EMERGENCIA
12KA.
13KA.
14KM.
15KM. ALARMA INUNDACIÓN
16KA: CONFIRMACIÓN MARCHA ACCIONAMIENTO
17KA: SOLICITUD DE MARCHA
19KA: MARCHA BY PASS
20KA: CONFIRMACIÓN MARCHA AE/VF
25KA: CONTACTO SETA PARADA GENERAL

FUNCIÓN ELEMENTOS:

S1: PULSADOR DE MARCHA
S2: PULSADOR DE PARO
S3: PULSADOR BORRADO DEFECTO INDIVIDUAL
S4: PULSADOR BORRADO DEFECTOS DE SISTEMA
S5: SELECTOR VASO DEPOSITO
S6: PULSADOR PRUEBALÁMPARAS
S7: PULSADOR SUBIR VELOCIDAD
S8: PULSADOR BAJAR VELOCIDAD
S9: SELECTOR MODO EMERGENCIA EN AE

TIPO DE CABLES:

A: DISTRIBUCIÓN
CABLE RMV-0,6/1KV
B: FUERZA
CABLE APANTALLADO R0V-0,6/1KV
D: FUERZA
CABLE RV-0,6/1KV
M: CONTROL
CABLE APANTALLADO V0V-0,6/1KV
X: SEGURIDAD INTRÍNSECA

FUNCIÓN PROTECCIONES:

1Qx: PROTECCIÓN GENERAL
2Qx: PROTECCIÓN MANIOBRA
3Qx: PROTECCIÓN MANDO
4Qx: PROTECCIÓN TRANSFORMACIÓN
5Qx: PROTECCIÓN AUXILIARES

1F: PROTECCIÓN TÉRMICA
2F: LIMITADOR DE PAR
3F: VIGILANTE DE TENSIÓN

6F: PROTECCIÓN DIFERENCIAL

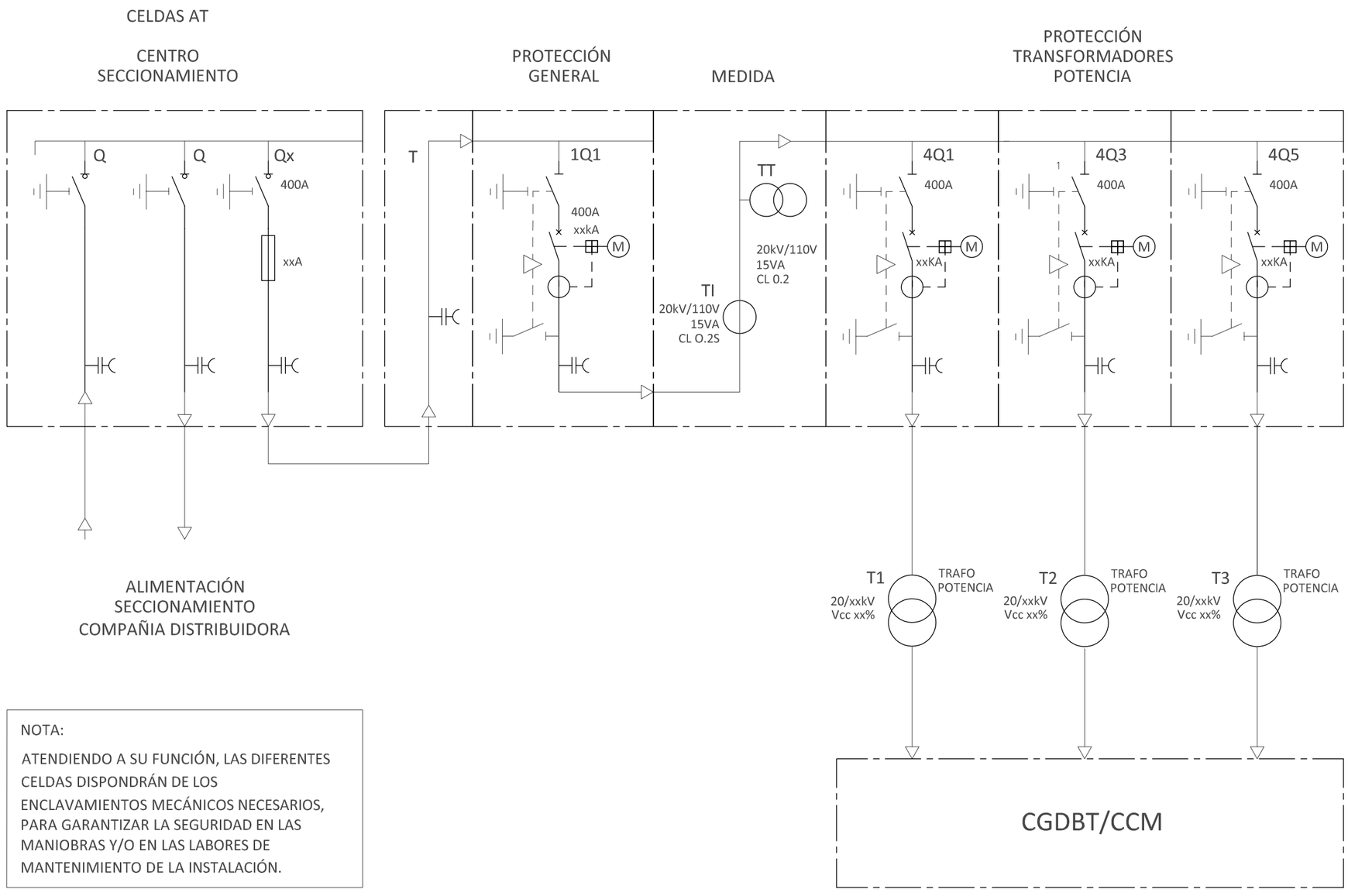
11F: RELÉ PTC
10F: RELÉ SONDA HUMEDAD
20F: RELÉ VIBRACIONES

Canal de Isabel II

NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ESQUEMAS ELÉCTRICOS TIPO

TITULO DEL PLANO: LEYENDA. SIMBOLOGÍA ACORDE A UNE EN 60617. CODIFICACIÓN NOMENCLATURA

FECHA:	ESCALAS:	COTAS:	Nº DEL PLANO
JUNIO 2020	S/E	S/E	20



ALIMENTACIÓN
SECCIONAMIENTO
COMPAÑIA DISTRIBUIDORA

NOTA:

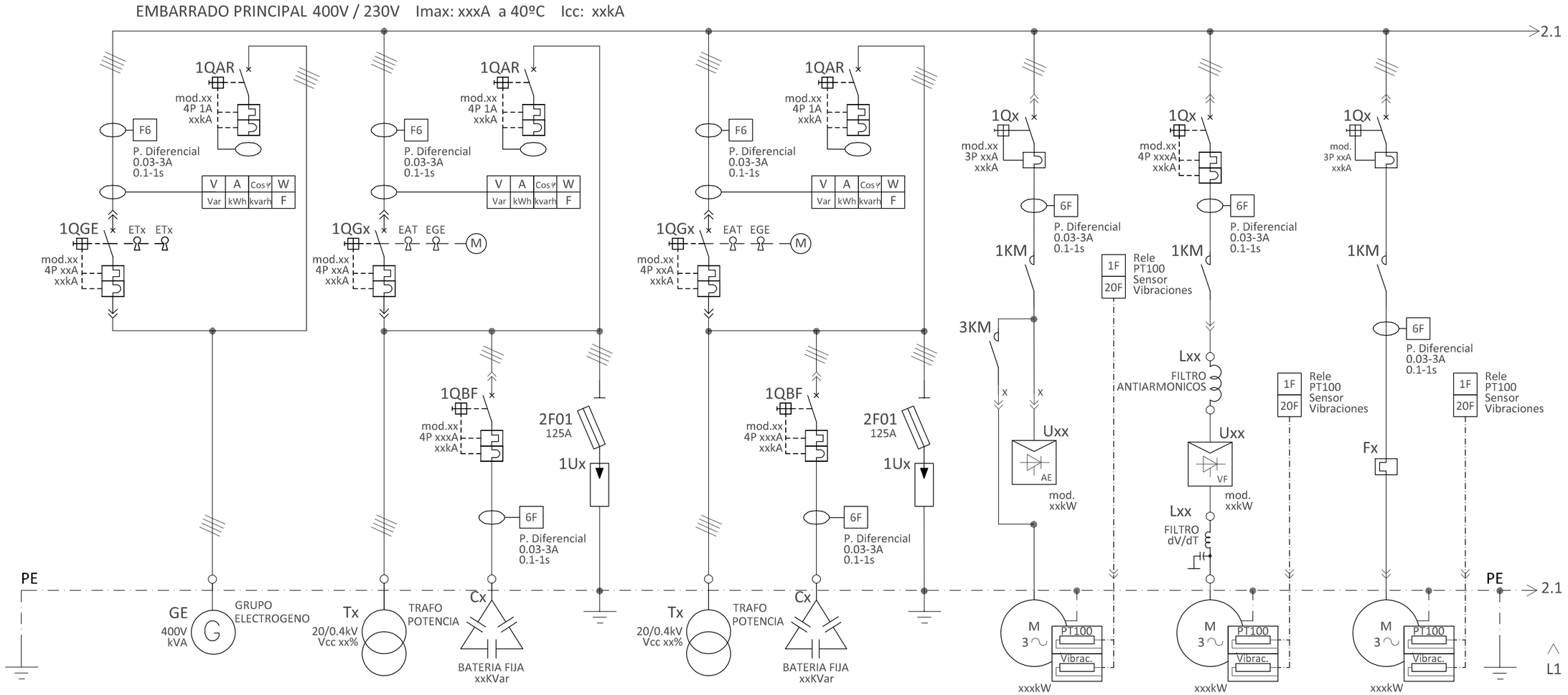
ATENDIENDO A SU FUNCIÓN, LAS DIFERENTES CELDAS DISPONDRÁN DE LOS ENCLAVAMIENTOS MECÁNICOS NECESARIOS, PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD EN LAS MANIOBRAS Y/O EN LAS LABORES DE MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN.

Canal de Isabel II

NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ESQUEMAS ELÉCTRICOS TIPO

TITULO DEL PLANO:
CIRCUITO UNIFILAR MOTORES. AT DISTRIBUCIÓN DE CELDAS AT

FECHA:	ESCALAS:	COTAS:	Nº DEL PLANO
JUNIO 2020	S/E	S/E	21



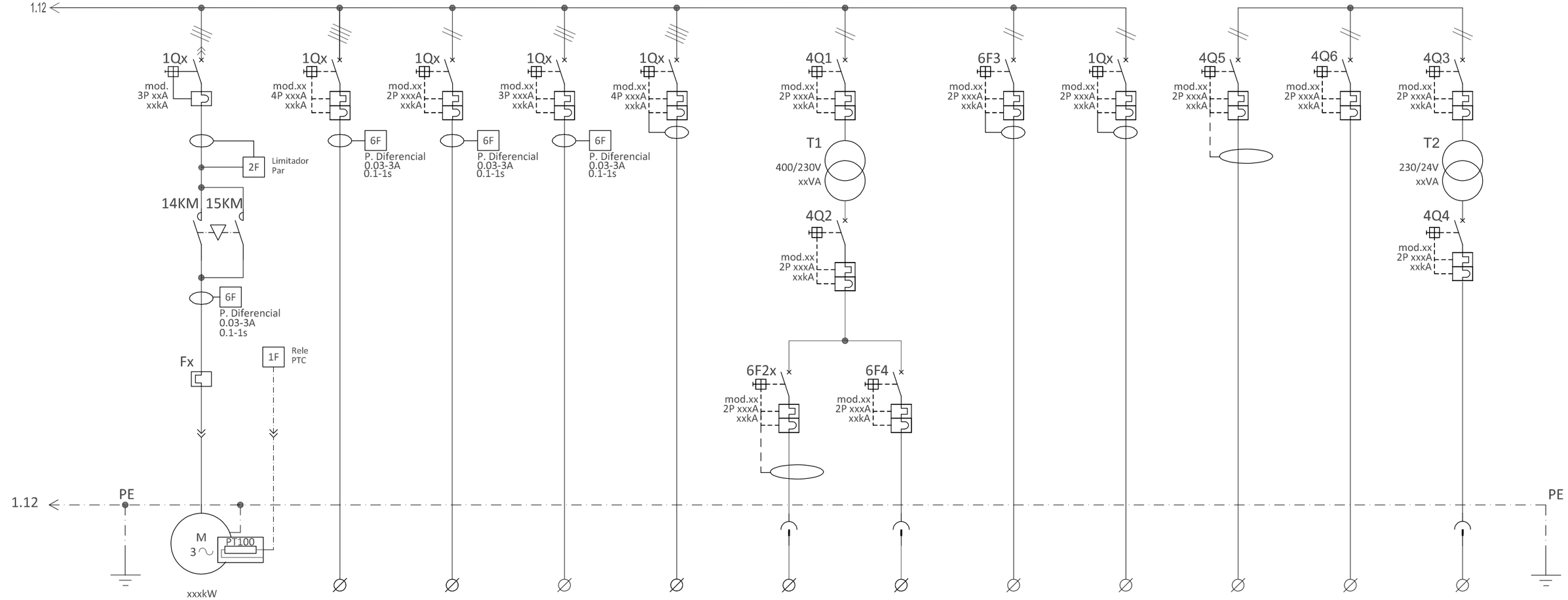
CIRCUITO										
SERVICIO		ACOMETIDA G. ELECTROGENO	ACOMETIDA TRAFOx	BATERIA FIJA CONDESADORES	PROTECCIÓN SOBRETENSIÓN	ACOMETIDA TRAFOx	BATERIA FIJA CONDESADORES	PROTECCIÓN SOBRETENSIÓN	SALIDA MOTOR	SALIDA MOTOR	SALIDA MOTOR
NOMBRE DE EQUIPO				XXXXXX	XXXXXX		XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX
POTENCIA NOMINAL (kW)			xxkW	xx kVA	xxkW				xxkW	xxkW	xxkW
TENSION NOMINAL (V)											
INTENSIDAD NOMINAL (A)											
ESQUEMA TIPO		M.ACOMETIDA	M.ACOMETIDA			M.ACOMETIDA			A. ESTÁTICO	VARIADOR F.	A.DIRECTO
CABLE	TIPO	RV 0.6/1KV	RV 0.6/1KV	RV 0.6/1KV	RV 0.6/1KV	RV 0.6/1KV	RV 0.6/1KV	RV 0.6/1KV	RV 0.6/1KV	RV 0.6/1KV	RV 0.6/1KV
	SECCION (mm2)										
	LONGITUD (m)										
	INT. MAX. CABLE (A)										
	C. de T. %										
	NOMBRE DEL CABLE	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX

Canal de Isabel II

NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ESQUEMAS ELÉCTRICOS TIPO

TITULO DEL PLANO: CGDBT/CCM. UNIFILAR P < 400kW

FECHA: JUNIO 2020 | ESCALAS: S/E | COTAS: S/E | Nº DEL PLANO: 22.1



CIRCUITO													
SERVICIO		SALIDA MOTOR	SALIDA C.G.ALUMBRADO	SALIDA C.LOCAL	BAT.AUTOMAT. CONDESADORES	SALIDA RESERVA	C. MANIOBRA COLUMNA xx	C. MANIOBRA SERV. AUX.	ALIMENTACIÓN SAI	SALIDA C.CONTROL (PLC)	ENTRADA TENSION SEGURA	TENSION SEG. C.CONTROL (PLC)	CIRCUITO MANDO 24V
NOMBRE DE EQUIPO					xxxxxxxx		XXXXXX	XXXXXX	xxxxxxxx	xxxxxxxxx	xxxxxxxxx	xxxxxxxxx	XXXXXX
POTENCIA NOMINAL (kW)		xxkW											
TENSION NOMINAL (V)			400/230V	230V	400V	400/230V	230VAC	230VAC	230V	230V	230V	230V	230V
INTENSIDAD NOMINAL (A)													
ESQUEMA TIPO		INVERSO											
CABLE	TIPO	RV 0.6/1KV	RV 0.6/1KV	RV 0.6/1KV	RV 0.6/1KV	RV 0.6/1KV	RV 0.6/1KV	RV 0.6/1KV	RV 0.6/1KV	RV 0.6/1KV	RV 0.6/1KV	RV 0.6/1KV	RV 0.6/1KV
	SECCION (mm2)												
	LONGITUD (m)												
	INT. MAX. CABLE (A)												
	C. de T. %												
	NOMBRE DEL CABLE		XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX

Canal de Isabel II

NORMAS PARA REDES DE REUTILIZACIÓN. VERSIÓN 2.
ANEXO 5. PLANOS. ESQUEMAS ELÉCTRICOS TIPO

TITULO DEL PLANO: CGDBT/CCM. UNIFILAR P < 400kW

FECHA: JUNIO 2020 | ESCALAS: S/E | COTAS: S/E | Nº DEL PLANO: 22.2

Canal de Isabel II

Santa Engracia, 125. 28003 Madrid
www.canaldeisabelsegunda.es