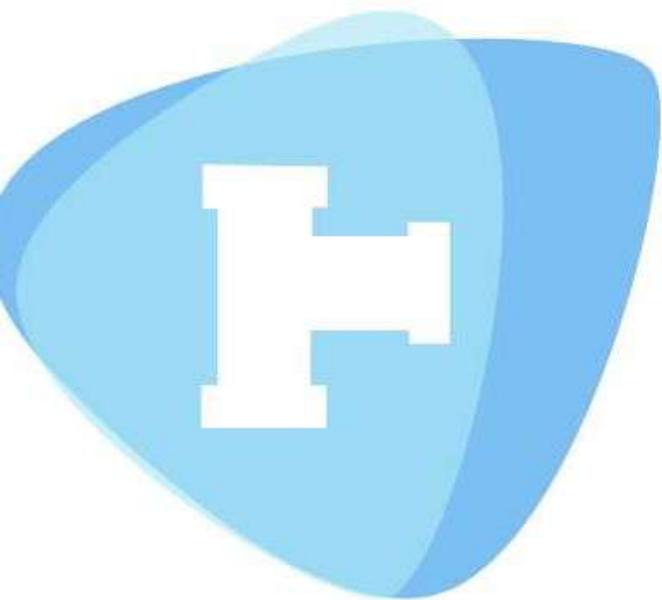


Presentación



curso sobre
diseño e
instalación
de **tuberías**

**Publicación conmemorativa 20
aniversario**

2001 - 2020

Presentación

El Curso sobre Diseño de Tuberías es una iniciativa formativa en materia de conducciones para el transporte de agua de la que se han celebrado hasta la fecha 15 ediciones organizadas por la Universidad de Salamanca y otras 5 por la Universidad Politécnica de Madrid. Es, pues, un buen momento este año 2020 en el que se celebra un aniversario redondo de esta iniciativa para hacer una breve reflexión sobre lo que ha sido este Curso en el ámbito de la ingeniería del agua y la contribución que ha supuesto para la mejora de la formación de los profesionales que trabajan en este sector.

El Curso sobre Diseño de Tuberías ha tenido siempre una vocación de tratar los temas relacionados con las tuberías para el transporte e agua desde una perspectiva global, amplia. En este sentido, han sido objeto del curso todas las tipologías de tuberías (acero, fundición, materiales plásticos, hormigón armado y/o pretensado con o sin camisa de chapa, gres e incluso los elementos complementarios de las redes, en particular las válvulas), en todos los ámbitos (abastecimientos a poblaciones, redes de saneamiento y drenaje urbano, regadíos, emisarios submarinos, trasvases, instalaciones industriales como desaladoras o depuradoras, aplicaciones industriales, etc.) y en todas las posibles instalaciones (tuberías enterradas, aéreas, rehabilitación de conducciones sin apertura de zanja, hincas, perforación horizontal dirigida, etc.)

Se han tratado a lo largo de las ediciones del curso tanto aspectos de carácter teórico como casos prácticos relevantes en cada momento. Los contenidos de cada edición del curso se han estructurado habitualmente en torno a unos temas comunes, pero variando las comunicaciones específicas presentadas en cada una de las ediciones en función de la actualidad del sector, de manera que el curso se ha constituido como un híbrido entre un curso de carácter académico y unas jornadas técnicas profesionales.

Por las aulas del curso habrán pasado a lo largo de sus 20 ediciones entre 1.500 y 2.000 asistentes, lo que es un indicador de los muchos técnicos que trabajan en la actualidad en el sector de la ingeniería hidráulica en España que han sido formados en este Curso.

Pero sin duda, dos son los activos más valiosos del curso, estrechamente relacionados entre sí: sus ponentes y las comunicaciones presentadas en el curso.

Los ponentes que han participado en las diferentes ediciones del Curso sobre diseño de tuberías son todos ellos profesionales de prestigio de diferentes sectores relacionados con la ingeniería hidráulica: administraciones públicas, empresas constructoras y de ingeniería, asociaciones profesionales, universidades y centros de investigación, empresas industriales relacionados con el sector de las tuberías (fabricantes, instaladores, etc.) Sería exhaustivo enumerarles a todos ellos (pues seguramente son más de 300) pero es obligado, y sincero, darles las gracias a todos a través de estas líneas por la importante contribución que han realizado a lo largo de las diferentes ediciones de este Curso de Tuberías.

Las comunicaciones presentadas en cada una de las ediciones del curso constituyen sin ninguna duda el otro pilar de gran valor de este Curso. Como antes he indicado, aunque los temas de cada edición se han mantenido más o menos constantes, las ponencias presentadas en cada año han sido, en general, diferentes, lo que hace que a lo largo de las 20 ediciones celebradas se hayan tratado una enormidad de temas de mucho interés. Además, hemos cuidado mucho la edición de estas comunicaciones, publicando cada año un libro con los textos de todas ellas, siempre con los mismos formatos, de manera que estos libros constituyen una excelente biblioteca en materia de conducciones para el transporte de agua.

A partir de estas comunicaciones, hemos tenido la iniciativa de seleccionar las más representativas de todas ellas, las que han tratado temas de carácter general, eliminado algunas que se han repetido en varias ediciones con contenidos muy parecidos y otras cuya actualidad había desaparecido y las hemos ordenado por temas, configurando esta publicación que tiene entre las manos como un homenaje a la aportación que han supuesto todas las ediciones celebradas de este curso.

Con todo, esta publicación se articula en torno a los ocho siguientes Cuadernos:

- Cuaderno 1 Tuberías de acero
- Cuaderno 2 Tuberías de fundición dúctil
- Cuaderno 3 Tuberías de hormigón armado y/o pretensado con camisa de chapa
- Cuaderno 4 Tubería de hormigón y de gres en redes de saneamiento y drenaje urbano
- Cuaderno 5 Tuberías de materiales plásticos
- Cuaderno 6 Elementos complementarios en redes de tuberías
- Cuaderno 7 Instalación y montaje

- Cuaderno 8 Diseño

No es tarea sencilla la clasificación en dichos temas de las comunicaciones seleccionadas, pues algunas de las ponencias incluidas podrían haberse recogido en uno u otro Cuaderno; en cualquier caso, al inicio de cada uno de ellos se ha incluido una Presentación que explica los contenidos de cada Cuaderno y que vertebra los contenidos de unos con otros a través de las charlas seleccionadas.

Solo me queda dar las gracias a todos cuantos han hecho posible la celebración de todas estas ediciones del Curso de Tuberías: a las Universidades de Salamanca y Politécnica de Madrid, a los ponentes de las diferentes ediciones, a las empresas que han colaborado en la organización de los cursos, a los asistentes que han mostrado interés en estas Jornadas y a todo el personal auxiliar que, de una manera u otra, ha colaborado en la organización de cada nueva edición del curso.

Madrid, noviembre de 2020

Luis Balairón Pérez
Director del Curso de Tuberías

Cuaderno 1

Tuberías de
acero



curso sobre
diseño e
instalación
de **tuberías**

Publicación conmemorativa 20
aniversario

2001 - 2020

Cuaderno 1 - Tuberías de acero

Presentación

Las tuberías de acero han sido en casi todas las ediciones de los Cursos de Tuberías uno de los temas en los que más comunicaciones se han presentado. Como muestra de lo tratado, se han seleccionado en este Cuaderno un total de 39 comunicaciones sobre los siguientes temas:

Características generales de las tuberías de acero

Como ponencias que traten de una manera general sobre las características de las tuberías de acero (incluyendo usos, propiedades mecánicas, ventajas, sistemas de unión, revestimientos, cálculo, etc.) se han seleccionado las dos siguientes, las cuales dan una visión general muy acertada sobre las posibilidades de esta tipología de conducciones:

- *Diseño e instalación de tuberías de acero* (Antonio Sandoval, 2008)
- *Criterios generales de diseño en tuberías de acero de gran diámetro* (Víctor Flórez, 2014)

La primera forma parte de una colección de comunicaciones que el autor ha realizado en otras ediciones del Curso de Tuberías sobre distintas tipologías de conducciones (plásticos, fundición o elementos complementarios) y que pueden consultarse en los respectivos Cuadernos que conforman esta publicación. La segunda fue objeto de presentación en varias ediciones del Curso.

Las restantes comunicaciones seleccionadas en este Cuaderno profundizan en detalle los contenidos de estas dos primeras presentaciones.

Protección catódica

En casi todas las ediciones del Curso de Tuberías se ha tratado el tema de la protección catódica en conducciones de acero. Prácticamente todas las comunicaciones se han realizado desde la empresa Guldager Electrolisis, excepto el año 2019 en el que participó WWI Procat. La temática específica ha ido variando de unas ediciones a otras, de manera que a lo largo de todas ellas se han cubierto una gran cantidad de aspectos específicos relacionados con esta materia.

En concreto, en este Cuaderno se han recopilado en primer lugar dos comunicaciones de carácter general sobre la tecnología de la protección catódica (una desde cada una de las dos empresas antes citadas), abarcando todos sus aspectos básicos: los mecanismos de corrosión, los sistemas de protección catódica disponibles (corriente impresa y ánodos de sacrificio), criterios de protección, corrientes vagabundas, normativa, etc.:

- *Sistemas de protección catódica en tuberías enterradas* (Adrián Gomila, 2006)
- *Protección catódica en tuberías de agua* (Francisco Javier Miranda, 2019)

A continuación se han incluido seis comunicaciones sobre aspectos específicos de detalle de la protección catódica en cuestiones como técnicas de control y mantenimiento, aplicación a tuberías de gran diámetro y a tuberías con revestimientos de gran calidad y sobre todo a la combinación de tuberías de acero con estructuras de hormigón (en arquetas, en camisas de hincas o en tuberías de hormigón armado o pretensado con camisa de chapa), así como en instalaciones auxiliares (valvulería o estaciones de bombeo, por ejemplo).

- *Recomendaciones para la implantación de un sistema de protección catódica por corriente impresa en una conducción de agua de gran diámetro* (José María Vera Barceló, 2009)

- *Influencias eléctricas sobre tuberías de acero provistas de revestimiento de gran calidad* (José M^a Vera Barceló, 2013)
- *Control, mantenimiento y televigilancia de la protección catódica de tuberías de agua de acero* (Adrià Gomila Vinent, 2008)
- *Corrosión y protección catódica de estructuras metálicas enterradas embebidas en hormigón* (José M^a Vera Barceló, 2015)
- *Corrosión de tuberías metálicas en el interior de arquetas y su prevención* (Mario Díaz, 2017)
- *Corrosión y protección de instalaciones auxiliares de una conducción* (José M^a Vera Barceló, 2016)

Revestimientos

Las comunicaciones sobre los revestimientos interiores y exteriores disponibles en las tuberías de acero han sido también frecuentes a lo largo de las distintas ediciones celebradas del Curso de Tuberías. Como muestra de lo tratado se han seleccionado seis comunicaciones sobre esta materia.

La primera de ellas es de carácter general y trata de manera resumida todos los aspectos relativos a esta materia: revestimientos interiores y exteriores disponibles, preparación de las superficies, aplicación de los revestimientos, control de calidad, etc.

- *Revestimientos en tuberías de acero* (Víctor Flórez, 2018)

A continuación, se ha incluido una comunicación que se centraba de manera específica en la preparación de las superficies y las categorías de corrosividad junto con los revestimientos aplicables en cada caso conforme a la norma UNE EN ISO 12944 (aunque esta norma ha sufrido algunos cambios respecto a la edición del año 2012).

- *Protección anticorrosiva de tuberías de acero para el transporte de agua potable* (Antonio López, 2012)

Después se han recopilado dos charlas que profundizaban en las características y propiedades de las diferentes tipologías de revestimientos interiores y exteriores disponibles en el mercado.

- *Sistemas de protección exterior de las tuberías de acero. Comparación entre las diferentes tipologías* (Fernando Pinto, 2006)
- *Tipos de revestimiento y proyectos realizados* (Alberto Alonso, 2009)

Por último, se han reproducido dos conferencias especialmente dedicadas a los revestimientos mediante poliuretanos PUR.

- *Ingeniería de protección anticorrosiva para tuberías de transporte de agua potable* (Maja Hornig y José B. Cordovés, 2017)
- *Revestimientos líquidos anticorrosivos 100% sólidos en tuberías de acero* (Pablo Olalla, 2017)

Instalación y montaje

Sobre criterios de instalación y técnicas de montaje referidos de manera específica a las tuberías de acero se han seleccionado cuatro comunicaciones.

La primera de ellas abarca el ciclo completo de instalación de las tuberías de acero enterradas: transporte, descarga en obra y acopio; descenso a la zanja y tendido; soldadura de las uniones; aplicación de revestimientos en obra; control de calidad, etc. Esta charla forma parte de una serie de otras cuatro que el mismo autor ha preparado sobre otras tipologías de tuberías (PE, PRFV y sobre piezas especiales) y que figuran en los respectivos Cuadernos que configuran esta publicación:

- *Etapas de trabajo en el montaje y soldadura de tubería de acero en obra. Análisis y experiencias* (Joan Tous, 2015)

A continuación, se ha incluido una charla dedicada a los distintos sistemas de unión de las tuberías de acero, centrada especialmente en las uniones soldadas. Esta charla se complementa con otra dedicada en particular a las uniones mecánicas (o Victaulic) en los tubos de acero:

- *Uniones en tuberías de acero* (Víctor Flórez, 2017)
- *Sistemas mecánicos de unión de tuberías de acero. La alternativa a la instalación en campo;* (Vicente Romani, 2010)

Por último, se ha seleccionado una conferencia sobre el caso particular de la instalación de tuberías de acero mediante la técnica del pipeline con uniones soldadas a tope basada en la experiencia de Acuaes en el abastecimiento a Cantabria:

- *Montaje y soldadura de tuberías de acero* (César Prieto García, 2018)

En cualquier caso, muchas de las comunicaciones incluidas en el Cuaderno 7 Instalación que conforma esta publicación son aplicables también a las tuberías de acero. En particular se llama la atención sobre dos de ellas pues se refieren de una manera bastante específica al montaje de las conducciones de acero:

- *Macizos de anclaje en tubería de acero soldada. Posibilidad de supresión* (Víctor Flórez, 2015)
- *Tuberías autoportantes* (Jaime Gil, 2007)

Piezas especiales

Las piezas especiales de acero han sido objeto también de varias presentaciones en el Curso de Tuberías.

Se destacan, en primer lugar, dos conferencias que tratan sobre la tipología disponible de piezas especiales de acero (codos, té, bifurcaciones, compensadores de dilatación, etc.) y en particular sobre el diseño de los refuerzos en las derivaciones (alas de monja, baberos, etc.)

- *Piezas especiales en conducciones de acero* (María Domínguez, 2005)
- *Dimensionamiento de refuerzos y pasamuros en tuberías de acero* (Antonio Jesús Díaz, 2014)

Se recomienda también la lectura de la siguiente comunicación incluida en el Cuaderno 6 Elementos complementarios, en la que se hace una presentación comparativa entre las piezas especiales de diferentes materiales, el acero incluido.

- *Piezas especiales para tuberías. Características, control, montaje en obra y observaciones desde el punto de vista de la ejecución* (Joan Tous, 2017)

Por último, en este capítulo se han incluido tres conferencias sobre un tema bastante específico, pero de importancia en particular en las conducciones forzadas: el diseño de rigidizadores y blindajes en tuberías de acero sometidas a pandeo exterior:

- *Presión exterior crítica de pandeo en tuberías de acero con deformación restringida* (Antonio Jesús Díaz, 2019)
- *Pandeo de revestimientos de acero en túneles sometidos a presión exterior* (Jose Luis Guitart, 2011)
- *Propuestas de diseño y cálculo de blindajes y tuberías forzadas en saltos hidroeléctricos* (José Luis García, 2014)

Diseño

Sobre criterios de diseño referidos de manera específica a las tuberías de acero se ha seleccionado una comunicación, si bien no obstante otras muchas de las comunicaciones incluidas en este Cuaderno (las relativas a las características generales de las tuberías de acero, a las piezas especiales o a algunos de los

casos prácticos seleccionados) tratan también cuestiones relacionadas con el dimensionamiento de las conducciones de acero:

- *Criterios de diseño para la selección del espesor de tuberías de acero enterrada* (Jaime Gil, 2010)

Naturalmente, las charlas incorporadas en el Cuaderno 8 Diseño son relativas a criterios de diseño hidráulico o mecánico genéricos para cualquier conducción, y en particular también para las de acero.

Casos prácticos

A lo largo de las distintas ediciones del Curso de Tuberías se han presentado muchos casos prácticos de realizaciones con tuberías de acero. Se han seleccionado las siguientes 13 comunicaciones como representativas de las aplicaciones de estas conducciones:

a) Conducciones enterradas en abastecimientos a poblaciones. En relación con esta aplicación, pueden destacarse las siguientes charlas:

- *Tubería de acero S275JR soldada helicoidalmente DN 700 a 1200 mm, biabocardado esférico, para las obras de adecuación de las conducciones generales de suministro al Campo de Gibraltar* (Jose Manuel Castillo, 2018)
- *Tercera línea de conducción del sistema Cutzamala* (Miguel Ángel Gualda Álvarez, 2018)
- *Experiencias de obra en la ejecución del segundo tramo del segundo anillo de distribución de agua a Madrid* (Miguel Ángel Gualda y Roberto Cano, 2007)
- *Construcción del tercer tramo del segundo anillo principal de distribución de agua potable de la Comunidad de Madrid. 1ª fase* (Julio Heranz López 2012)
- *4º Tramo del segundo anillo principal de distribución a Madrid. Obras singulares* (Gonzalo de la Orden y David López, 2009)

Las dos primeras conferencias describen con mucho detalle todo el proceso constructivo de la puesta en obra de las conducciones de acero en estas aplicaciones (uniones, revestimientos, apoyos, pruebas, etc.). Las otras tres comunicaciones corresponden al uso de las conducciones de acero en los anillos de distribución de agua del Canal de Isabel II, pudiendo destacarse algunas aplicaciones singulares como el recubrimiento con hormigón de las tuberías de acero o el montaje en el interior de un túnel (en el 4º tramo del 2º anillo).

A estas experiencias relativas a la instalación de tuberías de acero en abastecimientos habría que añadir la charla sobre la técnica del pipeline apoyada en la experiencia del abastecimiento de agua a Santander incluida en el apartado de Instalación y Montaje de este Cuaderno:

- *Montaje y soldadura de tuberías de acero* (César Prieto García, 2018)

b) Conducciones enterradas en zonas regables. En este apartado se han seleccionado las siguientes conferencias:

- *Proyecto de puesta en riego de la zona regable de la elevación de Fayón. Zaragoza* (María Domínguez, 2016)
- *Obras de impulsión y conexión en la cabecera del nuevo canal Segarra Garrigues. Sistema serie – paralelo* (Víctor Flórez, 2007)

De la primera de estas contribuciones es reseñable la singularidad de la instalación de la conducción de acero en una ladera con muy alta pendiente. La segunda es destacable por el elevado diámetro (3.000 mm) de la tubería de acero que conforma el by pass de la estación de bombeo previa a la impulsión

c) Conducciones aéreas. Las instalaciones aéreas son frecuentes en el caso de las tuberías de acero, habiéndose seleccionado los dos casos siguientes de los presentados en el Curso de Tuberías:

- *Entubado del Canal de Bullaque* (Antonio Jesús Díaz, 2012)

- *Conducción aérea de gran longitud. Experiencia en la isla de la Palma, Canarias (Jaime Gil, 2008)*

La primera es un caso algo particular, pero que con cierta frecuencia se presenta, y es la sustitución de un canal existente por una tubería a presión aprovechando la infraestructura del canal. El segundo caso presenta un diseño típico de una tubería aérea con todos los elementos que ello requiere (apoyos móviles, compensadores de dilatación, etc.)

- d) Aprovechamientos hidroeléctricos. Las conducciones de acero en las tuberías forzadas en los saltos hidroeléctricos tienen un uso muy extendido. En las distintas ediciones del curso se han presentado algunos ejemplos de ello, pudiendo destacarse el siguiente caso, sobre todo por la alta pendiente de la instalación y las elevadas presiones (más de 1.000 m de desnivel) a la que está sometida la tubería:

- *Diseño de las tuberías forzadas del aprovechamiento hidroeléctrico de Miguillas, Bolivia (Antonio Jesús Díaz, 2016)*

En dicha comunicación se incluyen los cálculos necesarios para el diseño de rigidizadores, compensadores de dilatación y otros elementos auxiliares de la conducción.

Dentro de este apartado son también recomendables las dos siguientes comunicaciones incluidas en el capítulo de piezas especiales de este Cuaderno relativas al diseño de rigidizadores y blindajes en tuberías de acero sometidas a pandeo exterior, pues están basadas en la experiencia en aprovechamientos hidroeléctricos.

- *Pandeo de revestimientos de acero en túneles sometidos a presión exterior (José Luis Guitart, 2011)*
- *Propuestas de diseño y cálculo de blindajes y tuberías forzadas en saltos hidroeléctricos (José Luis García, 2014)*

- e) Trasvases. Como muestra del uso de las tuberías de acero en trasvases entre cuencas hidrográficas se ha seleccionado la siguiente, por ser una de las obras más relevantes en materia de tuberías acometidas en España en los últimos años:

- *Aspectos de diseño y control de ejecución en tuberías de acero de gran diámetro de la conducción Júcar-Vinalopó (Ernesto Castelló, 2011)*

- f) Emisarios submarinos. Aunque el empleo de conducciones de acero en estas aplicaciones no es muy habitual, en la edición de 2007 se presentó una actuación submarina relevante con tuberías de acero:

- *Tendido de la tubería submarina en el aprovechamiento de los recursos hídricos de la Sierra de Tramontana (Beatriz Iturriaga, 2007)*

Por último, también se ha seleccionado otra comunicación en la que se presentaban tres casos de aplicaciones de tuberías de acero en aplicaciones significativas (conducciones en presas, tuberías aéreas y en trasvases, respectivamente)

- *Experiencias recientes en conducciones de acero: las conducciones de la presa del Arenoso, el acueducto del Gévora y la conducción Júcar-Vinalopó (María Domínguez, 2008)*

Índice

Características generales de las tuberías de acero

| | |
|---|----|
| Diseño e instalación de tuberías de acero <i>Antonio Sandoval Zabal (2008)</i> | 13 |
| Criterios generales de diseño en tuberías de acero de gran diámetro <i>Víctor Flórez Casillas (2014)</i> | 29 |

Protección catódica

| | |
|---|-----|
| Sistemas de protección catódica en tuberías enterradas <i>Adrián Gomila Vinent (2006)</i> | 41 |
| Protección catódica en tuberías de agua <i>Francisco Javier Miranda González de Echávarri (2019)</i> | 71 |
| Recomendaciones para la implantación de un sistema de protección catódica por corriente impresa en una conducción de agua de gran diámetro <i>José María Vera Barceló (2009)</i> | 81 |
| Influencias eléctricas sobre tuberías de acero provistas de revestimiento de gran calidad <i>José M^a Vera Barceló (2013)</i> | 87 |
| Control, mantenimiento y televigilancia de la protección catódica de tuberías de agua de acero <i>Adrià Gomila Vinent (2008)</i> | 97 |
| Corrosión y protección catódica de estructuras metálicas enterradas embebidas en hormigón <i>José M^a Vera Barceló (2015)</i> | 109 |
| Corrosión de tuberías metálicas en el interior de arquetas y su prevención <i>Mario Díaz (2017)</i> | 119 |
| Corrosión y protección de instalaciones auxiliares de una conducción <i>José M^a Vera Barceló (2016)</i> | 131 |

Revestimientos

| | |
|---|-----|
| Revestimientos en tuberías de acero <i>Víctor Flórez Casillas (2018)</i> | 139 |
| Protección anticorrosiva de tuberías de acero para el transporte de agua potable <i>Antonio López Romero (2012)</i> | 151 |
| Ingeniería de protección anticorrosiva para tuberías de transporte de agua potable <i>Maja Hornig y José B. Cordovés Vicente (2017)</i> | 159 |
| Sistemas de protección exterior de las tuberías de acero. Comparación entre las diferentes tipologías <i>Fernando Pinto Aguado (2006)</i> | 169 |
| Tipos de revestimiento y proyectos realizados <i>Alberto Alonso (2009)</i> | 191 |
| Revestimientos líquidos anticorrosivos 100% sólidos en tuberías de acero <i>Pablo Olalla (2017)</i> | 201 |

Instalación y montaje

| | |
|--|-----|
| Etapas de trabajo en el montaje y soldadura de tubería de acero en obra. Análisis y experiencias <i>Joan Tous Moner (2015)</i> | 209 |
| Uniones en tuberías de acero <i>Víctor Flórez Casillas (2017)</i> | 223 |
| Sistemas mecánicos de unión de tuberías de acero. La alternativa a la instalación en campo <i>Vicente Romani (2010)</i> | 233 |
| Montaje y soldadura de tuberías de acero <i>César Prieto García (2018)</i> | 245 |

Piezas especiales

| | |
|---|-----|
| Piezas especiales en conducciones de acero <i>María Domínguez (2005)</i> | 263 |
| Dimensionamiento de refuerzos y pasamuros en tuberías de acero <i>Antonio Jesús Díaz García (2014)</i> | 275 |
| Presión exterior crítica de pandeo en tuberías de acero con deformación restringida <i>Antonio Jesús Díaz García (2019)</i> | 285 |
| Pandeo de revestimientos de acero en túneles sometidos a presión exterior <i>José Luis Guitart Carmona (2011)</i> | 299 |
| Propuestas de diseño y cálculo de blindajes y tuberías forzadas en saltos hidroeléctricos <i>José Luis García Valdeolivas (2014)</i> | 311 |

Diseño de tuberías de acero

| | |
|--|-----|
| Criterios de diseño para la selección del espesor de tuberías de acero enterradas <i>Jaime Gil Navas (2010)</i> | 327 |
|--|-----|

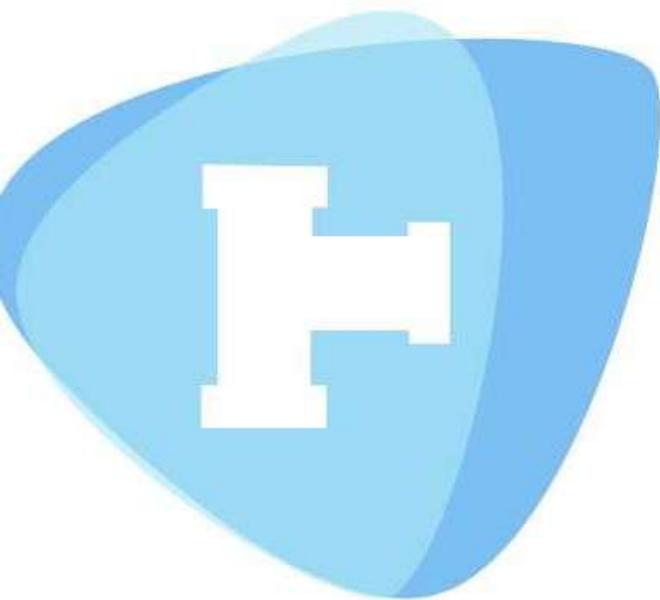
Casos prácticos

| | |
|---|-----|
| Proyecto de puesta en riego de la zona regable de la elevación de Fayón. Zaragoza <i>María Domínguez Domínguez (2016)</i> | 337 |
| Tubería de acero S275JR soldada helicoidalmente DN 700 a 1200 mm, biabocardado esférico, para las obras de adecuación de las conducciones generales de suministro al Campo de Gibraltar <i>José Manuel Castillo Blesa (2018)</i> | 353 |
| Obras de impulsión y conexión en la cabecera del nuevo canal Segarra Garrigues. Sistema serie - paralelo <i>Víctor Flórez Casillas (2007)</i> | 385 |
| Experiencias recientes en conducciones de acero: las conducciones de la presa del Arenoso, el acueducto del Gévora y la conducción Júcar-Vinalopó, <i>María Domínguez Domínguez (2008)</i> | 397 |
| Aspectos de diseño y control de ejecución en tuberías de acero de gran diámetro de la conducción Júcar-Vinalopó <i>Ernesto Castelló Rey (2011)</i> | 407 |
| Experiencias de obra en la ejecución del 2º Tramo del Segundo Anillo de Distribución de Agua a Madrid <i>Miguel Ángel Gualda Álvarez; Roberto Cano Fernández (2007)</i> | 415 |

| | |
|--|-----|
| Construcción del tercer tramo del segundo anillo principal de distribución de agua potable de la Comunidad de Madrid (1ª fase) <i>Julio Heranz López (2012)</i> | 423 |
| 4º Tramo del Segundo Anillo Principal de Distribución a Madrid. Obras singulares <i>Gonzalo de la Orden Agueda; David López Saelices (2009)</i> | 441 |
| Entubado del Canal de Bullaque <i>Antonio Jesús Díaz García (2012)</i> | 463 |
| Conducción aérea de gran longitud. Experiencia en la isla de la Palma (Canarias) <i>Jaime Gil Navas (2008)</i> | 485 |
| Diseño de las tuberías forzadas del aprovechamiento hidroeléctrico de Miguillas (Bolivia) <i>Antonio Jesús Díaz García (2016)</i> | 493 |
| Tercera línea de conducción del sistema Cutzamala <i>Miguel Ángel Gualda Álvarez (2018)</i> | 507 |
| Tendido de la tubería submarina en el aprovechamiento de los recursos hídricos de la Sierra de Tramontana <i>Beatriz Iturriaga Núñez (2007)</i> | 519 |

Cuaderno 2

Tuberías de
fundición dúctil



curso sobre
diseño e
instalación
de **tuberías**

**Publicación conmemorativa 20
aniversario**

2001 - 2020

Cuaderno 2 - Tuberías de fundición dúctil

Presentación

Introducción

Este Cuaderno recoge un total de doce comunicaciones presentadas en los Cursos de Tuberías representativas de las propiedades y uso que se hace de las conducciones de fundición dúctil.

En primer lugar, se han seleccionado tres comunicaciones de carácter general sobre las características de las tuberías de fundición dúctil que incluyen nociones sobre todo el proceso del proyecto de una conducción de este material: fabricación, normativa, clasificación, dimensiones, revestimientos, sistemas de unión, piezas especiales, instalación y cálculo, entre otras.

La primera de estas tres charlas forma parte de una colección de comunicaciones que el mismo autor ha realizado en otras ediciones del Curso de Tuberías sobre distintas tipologías de conducciones (plásticos, acero o elementos complementarios) y que pueden consultarse en los respectivos Cuadernos que conforman esta publicación. Las otras dos provienen de la empresa Saint Gobain Canalización, uno de los principales fabricantes de esta tipología de conducciones:

- *Diseño e instalación de tuberías de fundición* (Antonio Sandoval, 2009)
- *Sistemas completos de canalizaciones en fundición dúctil para diferentes usos del agua* (Departamento Técnico Saint - Gobain PAM España, SA, 2013)
- *Soluciones en fundición dúctil para las redes de abastecimiento y saneamiento urbano* (Antonio Miguel García Zorrilla, 2018)

A continuación, se han reproducido cuatro comunicaciones de mayor detalle sobre cuatro temas relevantes en el diseño de una tubería de fundición dúctil (revestimientos, sistemas de unión, instalación y diseño). Tres de estas cuatro charlas fueron presentadas desde la empresa Saint Gobain Canalización y la cuarta fue desarrollada por María Domínguez, quien desde la empresa Dragados ha presentado un gran número de comunicaciones en este Curso de Tuberías de otras muchas temáticas:

- *Revestimientos exteriores e interiores en tuberías de fundición dúctil. Campo de empleo* (Antonio Miguel García Zorrilla, 2019)
- *Dispositivos de acerrojado para conducciones de fundición dúctil* (Blanca Gutiérrez Osuna, 2008)
- *Instalación de tuberías de fundición dúctil* (Blanca Gutiérrez Osuna, 2005)
- *Criterios de diseño en tuberías de fundición dúctil* (María Domínguez, 2014)

Se llama la atención sobre el hecho de que la norma de aplicación para las tuberías de fundición dúctil (la UNE EN 545) sufrió una importante modificación en el año 2011. De las novedades que dicha modificación introdujo se destaca el cambio de criterio en la clasificación de estas tuberías pasando de utilizar las antiguas clases K a las nuevas clases de presión C. En consecuencia, las comunicaciones anteriores a 2011 hacen referencia a dicha clasificación, aunque ya no sea de aplicación. Los cambios que introdujo la norma UNE

EN 545:2011 están especialmente bien comentados en la última charla mencionada (María Domínguez, 2014).

Casos prácticos

De las realizaciones presentadas en las diferentes ediciones del Curso de Tuberías se han seleccionado cinco comunicaciones por considerarse las más representativas.

Las dos primeras corresponden a sendas actuaciones promovidas por SEIASA y ACUAES. Ambas describen con detalle todo el proceso de montaje de una conducción de fundición, incluyendo la instalación en fuste pendiente con uniones acerrojadas y sujeciones con bloques para evitar el deslizamiento.

- *Instalación de conducciones de fundición dúctil en las obras de modernización de regadíos de la Junta Central de Usuarios del Sur del Guaro, Málaga. Empleo de unión acerrojada en tramos de alta pendiente y paso de infraestructuras* (José Ángel Hernández y Álvaro Gutiérrez, 2017)
- *Instalación de tuberías de fundición en gran pendiente en abastecimiento de La Colada, Córdoba* (Carlos J. Fernández Simón, 2009)

La siguiente (promovida también por ACUAES) tiene la particularidad de incorporar revestimientos especiales. Es una ponencia muy completa sobre el uso de las tuberías de fundición dúctil, incluyendo unos tramos con revestimientos de poliuretano PUR.

- *Mejora del abastecimiento en alta a los municipios del Consorcio del Plan Écija* (Nicolás Gutiérrez, 2011)

La última de las comunicaciones seleccionadas es un caso especial de uso de tuberías de fundición dúctil en grandes diámetros (1600 mm) en Argelia:

- *Experiencia en diseño y montaje de tubería de fundición dúctil de gran diámetro* (Antonio Jesús Díaz, 2018)

Además de las anteriores, en el *Cuaderno 7 Instalación* que conforma esta publicación se ha incorporado otra comunicación sobre un caso práctico de instalación de tuberías de fundición dúctil mediante la técnica de la perforación horizontal dirigida, cuya lectura se recomienda:

- *Perforación horizontal dirigida bajo el río Alberche* (Roberto Cano, 2011)

Índice

Características generales

| | |
|--|----|
| Diseño e instalación de tuberías de fundición <i>Antonio Sandoval Zabal (2009)</i> | 7 |
| Sistemas completos de canalizaciones en fundición dúctil para diferentes usos del agua <i>Departamento Técnico Saint - Gobain PAM España, SA (2013)</i> | 21 |
| Soluciones en fundición dúctil para las redes de abastecimiento y saneamiento urbano <i>Antonio Miguel García Zorrilla (2018)</i> | 33 |

Revestimientos

| | |
|---|----|
| Revestimientos exteriores e interiores en tuberías de fundición dúctil. Campo de empleo <i>Antonio Miguel García Zorrilla (2019)</i> | 43 |
|---|----|

Sistemas de unión

| | |
|---|----|
| Dispositivos de acerojado para conducciones de fundición dúctil <i>Blanca Gutiérrez Osuna (2008)</i> | 51 |
|---|----|

Instalación

| | |
|---|----|
| Instalación de tuberías de fundición dúctil <i>Blanca Gutiérrez Osuna (2005)</i> | 59 |
|---|----|

Diseño

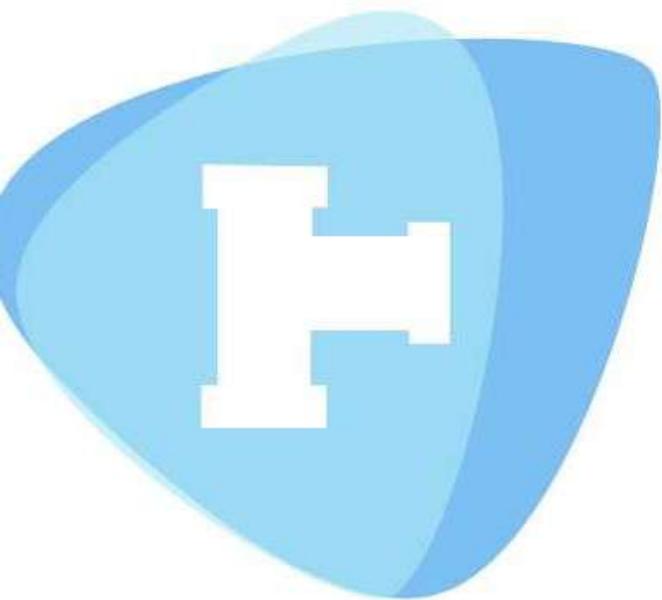
| | |
|--|----|
| Criterios de diseño en tuberías de fundición dúctil <i>María Domínguez Domínguez (2014)</i> | 75 |
|--|----|

Casos prácticos

| | |
|--|-----|
| Mejora del abastecimiento en alta a los municipios del Consorcio del Plan Écija <i>Nicolás Gutiérrez Carmona (2011)</i> | 95 |
| Instalación de conducciones de fundición dúctil en las obras de modernización de regadíos de la Junta Central de Usuarios del Sur del Guaro (Málaga). Empleo de unión acerojada en tramos de alta pendiente y paso de infraestructuras. <i>José Ángel Hernández Redondo y Álvaro Gutiérrez Valle (2017)</i> | 115 |
| Instalación de tuberías de fundición en gran pendiente en abastecimiento de La Colada, Córdoba <i>Carlos J. Fernández Simón (2009)</i> | 131 |
| Experiencia en diseño y montaje de tubería de fundición dúctil de gran diámetro <i>Antonio Jesús Díaz García (2018)</i> | 141 |

Cuaderno 3

Tuberías de
hormigón armado
y/o postesado con
camisa de chapa



curso sobre
diseño e
instalación
de **tuberías**

Publicación conmemorativa 20
aniversario

2001 - 2020

Cuaderno 3 - Tuberías de hormigón armado y/o postesado con camisa de chapa

Presentación

Se han seleccionado un total de doce comunicaciones sobre tuberías de hormigón armado y/o pretensado con camisa de chapa del total de las presentadas en las diferentes ediciones del Curso de Tuberías.

Características generales

Como conferencias introductorias del tema se han escogido dos charlas en las que se presentan las características generales de estas tuberías, abarcando todos los aspectos que las definen: fabricación, diseño, materiales constitutivos, sistemas de unión, etc. Una de ellas proviene de SEIASA como usuario representativo de estas conducciones y la otra desde la empresa Delta, una de los principales fabricantes español de esta tipología de tuberías:

- *Características de las tuberías de hormigón armado o postesado con camisa de chapa* (José Ángel Hernández, 2016)
- *El proceso de fabricación de los tubos de hormigón armado y postesado con camisa de chapa* (Rafael Villa, 2006)

Elementos complementarios

A continuación, se han recogido otras dos charlas que profundizan en aspectos de detalle de otros componentes complementarios a los propios tubos necesarios en estas conducciones: las piezas especiales y las juntas:

- *Tubería de hormigón con camisa de chapa: piezas especiales y aplicaciones especiales* (Juan Pablo Guerrero, 2019)
- *Perfil de acero para doble junta elástica con válvula de comprobación en tubería de hormigón con camisa de chapa de gran diámetro*; Juan Pablo Guerrero, 2015)

Dimensionamiento

La antigua Asociación de Fabricantes de Tuberías de Hormigón Armado y Pretensado AFTHAP promovió el desarrollo de un programa informático para el diseño mecánico de estas tuberías basado en los criterios de la Instrucción del Instituto Eduardo Torroja que, pese a los años transcurridos, sigue siendo el documento de referencia para el diseño de estas conducciones. Se ha incluido en este Cuaderno una presentación que se hizo sobre las bases de cálculo de dicha Instrucción y el manejo del citado programa informático:

- *Diseño mecánico de tubos de hormigón para presión* (Luis Alberto Agudo, 2009).

Casos prácticos

Se han seleccionado un total de siete casos prácticos de realizaciones con tuberías de hormigón armado y/o pretensado con camisa de chapa, casi todas ellas en regadíos. Desde dos de los más importantes promotores del regadío en España (SEIASA y SARGA) se han recogido los tres siguientes casos:

- *Revestimiento del Canal de Sentmenat en el Baix Empordá, Girona con tubería de hormigón postesado con camisa de chapa* (José Ángel Hernández y Daniel Pastor, 2011)
- *Experiencias y resultados de la puesta en marcha en las tuberías de hormigón en grandes diámetros de las obras del Páramo Bajo* (Rubén Jiménez, 2016)
- *Conexión de la presa de Lasesa con los sectores de riego XXX, XXXI y XXXII de la Comunidad de Regantes de Lasesa en Sariñena, Huesca* (Ramiro Sarvisé, 2018)

A continuación, se ha incluido una realización internacional el Portugal, presentada desde la empresa Dragados.

- *Conducciones del circuito hidráulico Roxo-Sado. Portugal* (María Domínguez y Gonçalo Fialho, 2018)

Como aplicación algo especial se han seleccionado las dos siguientes charlas relativas a tuberías de hormigón armado con camisa de chapa instaladas en grandes sifones:

- *Desdoblamiento de los sifones 4 y 5 del Canal del Piedras en Cartaya, Huelva. Tubo de hormigón con camisa de chapa de DN2500 y junta elástica doble* (José Antonio Cornejo y Juan Pablo Guerrero 2018)
- *Sifón en Canal Principal Bajo Payuelos Fase II León 3 km de tubería de 2600 mm en hormigón armado con camisa de chapa y junta soldada* (Juan Pablo Guerrero, 2012).

Por último, se ha seleccionado una interesante conferencia en la que se pudo comprobar el estado en el que se encontraba una tubería de hormigón instalada hacía casi 30 años, pudiendo verificar que se encontraba en muy buen estado.

- *Informe de tubería de hormigón postesado con camisa chapa de 1988 de la Comunidad de Regantes del Puntal en Huesca* (Juan Pablo Guerrero, 2016).

Índice

Características generales

- Características de las tuberías de hormigón armado o postesado con camisa de chapa
José Ángel Hernández (2016) 7
- El proceso de fabricación de los tubos de hormigón armado y postesado con camisa de chapa
Rafael Villa López (2006) 21

Elementos complementarios

- Tubería de hormigón con camisa de chapa: piezas especiales y aplicaciones especiales
Juan Pablo Guerrero Pasquau (2019) 33
- Perfil de acero para doble junta elástica con válvula de comprobación en tubería de hormigón con camisa de chapa de gran diámetro
Juan Pablo Guerrero Pasquau (2015) 53

Dimensionamiento

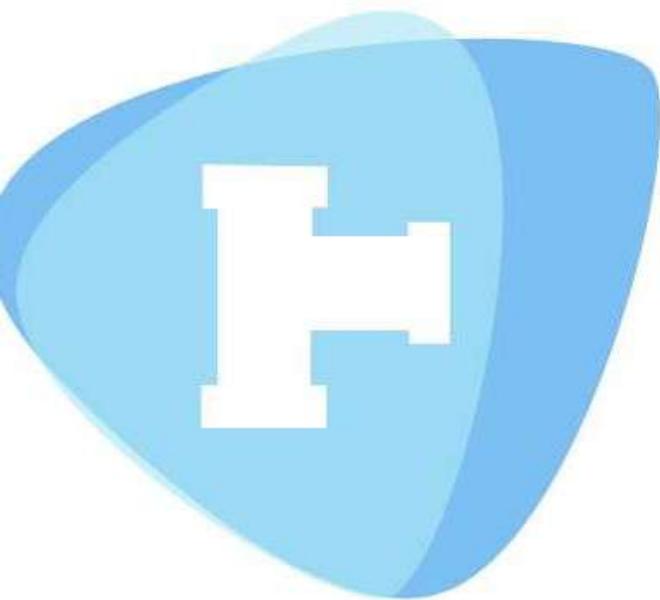
- Diseño mecánico de tubos de hormigón para presión
Luis Alberto Agudo Fernández (2009) 59

Casos prácticos

- Revestimiento del Canal de Sentmenat en el Baix Empordá, Girona con tubería de hormigón postesado con camisa de chapa
José Angel Hernandez y Daniel Pastor (2011) 83
- Experiencias y resultados de la puesta en marcha en las tuberías de hormigón en grandes diámetros de las obras del Páramo Bajo
Rubén Jiménez González (2016) 109
- Conexión de la presa de Lasesa con los sectores de riego XXX, XXXI y XXXII de la Comunidad de Regantes de Lasesa en Sariñena, Huesca
Ramiro Sarvisé Buil (2018) 127
- Conducciones del circuito hidráulico Roxo-Sado. Portugal
María Domínguez Domínguez y Gonçalo Fialho (2018) 139
- Desdoblamiento de los sifones 4 y 5 del Canal del Piedras en Cartaya, Huelva. Tubo de hormigón con camisa de chapa de DN2500 y junta elástica doble
Jose Antonio Cornejo Macías y Juan Pablo Guerrero Pasquau (2018) 145
- Sifón en Canal Principal Bajo Payuelos Fase II León 3 km de tubería de 2600 mm en hormigón armado con camisa de chapa y junta soldada
Juan Pablo Guerrero Pasquau (2012) 153
- Informe de tubería de hormigón postesado con camisa chapa de 1988 de la Comunidad de Regantes del Puntal en Huesca
Juan Pablo Guerrero Pasquau (2016) 171

Cuaderno 4

Tuberías de
hormigón y de
gres en redes de
saneamiento



curso sobre
diseño e
instalación
de **tuberías**

**Publicación conmemorativa 20
aniversario**

2001 - 2020

Cuaderno 4 - Tuberías de hormigón armado y de gres en redes de saneamiento y drenaje urbano

Tuberías de hormigón armado

Características generales

Dentro de las comunicaciones sobre tuberías de hormigón armado presentadas en las diferentes ediciones del Curso de Tuberías se destacan en primer lugar las dos siguientes como representativas de las características generales de esta tipología de tuberías, abarcando los aspectos de fabricación, dimensiones, sistemas de unión, normativa, diseño, instalación, etc. La primera proviene de la Confederación Hidrográfica del Miño Sil (una de las administraciones en España con más experiencia en el uso de estas conducciones) y la otra de uno de los más importantes fabricantes de estas conducciones (Borondo):

- *Tuberías de hormigón armado en redes de saneamiento y drenaje urbano* (Ignacio Pardo de Vera Moreno, 2013)
- *Conducciones prefabricadas de hormigón armado para saneamiento y drenaje* (José Rodríguez Soalleiro, 2006)

Soluciones tecnológicas avanzadas

A continuación, se han recopilado cinco comunicaciones englobadas en lo que se ha denominado como soluciones tecnológicas avanzadas, que incluyen avances recientes en el uso de estas tipologías (revestimientos de PE, aplicaciones especiales como en tanques de tormenta, marcos de grandes dimensiones o la ejecución de grandes colectores mediante dovelas de hormigón). Todas ellas fueron presentadas desde ANDECE, la Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón

- *Tubos de hormigón armado con recubrimiento interior de PEHD* (Juan Antúnez, 2019)
- *Rehabilitación y protección de conducciones de hormigón con revestimientos resistentes a ambientes agresivos* (Pedro A. Madera, 2011)
- *Tanques de tormentas prefabricados de hormigón* (Eduardo Angulo, 2019)
- *Dovelas prefabricadas para conducciones hidráulicas* (Rosa Pérez, 2019)
- *Marcos prefabricados. Soluciones sencillas para múltiples usos* (Joaquim Servent, 2019)

Instalación y montaje

Dentro del apartado de instalación y montaje se han seleccionado dos conferencias. La primera se centra en las instalaciones habituales de las tuberías de hormigón (en zanja, terraplén, zanja terraplenada o en zanja inducida en terraplén) y la segunda hace referencia a algunas instalaciones especialmente complejas en las que se requieren características especiales para la tubería (hincas, niveles freáticos altos, etc.)

- *Instalación de tuberías de hormigón en zanja, terraplén, zanja terraplenada y zanja inducida en terraplén* (Víctor Flórez, 2011)
- *Comportamiento de los tubos de hormigón armado en entornos complejos* (José Rodríguez Soalleiro y Miguel Ángel Sanjuán, 2016)

Al igual que en otros materiales, las conferencias aquí seleccionadas sobre instalación referidas específicamente a tuberías de hormigón armado se deben complementar con las incluidas en el Cuaderno 7 Instalación que conforma esta publicación. En particular se recomienda la lectura de las charlas referentes a hinca de tuberías por empuje (pues habitualmente son de hormigón armado) así como la siguiente conferencia de Víctor Flórez (de la empresa FCC y colaborador de todas las ediciones del Curso de Tuberías) que profundiza en detalle en esta tecnología de instalación (bastante frecuente en las tuberías de hormigón) y que complementa la primera de las charlas incluidas en este apartado.

- *Instalación de conducciones en zanja inducida en terraplén* (Víctor Flórez, 2008)

Diseño

Se han seleccionado las dos siguientes charlas sobre aspectos de diseño específicos de las tuberías de hormigón armado en redes de saneamiento y drenaje:

- *Determinación del recubrimiento mínimo de las armaduras en el hormigón estructural* (Juan Carlos López Agüi, 2010)
- *Recubrimiento mínimo de armaduras en hormigón estructural. Ampliación del método directo y aplicación del Anejo 9 de la EHE 08* (José Rodríguez Soalleiro, 2010)

Casos prácticos

De los casos prácticos sobre tuberías de hormigón armado en las diferentes ediciones del Curso de Tuberías se han seleccionado los dos siguientes (el segundo caso práctico se aborda con dos conferencias, una de la propiedad, la Mancomunidad de la Comarca de Pamplona, y la otra del fabricante de la tubería, Prefabricados Arenzana):

- *La red de saneamiento de arroyo Culebro. Consideraciones a la ejecución* (Álvaro Martínez Dietta, 2005)
- *Ampliación de colectores de aguas pluviales en urbanización Zizur Mayor. 1 de 2* (Álvaro Martínez Reguera y Carlos Carrascal González, 2015)
- *Ampliación de colectores de aguas pluviales en urbanización Zizur Mayor. 2 de 2* (José Ramón Arenzana, 2015)

Son destacables también como casos prácticos de instalación de tuberías de hormigón armado en redes de saneamiento y drenaje urbano las experiencias recogidas en el Cuaderno 7 Instalación que conforma esta publicación sobre tuberías de hormigón instaladas mediante hinca por empuje.

Tuberías de gres

De las comunicaciones sobre tuberías de gres presentadas a los Cursos de Tuberías se han seleccionado las dos siguientes, una sobre las características generales de esta tipología de conducciones (presentada desde la empresa Keramo, fabricante de estos tubos), y la segunda sobre un caso práctico de referencia, que incluye un tramo en hinca (desarrollada desde Emasesa).

- *Tubos de gres en redes de saneamiento y drenaje urbano* (Chris McCormack, 2015)
- *Microtúnel plaza. Juan de Austria por afección de la Línea 1 del Metro. Sevilla* (Mario Cabello, 2012)

Índice

Tuberías de hormigón armado

Características generales

Tuberías de hormigón armado en redes de saneamiento y drenaje urbano
Ignacio Pardo de Vera Moreno (2013) 9

Conducciones prefabricadas de hormigón armado para saneamiento y drenaje
José Rodríguez Soalleiro (2006) 27

Soluciones tecnológicas avanzadas

Tubos de hormigón armado con recubrimiento interior de PEHD
Juan Antúnez Marín (2019) 41

Rehabilitación y protección de conducciones de hormigón con revestimientos
resistentes a ambientes agresivos
Pedro A. Madera Arroyo (2011) 47

Tanques de tormentas prefabricados de hormigón
Eduardo Angulo Martínez (2019) 55

Dovelas prefabricadas para conducciones hidráulicas
Rosa Pérez Luna (2019) 63

Marcos prefabricados. Soluciones sencillas para múltiples usos
Joaquim Servent Rovirosa (2019) 79

Instalación y montaje

Instalación de tuberías de hormigón en zanja, terraplén, zanja terraplenada y
zanja inducida en terraplén
Víctor Flórez Casillas (2011) 101

Comportamiento de los tubos de hormigón armado en entornos complejos
José Rodríguez Soalleiro y Miguel Ángel Sanjuán (2016) 119

Diseño

Recubrimiento mínimo de armaduras en hormigón estructural. Ampliación del método
directo y aplicación del ANEJO 9 de la EHE 08
José Rodríguez Soalleiro (2010) 129

Determinación del recubrimiento mínimo de las armaduras en el hormigón estructural
conforme con la EHE-08, en función del tipo de cemento utilizado y las clases
de exposición que inducen procesos de corrosión de las armaduras
(clases IIa, IIb, IIIa, IIIb, IIIc y IV \approx Qa)
*Juan Carlos López Agüí, Manuel Burón Maestro, Luis Fernández Luco,
Sergio Carrascón Ortiz (2010)* 135

Casos prácticos

La red de saneamiento de arroyo Culebro. Consideraciones a la ejecución
Álvaro Martínez Dietta (2005) 151

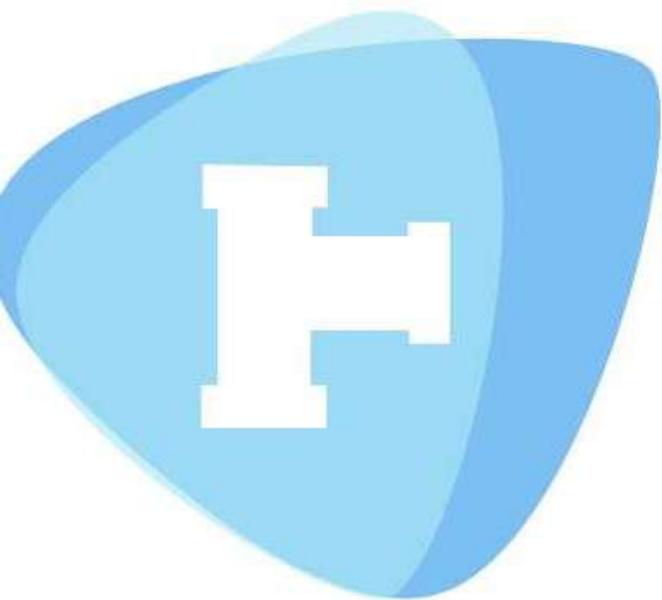
| | |
|---|-----|
| Ampliación de colectores de aguas pluviales en urbanización Zizur Mayor (1 de 2) <i>Álvaro Martínez Reguera y Carlos Carrascal González (2015)</i> | 169 |
| Ampliación de colectores de aguas pluviales en urbanización Zizur Mayor (2 de 2) <i>José Ramón Arenzana (2015)</i> | 177 |

Tuberías de gres

| | |
|---|-----|
| Tubos de gres en redes de saneamiento y drenaje urbano <i>Chris McCormack (2015)</i> | 191 |
| Microtúnel Pza. Juan de Austria por afección de la Línea 1 del Metro. Sevilla <i>Mario Cabello Obel (2012)</i> | 199 |

Cuaderno 5

Tuberías de materiales plásticos



curso sobre
diseño e
instalación
de **tuberías**

**Publicación conmemorativa 20
aniversario**

2001 - 2020

Cuaderno 5 - Tuberías de materiales plásticos

Presentación

Las tuberías de materiales plásticos constituyen el tema sobre el que más comunicaciones se han presentado en las diferentes ediciones del Curso de Tuberías, habida cuenta de la variedad tipológica disponible (PVC-U, PVC-O, PE, PP, PRFV, hormigón polímero, etc.). En concreto, en este Cuaderno se han seleccionado un total de 45 comunicaciones.

En primer lugar, se han incluido cinco comunicaciones que presentan de manera general las distintas tipologías disponibles de tuberías de materiales plásticos según su empleo (abastecimiento, saneamiento o redes de riego), haciendo hincapié en sus características técnicas, ventajas, diferencias con otros materiales etc. Estas comunicaciones son las siguientes, las cuales, además, se han seleccionado procurando que tengan distintos orígenes (empresas públicas, empresas constructoras, fabricantes y sus asociaciones, etc.) para así poder tener diferentes puntos de vista:

- *El uso de tuberías de materiales plásticos en redes de abastecimiento y saneamiento* (Antonio Sandoval, 2019)
- *Tuberías de materiales plásticos en redes de riego. Consideraciones prácticas* (Blanca Berganza, 2016)
- *Singularidades específicas de las tuberías con materiales poliméricos frente a materiales alternativos y su aplicación en obra* (Victor Flórez, 2016)
- *Análisis del comportamiento de las tuberías plásticas para saneamiento sin presión enterradas* (Elisario Silva, 2010)
- *Soluciones integrales para un saneamiento sostenible* (Mónica de la Cruz, 2010)

A continuación, se ha incluido una charla sobre una aplicación informática desarrollada hace años, pero aun de aplicación, para el diseño mecánico de las tuberías de materiales termoplásticos desde el Instituto Eduardo Torroja en el marco de una colaboración con Asetub:

- *El método ATV para el diseño de tubos de materiales termoplásticos* (José Luis Esteban y José María Chillón, 2004)

Por último, como caso práctico completo del uso genérico de tuberías de materiales plásticos, se ha seleccionado un ejemplo representativo correspondiente a una obra de regadíos de SEIASA en la que se utilizaron diferentes tipologías de tuberías de materiales plásticos:

- *Conducciones de PRFV, PE y PVC en las obras de modernización del riego en la Comunidad de Regantes de “La Concepción” de Tamarite de Litera (Huesca). Experiencias adquiridas en el uso de tuberías plásticas* (José Ángel Hernández y Guillermo Fajó, 2017)

En los siguientes apartados se detallan las comunicaciones seleccionadas de manera específica para las diferentes tipologías de tuberías de materiales plásticos. En cualquier caso, se recomienda la lectura de otros Cuadernos de esta publicación en los que también se tratan temas relacionados con las tuberías de materiales plásticos, en particular en el *Cuaderno 7 Instalación*, el apartado referente a tecnologías sin zanja, materia en la que las tuberías plásticas tienen un papel muy relevante.

Tuberías de PVC-U

Sobre tuberías de PVC-U se han seleccionado dos charlas, una que presenta las características generales de esta tipología de conducciones (desde la Asociación Española de Fabricantes de Tubos y Accesorios Plásticos, AseTUB), y a continuación, un caso práctico representativo de su uso.

- *Sistemas de tuberías de PVC-U para la conducción de agua* (AseTUB, 2005)
- *Tuberías y accesorios de PVC para redes de saneamiento. Un caso práctico: Urbanización Arcosur, Zaragoza* (Joaquín Lahoz, 2010)

Tuberías de PVC-O

Las tuberías de PVC-O han ido teniendo una presencia cada vez más constante en las diferentes ediciones del Curso de Tuberías, de manera que se han seleccionado un total de cinco contribuciones, dos sobre las características generales de estas tuberías (en las que se hacía especial hincapié en sus ventajas ambientales), una tercera relativa a una aplicación informática para su cálculo mecánico basado en el método UNE 53331 y ATV y dos con sendos casos prácticos representativos del uso de estas conducciones en zonas regables:

- *Tuberías de PVC Orientado: eficiencia, ahorro energético y sostenibilidad* (Yolanda Martínez del Amo, 2013)
- *Redes sostenibles en PVC Orientado (PVC-O). Huella ambiental* (Yolanda Martínez del Amo, 2016)
- *Cálculo mecánico de tuberías de PVC-O en proyectos de modernización y transformación de regadío* (Marcos Rincón, 2018)
- *Mejora de la calidad de las aguas para riego en Comunidad de Regantes de Cuevas de Almanzora, Almería* (Marcos Rincón, Jorge Muñoz y Francisco Molina, 2017)
- *Tuberías de PVC-O de DN500 y DN630 en una zona regable de Murcia* (Blanca Berganza, 2014)

Tuberías de PE

Las tuberías de PE han sido también objeto de numerosas presentaciones en el Curso de Tuberías, habiendo seleccionado en este Cuaderno, siete de ellas, cinco sobre sus características generales (haciendo hincapié en la tecnología de la soldadura) y dos casos prácticos (uno de una aplicación convencional en una zona regable y otro más específico de la instalación de estas tuberías con zanjadora y tendedora):

- *Control de uniones soldadas a tope en tubos de PE* (Rodolfo Vegas, 2006)
- *Aumento de la productividad en soldadura a tope de tuberías de PE* (Rafael Quintero, 2009)
- *Fases de montaje para tubería de polietileno en obra. Análisis y experiencias* (Joan Tous, 2018)
- *Tubería de PE de gran diámetro XXL (DN 1600 a 3500 mm) para todo tipo de aplicaciones y rehabilitación de conducciones* (Borja de Andrés, 2019)
- *Avances en soldadura de tubos de PE. Situación actual* (Rodolfo Vegas, 2007)
- *Utilización de PE de última generación PE 100 RC y accesorios de alta seguridad electrosoldables Frialen® en la red de abastecimiento a los núcleos de población inmediatos al Acueducto Tajo Segura, Cuenca* (Javier Iglesias, Carlos Merodio, Federico López Zafra, y José Luis Sánchez Carcaboso, 2016)
- *Instalación de tubería de PE con zanjadora en obra* (Ignacio Arbizu, 2009)

Emisarios submarinos

El uso de tuberías de materiales plásticos en emisarios submarinos (habitualmente de PE) ha sido también materia de presentaciones en casi todas las ediciones del Curso de Tuberías. En este Cuaderno, se han seleccionado un total de ocho comunicaciones al respecto. En primer lugar, se han incluido cuatro charlas de carácter teórico sobre las tuberías de materiales plásticos en el ámbito de los emisarios submarinos, la primera con una serie de criterios de diseño generales independientemente del material de la tubería y a

continuación tres charlas específicas una sobre cada uno de los materiales más habituales en emisarios submarinos (PE de pared compacta, PE electrosoldado de pared estructurada con refuerzos de PP y PE de pared estructurada con posibilidad de rellenar los huecos de los nervios):

- *Conducciones submarinas para plantas desaladoras* (Eloy Pita, 2019)
- *Emisarios submarinos con tubería de PE de pared compacta* (Salvador Llobet, 2016)
- *Nueva tubería electrosoldada de PE hasta 4 m de diámetro. Ventajas y aplicaciones* (PPA KRAH, 2006)
- *Ventajas constructivas del PE de pared estructurada sobre otros materiales en emisarios submarinos. Grandes diámetros* (Ulf A. Berg, Christian Vestman y Pablo Ramón, 2011)

A continuación, se han seleccionado cinco casos prácticos sobre el uso de estas tuberías: los dos primeros con tubería de PE de pared compacta; los dos siguientes con tubería de PE de pared estructurada electrosoldada (el segundo no es propiamente en un emisario submarino sino en una zona regable, pero es muy representativo del uso de esta tipología de tuberías) y el último un caso mixto de tubería de PE de pared compacta en el que se empleó también una tubería de hormigón polímero en una hinca previa:

- *Proyecto del emisario submarino de Xagó. Saneamiento de la ría de Avilés. Fondeo con tubería de PEAD* (Jesús José Solís, 2012)
- *Obras del nuevo emisario submarino de Talamanca en Ibiza* (Roberto Ocón, Carlos Nodal y Javier Iglesias, 2017)
- *El emisario de aguas residuales de la ciudad de Lima, de 3 m de diámetro* (César Lorido y Eloy Pita, 2011)
- *Diseño e instalación de la red de abastecimiento con tubería de polietileno estructurado en la Comunidad de Regantes de Pals, Gerona* (Oriol Roger, Rubén Díez y Josep Delas, 2009)
- *El emisario submarino de la EDAR de Bens: tubería de hormigón polímero en el tramo de hinca y tubería de PE en el tramo fondeado* (Ignacio Maestro y Marcos de la Fuente, 2011)

Tuberías de PRFV

Las tuberías de PRFV han constituido otro de los grandes ejes de presentaciones en materia de conducciones de materiales plásticos en las distintas ediciones del Curso de Tuberías. De esta manera, en primer lugar, se han incluido en este Cuaderno nueve presentaciones de carácter teórico sobre ellas; la primera es de carácter general sobre las propiedades de estas tuberías, siete responden a aplicaciones especiales (industria, centrales hidroeléctricas, hincas, rehabilitación de colectores, grandes diámetros, tanques de tormenta, etc.) y una última está dedicada específicamente a la instalación de estas conducciones:

- *Diseño de tuberías y accesorios de PRFV para la conducción de agua y saneamiento con y sin presión* (Departamento Técnico Amiblu, 2013)
- *Tubería Flowtite GREY. Alta eficiencia y ahorro* (Departamento Técnico Amiblu, 2016)
- *Grandes aplicaciones en tubería de PRFV DN4000 a presión* (Departamento Técnico Amiblu, 2008)
- *Tuberías de PRFV para aplicaciones industriales* (Departamento Técnico Amiblu, 2009)
- *Tuberías de PRFV empleadas en centrales hidroeléctricas* (Departamento Técnico Amiblu, 2007)
- *Sistemas de tuberías de PRFV para instalación en hinca* (Departamento Técnico Amiblu, 2017)
- *Tuberías de PRFV NC con sección no circular para la rehabilitación de colectores* (Departamento Técnico Amiblu, 2019)
- *Diseño (concepción) de tanques de tormenta premontados de PRFV* (Departamento Técnico Amiblu, 2016)

- *Fases de montaje de tubería de PRFV en obra. Análisis y experiencias. Piezas especiales para tuberías de PRFV* (Joan Tous, 2016)

Como casos prácticos representativos del uso de estas tuberías se han seleccionado tres; dos corresponden a aplicaciones convencionales bastante relevantes en los últimos años, un tercero a una instalación industrial en una planta desaladora y el cuarto a un caso más específico, para un tanque de tormenta.

- *Obra en PRFV de la variante de un tramo de canal principal de la MCT en terrenos yesíferos* (Esther Esquilas, 2009)
- *Ejecución de una conducción de PRFV de gran diámetro en una zona inundable de arrozal. La impulsión Marquesa del trasvase Júcar- Vinalopó* (Arturo Rueda, 2011)
- *Diseño e instalación del tanque de tormenta de Gall Mullat en Piera-Barcelona (600 m3) mediante tubería de PRFV* (Departamento Técnico Amiblu, 2009)

Tuberías de PP

Las tuberías de PP en redes de saneamiento y drenaje urbano han sido objeto también de alguna presentación en el Curso de Tuberías. En este Cuaderno se han seleccionado dos comunicaciones en este campo, una relativa a las características de los tubos y otra a la de los pozos de registro.

- *Tubos estructurados de PP-B para saneamiento enterrado sin presión. Diseño y características* (Elisario Silva, 2008)
- *Sistema de pozos estancos en redes de saneamiento* (Juan Vicente Pastor, 2019)

Además de las anteriores, la comunicación incluida en el capítulo de Conceptos generales de este Cuaderno trata también en detalle las características de estas tuberías de PP:

- *Análisis del comportamiento de las tuberías plásticas para saneamiento sin presión enterradas* (Elisario Silva, 2010)

Tuberías de hormigón polímero

En alguna de las ediciones del Curso de Tuberías se ha incluido también alguna conferencia sobre esta tipología de tuberías, en este Cuaderno se ha seleccionado la siguiente como representativa de este material:

- *Tubos de hormigón polímero para aplicaciones especiales* (Departamento Técnico Amiblu, 2006)

No obstante, se recomienda también la lectura de la siguiente comunicación incluida en el capítulo de Emisarios submarinos de este Cuaderno referente a este material:

- *El emisario submarino de la EDAR de Bens: tubería de hormigón polímero en el tramo de hincia y tubería de PE en el tramo fondeado* (Ignacio Maestro y Marcos de la Fuente, 2011)

Índice

Conceptos generales

| | |
|---|----|
| El uso de tuberías de materiales plásticos en redes de abastecimiento y saneamiento <i>Antonio Sandoval Zabal (2019)</i> | 11 |
| Tuberías de materiales plásticos en redes de riego. Consideraciones prácticas <i>Blanca Berganza López (2016)</i> | 41 |
| Singularidades específicas de las tuberías con materiales poliméricos frente a materiales alternativos y su aplicación en obra <i>Víctor E. Flórez Casillas (2016)</i> | 47 |
| Análisis del comportamiento de las tuberías plásticas para saneamiento sin presión enterradas <i>Elisario Silva (2010)</i> | 55 |
| Soluciones integrales para un saneamiento sostenible <i>Mónica de la Cruz (2010)</i> | 71 |
| El método ATV para el diseño de tubos de materiales termoplásticos <i>José Luis Esteban y José María Chillón (2004)</i> | 81 |

Casos prácticos

| | |
|--|----|
| Conducciones de PRFV, PE y PVC en las obras de modernización del riego en la Comunidad de Regantes de “La Concepción” de Tamarite de Litera (Huesca). Experiencias adquiridas en el uso de tuberías plásticas <i>José Ángel Hernández Redondo y Guillermo Fajó Tierz (2017)</i> | 89 |
|--|----|

Tuberías de PVC-U

| | |
|--|-----|
| Sistemas de Tuberías de PVC-U para la conducción de agua <i>AseTUB, Asociación Española de Fabricantes de Tubos y Accesorios Plásticos (2005)</i> | 101 |
|--|-----|

Casos prácticos

| | |
|--|-----|
| Tuberías y accesorios de PVC para redes de saneamiento. Un caso práctico: Urbanización Arcosur (Zaragoza) <i>Joaquín Lahoz (2010)</i> | 111 |
|--|-----|

Tuberías de PVC-O

| | |
|---|-----|
| Tuberías de PVC Orientado: eficiencia, ahorro energético y sostenibilidad <i>Martínez del Amo, Yolanda (2013)</i> | 117 |
| Redes sostenibles en PVC Orientado (PVC-O). Huella ambiental <i>Yolanda Martínez del Amo (2016)</i> | 123 |
| Cálculo mecánico de tuberías de PVC-O en proyectos de modernización y transformación de regadío <i>Marcos Rincón Benito (2018)</i> | 127 |

Casos prácticos

| | |
|---|-----|
| Mejora de la calidad de las aguas para riego en la C.R de Cuevas del Almanzora (Almería) <i>Marcos Rincón Benito, Jorge Muñoz Díaz y Francisco Molina Serrano (2017)</i> | 139 |
| Tuberías de PVC-O de DN500 y DN630 en una zona regable de Murcia <i>Blanca Berganza (2014)</i> | 149 |

Tuberías de PE

| | |
|---|-----|
| Control de uniones soldadas a tope en tubos de PE <i>Rodolfo Vegas Calderón (2006)</i> | 153 |
| Avances en soldadura de tubos de PE. Situación actual <i>Rodolfo Vegas Calderón (200)</i> | 169 |
| Aumento de la productividad en soldadura a tope de tuberías de PE <i>Rafael Quintero y José Ramón Arístegui (2009)</i> | 191 |
| Fases de montaje para tubería de polietileno en obra. Análisis y experiencias <i>Joan Tous (2018)</i> | 199 |
| Tubería de PE de gran diámetro XXL (DN 1600 a 3500 mm) para todo tipo de aplicaciones y rehabilitación de conducciones <i>Borja de Andrés (2019)</i> | 217 |

Casos prácticos

| | |
|--|-----|
| Utilización de PE de última generación PE 100 RC y accesorios de alta seguridad electrosoldables Frialen® en la red de abastecimiento a los núcleos de población inmediatos al Acueducto Tajo Segura, Cuenca <i>Javier Iglesias, Carlos Merodio, Federico López Zafra, y José L. Sánchez Carcaboso (2016)</i> | 231 |
| Instalación de tubería de PE con zanjadora en obra <i>Ignacio Arbizu Cordejuela (2009)</i> | 261 |

Emisarios submarinos

| | |
|---|-----|
| Conducciones submarinas para plantas desaladoras <i>Eloy Pita Olalla (2019)</i> | 271 |
| Emisarios submarinos con tubería de PE de pared compacta <i>Salvador Llobet (2016)</i> | 281 |
| Nueva tubería electrosoldada de PE hasta 4 m de diámetro. Ventajas y aplicaciones <i>PPA KRAH (2006)</i> | 301 |
| Ventajas constructivas del PE de pared estructurada sobre otros materiales en emisarios submarinos. Grandes diámetros <i>Ulf A. Berg, Christian Vestman y Pablo Ramón (2011)</i> | 313 |

Casos prácticos

| | |
|---|-----|
| Proyecto del emisario submarino de Xagó. Saneamiento de la ría de Avilés. Fondeo con tubería de PEAD <i>Jesús José Solís García (2012)</i> | 325 |
| Obras del nuevo emisario submarino de Talamanca en Ibiza <i>Roberto Ocón, Carlos Nodal y Javier Iglesias (2017)</i> | 339 |
| El emisario de aguas residuales de la ciudad de Lima, de 3 m de diámetro <i>César Lorido y Eloy Pita (2011)</i> | 357 |

Diseño e instalación de la red de abastecimiento con tubería de polietileno estructurado en la Comunidad de Regantes de Pals (Gerona)
Oriol Roger Pubill Amoros, Rubén Díez Sánchez y Josep Delas Marti (2009) 363

El emisario submarino de la EDAR de Bens: tubería de hormigón polímero en el tramo de hinca y tubería de PE en el tramo fondeado
Ignacio Maestro y Marcos de la Fuente (2011) 401

Tuberías de PRFV

Diseño de tuberías y accesorios de PRFV para la conducción de agua y saneamiento con y sin presión
Departamento Técnico Amiblu (2013) 421

Tubería Flowtite GREY. Alta eficiencia y ahorro
Departamento Técnico Amiblu (2016) 439

Grandes aplicaciones en tubería de PRFV DN4000 a presión
Departamento Técnico Amiblu (2008) 453

Tuberías de PRFV para aplicaciones industriales
Departamento Técnico Amiblu (2009) 467

Tuberías de PRFV empleadas en centrales hidroeléctricas
Departamento Técnico Amiblu (2007) 483

Sistemas de tuberías de PRFV para instalación en hinca
Departamento Técnico Amiblu (2017) 497

Tuberías de PRFV NC con sección no circular para la rehabilitación de colectores
Departamento Técnico Amiblu (2019) 507

Diseño (concepción) de tanques de tormenta premontados de PRFV
Departamento Técnico Amiblu (2016) 523

Casos prácticos

Obra en PRFV de la variante de un tramo de canal principal de la MCT en terrenos yesíferos
Esther Esquilas Muñoz (2009) 541

Ejecución de una conducción de PRFV de gran diámetro en una zona inundable de arrozal. La impulsión Marquesa del trasvase Júcar- Vinalopó
Arturo Rueda Rieu (2011) 549

Diseño e instalación del tanque de tormenta de Gall Mullat en Piera-Barcelona (600m³) mediante tubería de PRFV
Departamento Técnico Amiblu (2009) 557

Tuberías de PP

Tubos estructurados de PP-B para saneamiento enterrado sin presión. Diseño y características
Elisario Silva (2008) 571

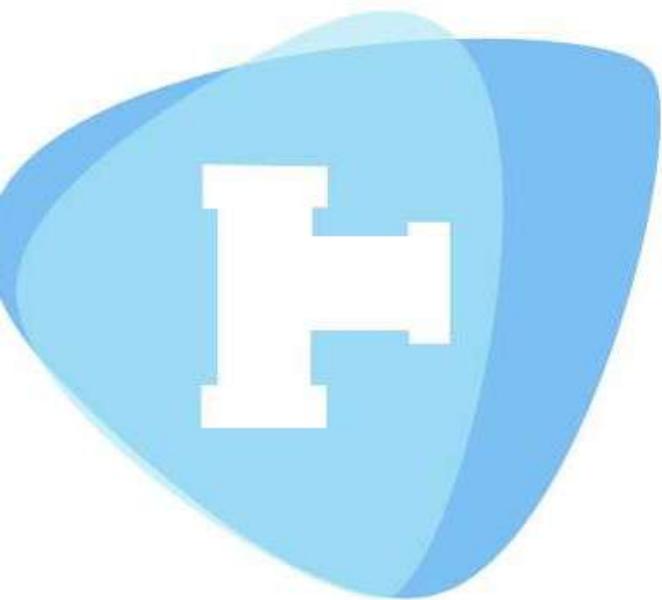
Sistema de pozos estancos en redes de saneamiento
Juan Vicente Pastor (2019) 589

Tuberías de hormigón polímero

Tubos de hormigón polímero para aplicaciones especiales
Departamento Técnico Amiblu (2006) 603

Cuaderno 6

Elementos
complementarios en
redes de tuberías



curso sobre
diseño e
instalación
de **tuberías**

Publicación conmemorativa 20
aniversario

2001 - 2020

Cuaderno 6 - Elementos complementarios en redes de tuberías

Presentación

El presente Cuaderno recoge una serie de presentaciones realizadas en las diferentes ediciones del Curso de Tuberías relativas a aquellos componentes que intervienen en un sistema de conducciones diferentes a las propias tuberías. Estos componentes se han clasificado de la siguiente manera:

- Válvulas
- Elementos y herramientas para el control de fugas en redes de abastecimiento
- Otros elementos complementarios en conducciones de abastecimiento
- Elementos complementarios en redes de saneamiento y drenaje urbano

Válvulas

Las válvulas (y otros componentes similares) han ocupado siempre un espacio importante en todas las ediciones celebradas del Curso de Tuberías, habiéndose seleccionado en este Cuaderno un total de 20 comunicaciones de esta materia

En primer lugar, se han incluido 5 comunicaciones dedicadas a aspectos generales o comunes a todas las válvulas independientemente de su tipología específica. En primer lugar, y a modo de introducción lo más global a la materia, se ha seleccionado una charla descriptiva de todos los elementos de protección que intervienen en un sistema de conducciones, incluyendo válvulas, elementos antigolpe de ariete, etc. Como se ha indicado en otros de los diferentes Cuadernos que conforman esta publicación, esta charla pertenece a una serie de varias del mismo autor sobre las características generales de diferentes tipologías de tuberías (acero, fundición y materiales plásticos). Junto a esta charla introductoria se ha incluido otra dedicada a los aspectos normativos de las válvulas:

- *Elementos de protección en sistemas de conducciones* (Antonio Sandoval Zabal, 2016)
- *Normativa de válvulas* (Imelda Pinilla, 2006)

A continuación, se han incluido dos charlas dedicadas a los elementos destinados al control del golpe de ariete de las conducciones, tanto desde un punto de vista descriptivo como de su diseño:

- *Elementos antigolpe de ariete* (Alfonso Palma Villalón, 2004)
- *Diseño de calderines, chimeneas de equilibrio y otros elementos de amortiguación del golpe de ariete* (Gustau Garcia Guasch 2010)

Por último, dentro de este tema introductorio se ha recogido una charla dedicada a la prevención del fenómeno de la cavitación, característico de las válvulas:

- *La cavitación en válvulas* (Vicente Sansaloni Company, 2012)

Ventosas

Sobre ventosas y purgadores se han seleccionado cuatro charlas relativas a su tipología, diseño y criterios de ubicación:

- *Dimensionamiento de elementos de abducción y venteo en conducciones* (Jaime Gil Navas, 2009)
- *Criterios de diseño en ventosas y elementos de aireación* (Pedro L. Iglesias Rey, 2008)

- *Reflexiones sobre válvulas de aireación. Soluciones actuales* (Vicente Sansaloni Company, 2010)
- *Diseño e instalación de ventosas. Criterios prácticos* (Ignacio Gandarillas Prieto, 2013)

Válvulas de regulación o de control

Las válvulas de regulación o de control (entendidas como aquellas que sirven para controlar las variables hidráulicas del sistema como la presión, el caudal o el nivel para proteger el sistema frente a incidentes) han sido también objeto de numerosas presentaciones en los cursos de tuberías, habiéndose seleccionado las siguientes como representativas de esta tipología:

- *Válvulas de regulación en redes de abastecimiento y distribución de agua* (Vicente Sansaloni, 2008)
- *Válvulas hidráulicas de diafragma. Aplicaciones de un producto muy versátil* (Vicente Sansaloni, 2019)
- *Válvulas hidráulicas automáticas en redes de transporte y abastecimiento* (Santi Singla, 2010)
- *Válvulas de control de nivel en depósitos* (Ignacio Gandarillas Prieto, 2016)

Válvulas de corte

Sobre válvulas de corte (de compuerta o mariposa) no ha habido muchas presentaciones específicas en las ediciones del Curso de Tuberías. Se ha seleccionado la siguiente como un caso representativo de interés:

- *Válvulas de mariposa doble excéntricas* (Miguel Ángel Pardo, 2018)

Válvulas de retención o antirretorno

Referente a válvulas de retención (o antirretorno o de clapeta) se han incluido en esta publicación las dos siguientes charlas, una de carácter general sobre esta tipología de válvulas y otra específica referida a su aplicación en estaciones de bombeo.

- *Válvulas de retención. Tipologías y aplicaciones* (Vicente Sansaloni Company, 2018)
- *Estaciones de bombeo compactas libres de atascos para aguas residuales. Válvulas de retención* (Vicente Sansaloni Company, 2017)

Válvulas en instalaciones especiales (presas y estaciones de bombeo)

Por último, se han reproducido dos charlas relativas a las válvulas específicas que requieren las presas (compuerta Bureau, Howell Bunger, etc) y otra sobre las que requieren las estaciones de bombeo (incluyendo las antirretorno sobre las que ya se ha hablado en el apartado anterior).

- *Conducciones y válvulas en presas* (Antonio Sandoval Zabal, 2018)
- *Válvulas y elementos de control para el sector de presas y centrales hidroeléctricas* (Vicente Sansaloni Company, 2016)
- *Válvulas para estaciones de bombeo* (José Carlos Rueda López, 2016)

Elementos y herramientas para el control de fugas en redes de abastecimiento

El control de las fugas en las redes de abastecimiento de agua ha sido un tema que también se ha tratado en distintas ediciones del Curso de Tuberías. Este asunto se ha enfocado desde diversas perspectivas, desde las técnicas para la detección de fugas a las distintas estrategias posibles para la reducción de fugas, incluyendo medidas como la reparación de roturas, la gestión de presiones, la sectorización de las redes, etc. En concreto se han seleccionado las cinco siguientes conferencias como representativas de lo tratado en este tema en el Curso de Tuberías:

- *Reducción de fugas en las redes de distribución de agua. La gestión de la presión como factor clave dentro de la metodología IWA* (Santi Singla Font, 2013)
- *Gestión de presiones. Presentación de nuevos sistemas de control para válvulas de regulación* (Vicente Sansaloni Company, 2010)
- *Técnicas de detección de fugas en conducciones en servicio* (Javier García, 2010)
- *La detección de fugas en redes de abastecimiento* (Daniel Pérez, 2019)
- *Soluciones para el control de redes y sectorización* (José Carlos Rueda López, 2017)

Otros elementos complementarios en conducciones de abastecimiento

Además de las anteriores conferencias sobre válvulas, ventosas, elementos anti golpe de ariete y las diferentes herramientas para la reducción de fugas, se han seleccionado las dos siguientes charlas sobre otros posibles elementos complementarios que también intervienen en las redes de abastecimiento: las piezas especiales y los elementos para la unión y reparación en obra de conducciones de gran diámetro (la charla sobre piezas especiales aquí recogida se refiere a piezas para tuberías de diferentes materiales; para cada tipología de conducción en particular, en los respectivos Cuadernos que conforman esta publicación se han incluido conferencias específicas sobre sus piezas especiales).

- *Piezas especiales para tuberías. Características, control, montaje en obra y observaciones desde el punto de vista de la ejecución* (Joan Tous Moner, 2017)
- *Sistemas de unión, reparación y derivación para tuberías de grandes diámetros a medida* (Miguel Ángel Pardo Gómez, 2017)

Elementos complementarios en redes de saneamiento y drenaje urbano

Por último, en lo relativo a las redes de saneamiento y drenaje urbano se han seleccionado cuatro charlas sobre algunos de los elementos complementarios más característicos que intervienen en su diseño: dos sobre los elementos de disipación de energía (una en particular sobre vórtices), otra sobre el equipamiento auxiliar de estas redes, en particular en los tanques de tormenta y dos últimas sobre las acometidas.

- *Vórtices, rápidos y otros elementos de disipación de energía en redes de saneamiento. Criterios de diseño y construcción* (Ignacio Maestro, 2010)
- *Estructuras de disipación de energía en redes de drenaje urbano* (Jaime Gil Navas, 2011)
- *Equipamiento en redes de saneamiento y pluviales* (Alberto Ayesa, 2019)
- *Acometidas en redes de saneamiento* (Elena Cascón Sardiña, 2006)
- *Excel-Plus, la única solución para perpetuar las acometidas y mejorar la seguridad* (Javier Suarez, 2019)

Índice

Válvulas

Consideraciones generales

| | |
|--|----|
| Elementos de protección en sistemas de conducciones <i>Antonio Sandoval Zabal (2016)</i> | 9 |
| Normativa de válvulas <i>Imelda Pinilla (2006)</i> | 29 |
| Elementos antigolpe de ariete <i>Alfonso Palma Villalón (2004)</i> | 33 |
| Diseño de calderines, chimeneas de equilibrio y otros elementos de amortiguación del golpe de ariete <i>Gustau Garcia Guasch (2010)</i> | 49 |
| La cavitación en válvulas <i>Vicente Sansaloni Company (2012)</i> | 61 |

Ventosas

| | |
|---|-----|
| Dimensionamiento de elementos de abducción y venteo en conducciones <i>Jaime Gil Navas (2009)</i> | 83 |
| Criterios de diseño en ventosas y elementos de aireación <i>Pedro L. Iglesias Rey (2008)</i> | 95 |
| Reflexiones sobre válvulas de aireación. Soluciones actuales <i>Vicente Sansaloni Company (2010)</i> | 107 |
| Diseño e instalación de ventosas. Criterios prácticos <i>Ignacio Gandarillas Prieto (2013)</i> | 125 |

Válvulas de regulación o de control

| | |
|---|-----|
| Válvulas de regulación en las redes de abastecimiento y distribución de agua <i>Vicente Sansaloni Company (2008)</i> | 151 |
| Válvulas hidráulicas de diafragma. Aplicaciones de un producto muy versátil <i>Vicente Sansaloni Company (2019)</i> | 167 |
| Válvulas hidráulicas automáticas en redes de transporte y distribución de agua. Principio de funcionamiento, criterios de diseño y tendencia en sus aplicaciones <i>Santi Singla Font (2010)</i> | 183 |
| Válvulas de control de nivel en depósitos <i>Ignacio Gandarillas Prieto (2016)</i> | 201 |

Válvulas de corte

| | |
|--|-----|
| Válvulas de mariposa doble excéntricas <i>Miguel Ángel Pardo (2018)</i> | 215 |
|--|-----|

Válvulas de retención o antirretorno

| | |
|--|--|
| Válvulas de retención. Tipologías y aplicaciones | |
|--|--|

| | |
|--|-----|
| <i>Vicente Sansaloni Company (2018)</i> | 221 |
| Estaciones de bombeo compactas libres de atascos para aguas residuales. Válvulas de retención <i>Vicente Sansaloni Company (2017)</i> | 255 |

Válvulas en instalaciones especiales (presas y estaciones de bombeo)

| | |
|---|-----|
| Conducciones y válvulas en presas <i>Antonio Sandoval Zabal (2018)</i> | 269 |
| Válvulas y elementos de control para el sector de presas y centrales hidroeléctricas <i>Vicente Sansaloni Company (2016)</i> | 291 |
| Válvulas para estaciones de bombeo <i>Jose Carlos Rueda López (2016)</i> | 317 |

Herramientas para el control de fugas en redes de abastecimiento

| | |
|---|-----|
| Reducción de fugas en las redes de distribución de agua. La gestión de la presión como factor clave dentro de la metodología IWA <i>Santi Singla Font (2013)</i> | 343 |
| Nuevos sistemas de control para válvulas reguladoras de presión en redes de distribución <i>Santiago Ramas López y Vicente Sansaloni Company (2010)</i> | 351 |
| Técnicas de detección de fugas en conducciones en servicio <i>Javier García (2010)</i> | 365 |
| La detección de fugas en redes de abastecimiento <i>(Daniel Pérez, 2019)</i> | |
| Soluciones para el control de redes y sectorización <i>Jose Carlos Rueda López (2017)</i> | |

Otros elementos complementarios en conducciones de abastecimiento

| | |
|---|--|
| Piezas especiales para tuberías. Características, control, montaje en obra y observaciones desde el punto de vista de la ejecución <i>Joan Tous Moner (2017)</i> | |
| Sistemas de unión, reparación y derivación para tuberías de grandes diámetros a medida <i>Miguel Ángel Pardo Gómez (2017)</i> | |

Elementos complementarios en redes de saneamiento y drenaje urbano

| | |
|---|--|
| Vórtices, rápidos y otros elementos de disipación de energía en redes de saneamiento. Criterios de diseño y construcción <i>Ignacio Maestro (2010)</i> | |
| Estructuras de disipación de energía en redes de drenaje urbano <i>Jaime Gil Navas (2011)</i> | |
| Equipamiento en redes de saneamiento y pluviales <i>Alberto Ayesa (2019)</i> | |
| Acometidas en redes de saneamiento <i>(Elena Cascón Sardiña, 2006)</i> | |
| Excel-Plus, la única solución para perpetuar las acometidas y mejorar la seguridad <i>(Javier Suarez, 2019)</i> | |

Cuaderno 7

Instalación y montaje de tuberías



curso sobre
diseño e
instalación
de **tuberías**

Publicación conmemorativa 20
aniversario

2001 - 2020

Cuaderno 7 - Instalación y montaje de tuberías

Presentación

Este Cuaderno relativo a la instalación y montaje de las conducciones comprende un total de 42 comunicaciones presentadas a lo largo de las diferentes ediciones del Curso de Tuberías relativas a criterios de montaje e instalación de tuberías independientemente de cuál sea su material constitutivo. Por su propia naturaleza el contenido de este Cuaderno es claramente transversal y se complementa con algunas charlas relativas a aspectos particulares sobre el montaje de cada tipología específica de conducción recogidas en los respectivos Cuadernos que conforman esta publicación.

Instalaciones enterradas en zanja

Las instalaciones enterradas en zanja constituyen la modalidad más habitual de montaje de las tuberías para el transporte de agua. Se han seleccionado las tres siguientes charlas sobre esta tecnología:

- *Relleno de zanjas y apoyos de tuberías* (Francisco Redondo Fernández)
- *Instalación de conducciones en zanja inducida en terraplén* (Víctor Flórez Casillas)
- *Control de aguas subterráneas en zanjas para tuberías* (Alejandro J. Ferrer Granell)

En cualquier caso, en los respectivos Cuadernos de esta publicación se han incluido también charlas específicas sobre criterios de instalación en zanja para cada tipología de tubería en particular. Por ejemplo, para las tuberías de fundición dúctil y para las de hormigón armado en redes de saneamiento y drenaje (ésta última da continuidad a la segunda de las ponencias indicadas anteriormente, se recomiendan las siguientes comunicaciones:

- *Instalación de tuberías de fundición dúctil* (Blanca Gutiérrez Osuna, 2005)
- *Instalación de tuberías de hormigón en zanja, terraplén, zanja terraplenada y zanja inducida en terraplén* (Víctor Flórez Casillas, 2011)

Para las tuberías de acero, PE y PRFV se recomiendan las siguientes charlas, todas ellas del mismo autor:

- *Etapas de trabajo en el montaje y soldadura de tubería de acero en obra. Análisis y experiencias* (Joan Tous, 2015)
- *Fases de montaje para tubería de polietileno en obra. Análisis y experiencias* (Joan Tous, 2018)
- *Fases de montaje de tubería de PRFV en obra. Análisis y experiencias. Piezas especiales para tuberías de PRFV* (Joan Tous, 2016)

En los diferentes Cuadernos que conforman esta publicación se han incluido también unos cuantos casos prácticos de cada tipología de tubería instalada en zanja. No obstante, como caso práctico genérico de esta tipología de instalación se ha seleccionado en este Cuaderno la siguiente charla, la cual (desde la experiencia de SEIASA en la ejecución de obras de regadío) se da una visión muy completa de los diferentes procesos que intervienen en el montaje de las conducciones enterradas independientemente del material constitutivo de la conducción:

- *Ejecución de obras singulares en obras de modernización de regadíos* (José Ángel Hernández Redondo)

Instalaciones aéreas

La instalación aérea de las tuberías es menos frecuente que el caso del montaje en zanja. Se ha seleccionado la siguiente charla en la que se sintetizan los criterios más frecuentes para su dimensionamiento.

- *Tuberías autoportantes (Jaime Gil Navas)*

Las conducciones de acero son las que con más frecuencia se instalan aéreas; en este sentido, se recomienda la lectura de las dos siguientes charlas incluidas en el Cuaderno de las tuberías de acero como casos prácticos representativos de esta instalación:

- *Entubado del Canal de Bullaque (Antonio Jesús Díaz, 2012)*
- *Conducción aérea de gran longitud. Experiencia en la isla de la Palma, Canarias (Jaime Gil, 2008)*

Macizos de anclaje

Los macizos de anclaje son un elemento clave en la instalación de cualquier tubería a presión. Se han seleccionado cuatro charlas dentro de este tema: una sobre los criterios generales de diseño de los macizos, otra sobre el caso particular de las tuberías de gran diámetro, una tercera redactada a partir de la experiencia en la redacción de las Normas de Abastecimiento del Canal de Isabel II y una última específica sobre la posibilidad de supresión de los macizos de anclaje en las tuberías de acero

- *Macizos de anclaje en tuberías a presión (María Domínguez)*
- *Diseño de macizos de anclaje en conducciones de gran diámetro (Jaime Gil Navas)*
- *Macizos de anclaje para conducciones a presión. Criterios de dimensionamiento. Normativa actual (Ramón Álvarez)*
- *Macizos de anclaje en tubería de acero soldada. Posibilidad de supresión (Víctor Flórez Casillas)*

Las pruebas de la tubería instalada

Las pruebas de la tubería instalada suponen el principal control de calidad de la instalación y montaje de una conducción. Es un tema importante que, además, durante la vida del Curso de Tuberías ha sufrido cambios normativos importantes con la entrada en vigor de la norma UNE EN 805 que introdujo una nueva normativa para estas pruebas.

En este Cuaderno se han seleccionado tres comunicaciones sobre esta materia, dos de carácter general sobre los criterios y metodologías habituales para su desarrollo y un caso práctico para su aplicación en conducciones de hormigón con camisa de chapa y de PRFV

- *Las pruebas de la tubería instalada (Luis Balairón Pérez)*
- *Diseño y ejecución de la prueba de presión en conducciones (Jaime Gil Navas)*
- *Experiencias en la aplicación de la prueba de presión de la norma UNE-EN 805 en conducciones de hormigón con camisa de chapa y de PRFV (Juan Pablo Guerrero Pasquau)*

Rehabilitación de conducciones sin apertura de zanja

El uso de tecnologías sin zanja para la rehabilitación o renovación de conducciones en servicio ha sido objeto de muchas de las ediciones del Curso de Tuberías. Como representativas de estas tecnologías se han seleccionado en primer lugar cuatro charlas, una descriptiva de las diferentes tecnologías disponibles y tres específicas sobre algunas tecnologías en particular en detalle.

- *Rehabilitación de conducciones sin apertura de zanja (Artur Duran)*
- *Renovación de tuberías sin zanja con tubería de PEAD. Sistemas close-fit, bursting y primus-line (Jorge Lamazares)*

- *Rehabilitación de conducciones sin apertura de zanja mediante entubado con tubos conformados helicoidalmente: Spiral Wound Lining PVC* (Javier Tagarro Díaz)
- *Rehabilitación y refuerzo con sistemas FRP (polímeros reforzados con fibra). Sistema Tyfo® Fibrwrap®, TFS®* (Xavier Barreau Orubeondo)

Como casos prácticos representativos de estas tecnologías se han incluido dos conferencias de aplicaciones de estos sistemas desde la empresa pública ACUAES en renovaciones de tuberías de sistemas de abastecimientos (Pontevedra) y de saneamientos (Ferrol)

- *Las tecnologías sin apertura de zanja en obras de abastecimientos. La experiencia del abastecimiento a Pontevedra* (César Prieto García)
- *Sistemas de rehabilitación de colectores empleados en los “Interceptores generales de la margen derecha de la ría de Ferrol”* (José Piñeiro Aneiros)

Instalación de tuberías mediante perforación horizontal dirigida

La tecnología de la perforación horizontal dirigida para la instalación de nuevas conducciones se puede resumir en dos comunicaciones presentadas en el Curso de Tuberías, una con tuberías de PE (la solución más frecuente) y la otra con tuberías de fundición dúctil:

- *Mejora del abastecimiento en el entorno de la presa de Alange (3ª Fase). Abastecimiento a Mérida y su área de influencia. Anillo de distribución depósitos de regulación en Mérida* (Emilio del Pozo Mariño y Luis Felipe Pérez Romero)
- *Perforación horizontal dirigida bajo el río Alberche* (Roberto Cano Fernández)

Instalación de tuberías mediante hinca por empuje

La instalación de tuberías mediante hinca por empuje (habitualmente de hormigón armado en redes de saneamiento y drenaje urbano) ha sido un tema que se ha tratado con bastante frecuencia a lo largo de las distintas ediciones del Curso de Tuberías. En primer lugar, se ha seleccionado la siguiente charla en la que se pasa revista a esta tecnología y a sus diferentes elementos constitutivos:

- *Hincas por empuje estático* (Víctor Flórez Casillas)

A continuación, se han seleccionado cuatro charlas sobre cuatro casos prácticos representativos de esta tecnología:

- *Experiencias de la Confederación Hidrográfica Miño-Sil en Galicia en la ejecución de colectores de saneamiento mediante perforación en microtúnel con empuje simultáneo de tubería* (Ignacio Maestro Saavedra, Jose Piñeiro Aneiro y Benigno Antuña Álvarez)
- *Experiencias en la colocación de tubería en las obras de Santiago de Compostela. Hincas* (Ignacio Maestro y Olga Souto)
- *Microtúnel ejecutado en las obras de los “Interceptores generales de la margen derecha de la ría de Ferrol. Tramo Cadaval-Neda”* (José Piñeiro Aneiros)
- *La hinca de Xago* (Jesús Solís)

Patología en conducciones

Por último, dentro de este bloque relativo a la instalación y montaje de las tuberías se han seleccionado dos charlas relativas a patologías y anomalías observadas en estos procesos; una de ellas de carácter genérico y la segunda un caso práctico a partir de la experiencia acumulada en la gestión de las redes de la provincia de Almería.

- *Patología y errores de diseño más frecuentes en conducciones de agua* (Víctor Flórez Casillas)

- *Tendencias actuales en la renovación de redes de abastecimiento. Experiencias en la provincia de Almería* (Ricardo Jaramillo Gallardo)

Índice

Instalaciones enterradas en zanja

Relleno de zanjas y apoyos de tuberías
Francisco Redondo Fernández 11

Instalación de conducciones en zanja inducida en terraplén
Víctor Flórez Casillas 23

Control de aguas subterráneas en zanjas para tuberías
Alejandro J. Ferrer Granell 37

Casos prácticos

Ejecución de obras singulares en obras de modernización de regadíos
José Ángel Hernández Redondo 49

Instalaciones aéreas

Tuberías autoportantes
Jaime Gil Navas 67

Macizos de anclaje

Macizos de anclaje en tuberías a presión
María Domínguez 77

Diseño de macizos de anclaje en conducciones de gran diámetro
Jaime Gil Navas 87

Macizos de anclaje para conducciones a presión. Criterios de dimensionamiento.
Normativa actual
Ramón Álvarez y Suyapa Dávila 103

Macizos de anclaje en tubería de acero soldada. Posibilidad de supresión
Víctor Flórez Casillas 121

Las pruebas de la tubería instalada

Las pruebas de la tubería instalada
Luis Balairón Pérez 133

Diseño y ejecución de la prueba de presión en conducciones
Jaime Gil Navas 141

Casos prácticos

Experiencias en la aplicación de la prueba de presión de la norma UNE-EN 805
en conducciones de hormigón con camisa de chapa y de PRFV
Juan Pablo Guerrero Pasquau 147

Rehabilitación de conducciones sin apertura de zanja

| | |
|---|-----|
| Rehabilitación de conducciones sin apertura de zanja <i>Artur Duran</i> | 185 |
| Renovación de tuberías sin zanja con tubería de PEAD. Sistemas close-fit, bursting y primus-line <i>Jorge Lamazares</i> | 193 |
| Rehabilitación de conducciones sin apertura de zanja mediante entubado con tubos conformados helicoidalmente: Spiral Wound Lining PVC <i>Javier Tagarro Díaz</i> | 201 |
| Rehabilitación y refuerzo con sistemas FRP (polímeros reforzados con fibra). Sistema Tyfo ® Fibrwrap® (TFS®) <i>Xavier Barreau Orubeondo</i> | 207 |

Casos prácticos

| | |
|---|-----|
| Las tecnologías sin apertura de zanja en obras de abastecimientos. La experiencia del abastecimiento a Pontevedra <i>César Prieto García</i> | 219 |
| Sistemas de rehabilitación de colectores empleados en los “Interceptores generales de la margen derecha de la ría de Ferrol” <i>José Piñeiro Aneiros</i> | 227 |

Instalación de tuberías mediante perforación horizontal dirigida

| | |
|--|-----|
| Mejora del abastecimiento en el entorno de la presa de Alange (3ª Fase). Abastecimiento a Mérida y su área de influencia. Anillo de distribución y depósitos de regulación en Mérida <i>Emilio del Pozo Mariño y Luis Felipe Pérez Romero</i> | 241 |
| Perforación horizontal dirigida bajo el río Alberche <i>Roberto Cano Fernández</i> | 259 |

Instalación de tuberías mediante hinca por empuje

| | |
|---|-----|
| Hincas por empuje estático <i>Víctor Flórez Casillas</i> | 271 |
|---|-----|

Casos prácticos

| | |
|---|-----|
| Experiencias de la Confederación Hidrográfica Miño-Sil en Galicia en la ejecución de colectores de saneamiento mediante perforación en microtúnel con empuje simultáneo de tubería <i>Ignacio Maestro Saavedra, Jose Piñeiro Aneiro y Benigno Antuña Álvarez</i> | 287 |
| Experiencias en la colocación de tubería en las obras de Santiago de Compostela. Hincas <i>Ignacio Maestro y Olga Souto</i> | 303 |
| Microtúnel ejecutado en las obras de los “Interceptores generales de la margen derecha de la ría de Ferrol. Tramo Cadaval-Neda” <i>José Piñeiro Aneiros</i> | 327 |
| La hinca de Xago <i>Jesús Solís</i> | 339 |

Patología en conducciones

Patología y errores de diseño más frecuentes en conducciones de agua
Víctor Flórez Casillas

375

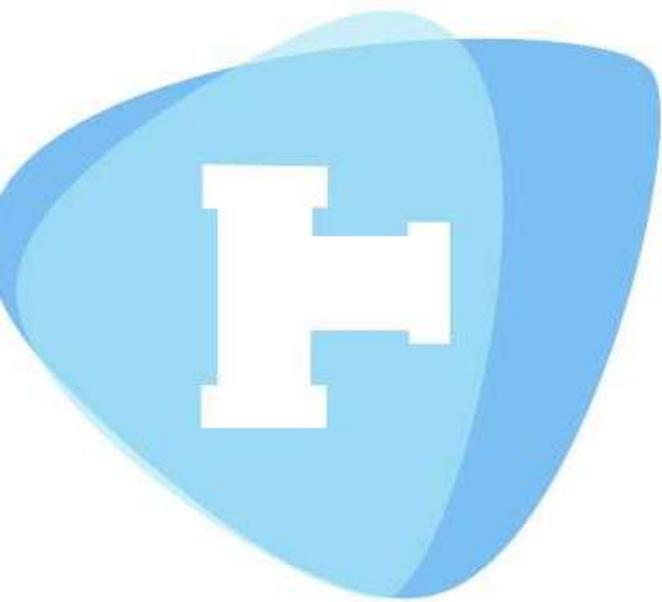
Casos prácticos

Tendencias actuales en la renovación de redes de abastecimiento.
Experiencias en la provincia de Almería
Ricardo Jaramillo Gallardo

391

Cuaderno 8

Diseño de redes
de tuberías



curso sobre
diseño e
instalación
de **tuberías**

**Publicación conmemorativa 20
aniversario**

2001 - 2020

Cuaderno 8 - Diseño

Presentación

Al igual que el anterior Cuaderno 7 dedicado a los temas de instalación y montaje de las tuberías, este Cuaderno 8 Diseño tiene un carácter horizontal, en el que se han seleccionado algunas conferencias presentadas en las distintas ediciones del Curso de Tuberías relativas a cuestiones del dimensionamiento de una conducción, independientemente de su material constitutivo. En consecuencia, su contenido se complementa con muchas charlas específicas sobre el diseño de cada tipología de tubería en particular, las cuales pueden consultarse en los respectivos Cuadernos que conforman esta publicación.

El contenido de este Cuaderno se ha estructurado en las tres siguientes categorías:

- Diseño hidráulico de redes a presión
- Diseño hidráulico de redes de saneamiento y drenaje urbano
- Diseño mecánico

Diseño hidráulico redes a presión

Se han seleccionado las dos siguientes charlas sobre criterios de diseño hidráulico de redes a presión, ambas sobre los métodos para la optimización del diseño de una red:

- *Cálculo de redes de tuberías* (Alfredo Granados Granados)
- *SIGOPRAM, nueva aplicación de ingeniería para el diseño y análisis de redes de riego* (Pedro Santos Fortes)

Diseño hidráulico redes de saneamiento y drenaje

En relación con el dimensionamiento hidráulico de conducciones en lámina libre en redes de saneamiento y drenaje urbano, se han seleccionado las cuatro siguientes charlas las cuales abordan diferentes ámbitos dentro del diseño de estas redes: los aspectos hidrológicos, los problemas de la acumulación de aire y de los olores o el diseño específico de las redes de drenaje transversal en carreteras.

- *Hidrología básica en el diseño de conducciones* (Víctor Flórez Casillas)
- *Modelización del sulfuro en tuberías y colectores* (José Chambó)
- *Problemática y soluciones a la acumulación de aire en las conducciones de saneamiento* (José Piñeiro Aneiros)
- *Cálculo de obras de drenaje trasversal de carreteras* (Víctor Flórez Casillas y Beatriz Iturriaga Núñez)

Diseño mecánico

Los aspectos relacionados con el cálculo mecánico de las conducciones para el transporte de agua han sido objeto de múltiples presentaciones en el Curso de Tuberías. Como conferencia genérica sobre criterios de diseño mecánico para cualquier tipología de tuberías se ha seleccionado en este Cuaderno la siguiente charla:

- *Los criterios de diseño mecánico de la nueva norma UNE EN 1295* (Daniel Gálvez Cruz)

Sin embargo, en los diferentes Cuadernos que conforman esta publicación se han incluido varias conferencias adicionales sobre aspectos relacionados con el diseño mecánico de cada tipología de tubería en particular. Se recomiendan las siguientes:

- *Criterios de diseño para la selección del espesor de tuberías de acero enterrada* (Jaime Gil, 2010)
- *Criterios de diseño en tuberías de fundición dúctil* (María Domínguez, 2014)
- *Diseño mecánico de tubos de hormigón para presión* (Luis Alberto Agudo, 2009).
- *Determinación del recubrimiento mínimo de las armaduras en el hormigón estructural* (Juan Carlos López Agüi, 2010)
- *Recubrimiento mínimo de armaduras en hormigón estructural. Ampliación del método directo y aplicación del Anejo 9 de la EHE 08* (José Rodríguez Soalleiro, 2010)
- *Análisis del comportamiento de las tuberías plásticas para saneamiento sin presión enterradas* (Elisario Silva, 2010)
- *El método ATV para el diseño de tubos de materiales termoplásticos* (José Luis Esteban y José María Chillón, 2004)
- *Cálculo mecánico de tuberías de PVC-O en proyectos de modernización y transformación de regadío* (Marcos Rincón, 2018)

Índice

Diseño hidráulico redes a presión

| | |
|--|----|
| Cálculo de redes de tuberías <i>Alfredo Granados Granados</i> | 7 |
| SIGOPRAM, nueva aplicación de ingeniería para el diseño y análisis de redes de riego <i>Pedro Santos Fortes</i> | 19 |

Diseño hidráulico redes de saneamiento y drenaje

| | |
|--|----|
| Hidrología básica en el diseño de conducciones <i>Víctor Flórez Casillas</i> | 35 |
| Modelización del sulfuro en tuberías y colectores <i>José Chambó</i> | 55 |
| Problemática y soluciones a la acumulación de aire en las conducciones de saneamiento <i>José Piñeiro Aneiros</i> | 61 |
| Cálculo de obras de drenaje transversal de carreteras <i>Víctor Flórez Casillas y Beatriz Iturriaga Núñez</i> | 73 |

Diseño mecánico

| | |
|---|----|
| Los criterios de diseño mecánico de la nueva norma UNE EN 1295 <i>Daniel Gálvez Cruz</i> | 87 |
|---|----|

