Actualización del programa de cálculo mecánico de tubos de hormigón de ANDECE

ANDECE [1], a través de la Asociación de Fabricantes de Tubos de Hormigón Armado (ATHA), tiene entre sus objetivos la divulgación técnica de las ventajas que aportan los tubos de hormigón armado destinados principalmente a la construcción de redes de saneamiento y drenaje, entre las que se pueden destacar su mejor comportamiento mecánico y su probada mayor durabilidad. La reciente actualización de la norma UNE 127196, complemento nacional a la norma europea UNE-EN 1916 de tubos de hormigón, ha servido de estímulo para la actualización del programa de cálculo de tubos [2], una herramienta más moderna y accesible gratuitamente en la web de ATHA [3] y que hasta la fecha ha tenido una enorme demanda por su facilidad de uso.

Palabras clave
Tubería, tubo de hormigón armado, redes de saeamiento, drenaje, programa de cálculo de tubos.

ANDECE'S DESIGN & MECHANICAL CALCULATION SOFTWARE OF CONCRETE PIPES

ANDECE, through its Spanish product association of manufacturers of reinforced concrete pipes, ATHA, has the technical dissemination of advantadges of such products among their main goals, mainly addressed to the constrution of sewerage and drainage networks, highlighting their improved mechanical behaviour and a longer durability against other alternative materials. The recent issue of standard UNE 127916, Spanish annex to the European Standard UNE-EN 1916 which covers the concrete pipes, has served to update the design software of concrete pipes, being now a more modern tool which is freely accesible through ATHA website, having a extraordinary demand until now due to it ease of use.

Keywords
Pipe, reinforced concrete pipes, sewerage networks, drainage, design software of concrete pipes.

Alejandro López Vidal
ingeniero industrial, director técnico de ANDECE

Grupo Nacional de Canalizaciones de ANDECE

1. INTRODUCCIÓN

Desde su primera versión hace ya más de 10 años, el programa de cálculo de la Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón (ANDECE) se ha ido adaptando progresivamente a la evolución tecnológica de los fabricantes de tubos de hormigón y a las actualizaciones de la reglamentación aplicable. La versión anterior databa de 2014. Con la reciente actualización del complemento nacional de la norma, el programa se ha actualizado para adecuarse a dicha norma e implementar algún cambio necesario para mejorar sus funcionalidades.

2. PRESENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA

El programa se presenta en tres apartados bien diferenciados: uno correspondiente a los datos, otro con los cálculos intermedios y el tercero con los resultados (**Figura 1**).

La norma UNE 127916 proporciona una clasificación de los tubos por clases resistentes que se comprueban mediante el ensayo de tres aristas, y el cálculo busca obtener la clase resistente necesaria para cada condición de obra.

La herramienta informática permite el cálculo de los tubos de hormigón armado circulares en 5 tipos de instalación, según define el anejo M de la UNE 127916: zanja, zanja terraplenada, terraplén, zanja inducida e hinca (**Figura 2**).

FIGURA 1. Presentación general del programa.

En este anejo se incluyen los criterios para evaluar las acciones que recibe el tubo, y se tipifican diversas soluciones de puesta en obra con la correspondiente valoración de mejora para la clase resistente del elemento instalado, que es lo que se conoce como 'factor de apoyo'.

De esta forma, es suficiente con utilizar tubos que satisfagan la siguiente desigualdad:

clase resistente x factor de apoyo ≥ suma de acciones x coeficiente de seguridad

El factor de apoyo elegido condiciona la realización de la obra que debe hacerse según se indica en su descripción técnica [4].

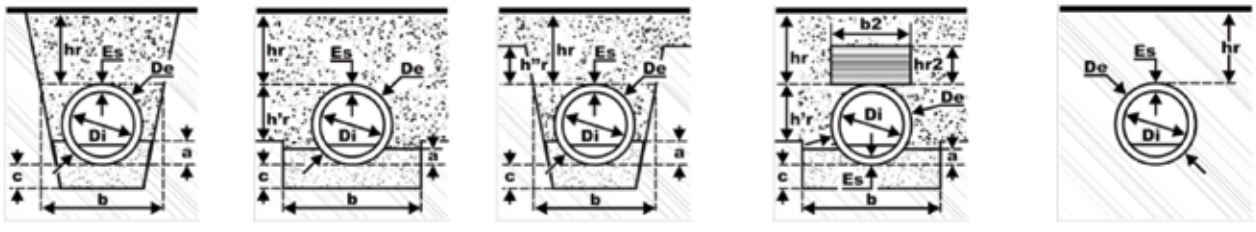
Asimismo, hay que tener en cuenta las soluciones de apoyo, que son cuatro: apoyo en hormigón a 120° tipo A; apoyo granular tipo B; apoyo granular tipo C; y apoyo directo tipo D (**Figura 3**).

2.1. INSTALACIÓN EN ZANJA

La instalación en zanja es la más común en las obras de saneamiento. Para su cálculo son necesarios los datos de geometría del tubo (diámetro interior y espesor), la altura de relleno, ancho de zanja, talud, definir el factor de apoyo, cargas puntuales y distribuidas, características del relleno, cargas móviles y las características del terreno de apoyo. El programa proporciona 11 soluciones de apoyo: 6 en hormigón y 5 con apoyo granular (arcilla plástica, arcilla ordinaria, arena arcillosa, arenas y gravas y zahorra) (**Figura 4**).

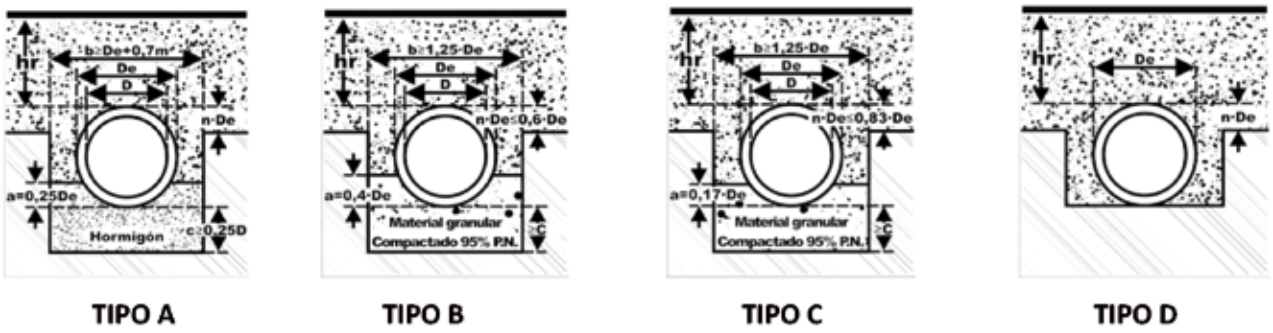
En las cargas móviles se incluyen las correspondientes a tráfico carre-

FIGURA 2. Tipos de instalación de tubos.



ZANJA | TERRAPLÉN | ZANJA TERRAPLENADA | ZANJA INDUCIDA EN TERRAPLÉN | HINCA

FIGURA 3. Soluciones de los apoyos tipo para la instalación en terraplén.



tero, ferroviario y aeroportuario. No se recogen las cargas de vehículos de obra ni las de los compactadores, al considerarlos como una situación intermedia que requiere su comprobación según las circunstancias específicas de rellenos y condiciones de compactación, partiendo de la solución de obra adoptada.

En los resultados finales el programa ofrece los valores de las cargas actuantes sobre el tubo y la clase resistente necesaria según la clasificación tipo E (europea) y la clasificación tipo A (ASTM).

Para cada una de ellas se muestra la solución en su condición de zanja, terraplén o zanja progresiva (el significado puede verse en el Anejo de la UNE 127916). A menos que tengamos la certeza de que la ejecución va a ser muy cuidada y controlada, se recomienda considerar siempre la solución más conservadora.

2.2. INSTALACIÓN EN ZANJA TERRAPLENADA

Para la instalación en zanja terraplenada son necesarios básicamente los mismos datos que para la solución en zanja añadiendo la parte de la altura del relleno que corresponde al valor de zanja h'r. Los factores de apoyo y cargas móviles son los mismos, y los resultados finales siguen el mismo criterio que para la instalación en zanja (**Figura 5**).

2.3. INSTALACIÓN EN TERRAPLÉN

La instalación en terraplén requiere los datos de la geometría del tubo (diámetro interior y espesor), la altura de tierras y la razón de proyección, altura del tubo sobre la que actúa el empuje activo (η).

El apoyo directo, a pesar de que mecánicamente es una solución válida, se desaconseja su uso por los efectos locales a que puede dar lugar al concentrarse tensiones en aristas y zonas de la unión.

En los resultados finales aparece una única solución y al igual que en los casos anteriores, se muestran los valores de las cargas actuantes sobre el tubo y la clase resistente necesaria según la clasificación tipo E (europea) y la clasificación tipo A (ASTM).

2.4. INSTALACIÓN EN ZANJA INDUCIDA

La zanja inducida es una instalación con la que se cambian de signo los rozamientos entre el prisma central

FIGURA 4. Factores de apoyo típicos de zanja.

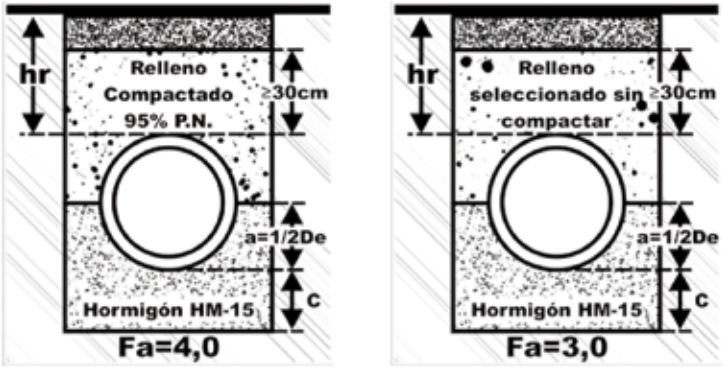
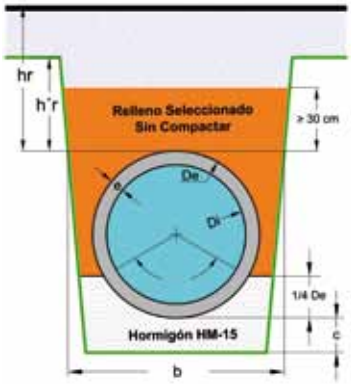


FIGURA 5. Esquema de zanja terraplenada.



del relleno y los prismas laterales, permitiendo la reducción de la carga y la mejora del factor de apoyo frente a la solución en terraplén.

Para su cálculo hay que proporcionar los mismos datos que para una instalación en terraplén y definir geométricamente la zona de relleno con material compresible que se sitúa sobre la clave del tubo (**Figura 6**).

2.5. INSTALACIÓN EN HINCA

Por último, para la instalación en hinca se ha limitado el programa a los casos de junta cerrada y unión con virola, que cubre la inmensa mayoría de los casos.

El cálculo de los tubos de hinca según el anejo M sigue el criterio americano que hace el procedimiento muy sencillo. Las incertidumbres en la evaluación de parámetros del terreno y condiciones de obra, junto con los factores de apoyo aconsejados, hacen de este método un instrumento suficientemente aproximado para un uso general.

Se deben definir la geometría del tubo, diámetro en la base de apoyo de la junta de goma, la resistencia del hormigón y la cohesión del terreno (**Figura 7**).

2.6. COEFICIENTE DE ROZAMIENTO

Dadas las dificultades habituales para fijar el valor del coeficiente de rozamiento tierras/tubo, en el programa se ha optado por hacer los cálculos con un valor preestablecido de 20 kN/m^2. Este coeficiente solo afecta al cálculo de la longitud máxima de empuje que es inversamente proporcional a su valor. Por ejemplo, si el coeficiente de rozamiento fuera 15 kN/m^2 en lugar de 20, la longitud de empuje que se obtiene con el programa de cálculo habría que multiplicarla por 20/15.

FIGURA 6. Ejecución de obra.

FIGURA 7. Obra de tubo colocado en hinca.

» Dadas las dificultades habituales para fijar el valor del coeficiente de rozamiento tierras/tubo, en el programa se ha optado por hacer los cálculos con un valor preestablecido de 20 kN/m^2

FIGURA 8. Modelo de tubo de hinca genérico en formato BIM, disponible en la plataforma web de Bimetica.

» Con esta herramienta informática, ANDECE, a través de ATHA, pretende seguir facilitando el trabajo a usuarios y proyectistas, fomentando la prescripción y empleo de los tubos de hormigón, haciendo más accesible la aplicación del método de cálculo normativo definido en el anejo M de la norma UNE 127916

Como factor de apoyo la norma aconseja utilizar 1,9, a menos que se rellene el trasdós del tubo, en cuyo caso se puede llegar a 3.

El programa genera como resultados la fuerza y la longitud máxima de empuje, así como la clase resistente necesaria para el tubo.

3. OTRAS LÍNEAS DE ACTUACIÓN DE ANDECE

Caben destacarse otras líneas de actuación paralelas realizadas recientemente por ANDECE referentes a la divulgación técnica de las soluciones constructivas con elementos prefabricados de hormigón en general, y con una atención especial a la proyección que ofrecen los elementos prefabricados de hormigón para canalizaciones como tubos, pozos, arquetas, marcos, etc.

- La publicación de una autodeclaración ambiental de los elementos prefabricados de hormigón para canalizaciones, que constituye el trabajo más ambicioso llevado a cabo en este subsector para conocer el comportamiento ambiental de estos productos, y que sirva para atender a la demanda creciente de soluciones cada vez más respetuosas con el medio ambiente y que sirva de punto de partida para establecer medidas de mejora dentro de las fábricas [5].

- El desarrollo de un catálogo de elementos prefabricados de hormigón genéricos y representativos digitalizados en modelos BIM y que aparecen en diversas plataformas BIM de objetos de construcción (**Figura 8**), respondiendo así a la cada vez mayor introducción de esta metodología en los proyectos constructivos [6].

- Y, por último, el Máster Internacional de Construcción Industrializada en Hormigón que organizan conjuntamente ANDECE y la entidad de formación especializada Structuralia, que tiene como objetivo principal el capacitar a los futuros profesionales de la construcción en el diseño y construcción con elementos prefabricados de hormigón, y en cuyo caso las canalizaciones prefabricadas tienen un papel destacado [7].

4. CONCLUSIONES

El hormigón armado es un material muy utilizado para la fabricación de los conductos que se emplean en las obras de saneamiento y drenaje. Es un material con una gran capacidad para cubrir las exigencias de diseño que cada caso precise. Diferentes diámetros, espesores, resistencias, incorporación de elementos auxiliares, piezas complementarias, o adaptación de extremos a cualquier tipo de sistema de unión, son características que hacen de los tubos de hormigón armado un producto a tener siempre presente en el diseño y construcción de las canalizaciones.

Con esta herramienta informática, ANDECE, a través de ATHA, pretende seguir facilitando el trabajo a usuarios y proyectistas, fomentando la prescripción y empleo de los tubos de hormigón, haciendo más accesible la aplicación del método de cálculo normativo definido en el anejo M de la norma UNE 127916.

Bibliografía

[1] Soluciones constructivas: canalizaciones. Web ANDECE, https://bit.ly/2uB9ly5.

[2] Normativa aplicable a canalizaciones de hormigón prefabricado: http://www.andece.org/normativa-aplicable.html.

[3] Programa de cálculo mecánico de tubos de hormigón: http://www.atha.es/index.php/programas-de-calculo.

[4] Rodríguez, Soalleiro, J.; López Vidal, A. (2017). Buenas prácticas de instalación y montaje de tubos de hormigón. Revista Obras Urbanas. https://bit.ly/2KYMIUW.

[5] Autodeclaración ambiental resumida de canalizaciones prefabricadas de hormigón. ANDECE: https://bit.ly/2LiUEiW.

[6] ANDECE en las plataformas de objetos BIM de productos de construcción: https://bit.ly/2NgziAa.

[7] Máster de Construcción Industrializada en Hormigón: https://www.structuralia.com/formacion/master-de-construccion-industrializada-en-hormigon.