

OVALPIPE II. Mejora de la eficiencia de redes de saneamiento mediante sistemas de tubos ovoides

Vázquez-Sánchez, J.A.^a, Piñeiro, J.M.^a, Rosa-Ariza, D.^a, Lorenzo-Magaz, S.^a, Anta, J.^b, Suárez, J.^b, Puertas, J.^b, Castro-López, M.M.^c, Noguerol-Cal, R.^c, Vázquez, R.^d

^aGrupo ABN. Ctra. Baños de Arteixo, 28. Parque Empresarial A Grela. A Coruña. E-mail: javazquez@grupoabn.com; jmpineiro@grupoabn.com; drosa@grupoabn.com; slorenzo@grupoabn.com

^bGrupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidade da Coruña, Campus de Elviña s/n. E-mail: jose.anta@udc.es; jsuarez@udc.es; jeronimo.puertas@udc.es.

^cCentro Tecnológico de Investigación Multisectorial – CETIM. Rúa As Carballeiras, s/n. Edificio CICA. Campus de Elviña. A Coruña. E-mail: mcastro@fundacioncetim.com; rnoguerol@fundacioncetim.com

^dEmpresa Municipal de Aguas de La Coruña – EMALCSA. Edificio Casa del Agua, Rúa Manuel Murguía, s/n. A Coruña. E-mail: rvazquezp@emalcsa.es

Línea temática C | Agua y ciudad

RESUMEN

El objetivo de esta ponencia es presentar los resultados alcanzados dentro del proyecto OVALPIPE II el cual considera la mejora de la eficiencia energética de las redes de saneamiento a través de innovadores desarrollos de tubos ovoides más eficientes mecánica e hidráulicamente, así como de la innovación en la metodología de fabricación de los mismos.

Para ello, se han abordado todos aquellos aspectos concernientes a diseño geométrico, hidráulico y estructural; materiales de desarrollo de los nuevos tubos y adaptación del sistema extrusor para la obtención de perfiles diferentes a los circulares. Los resultados alcanzados han permitido postular a las tuberías ovoides como las más eficientes desde el punto de vista hidráulico. El diseño y desarrollo de una innovadora metodología de extrusión es básico para su obtención de modo viable a escala industrial.

Palabras clave | Ovoide; poliolefinas; calibrador; extrusión; saneamiento

INTRODUCCIÓN

La adecuada gestión de las aguas residuales, especialmente desde el punto de vista ambiental por el impacto que ocasionan los vertidos y desde el punto de vista económico, asociado a su transporte y tratamiento, es de especial relevancia. El saneamiento es, por lo tanto, uno de los puntos clave de cara a la salubridad y al correcto uso del agua y gestión integral de su ciclo.

Las redes de saneamiento forman parte del ecosistema urbano en las sociedades actuales. Esta presencia es fundamental en áreas residenciales e industriales, siendo su cometido, el transporte de los efluentes generados (aguas pluviales y residuales) hasta las estaciones de depuración. La eficiencia de las mismas considera el no causar molestias por inundaciones, ruidos y malos olores y, todo ello, conseguido mediante un transporte eficiente que evite afecciones o impactos en los medios naturales.

Desde las primeras redes de saneamiento urbano se ha producido una constante evolución, tanto en lo que, a tipología de redes, a los materiales de fabricación e incluso a su sección.

De este modo, una red de saneamiento se considera constituida por una red de alcantarillado (conjunto de conductos e instalaciones que sirven para la evacuación de las aguas residuales y pluviales desde el final de la red de saneamiento interior de los edificios hasta el punto de vertido a la estación depuradora), el conjunto de estaciones de bombeo (de ser necesarias) y el conjunto de estaciones depuradoras de aguas residuales. Aunque existen redes de saneamiento unitarias (aguas pluviales y residuales transportadas conjuntamente por un único conducto) y separativas (dos conductos separados para las dos tipologías de aguas), las primeras son las más ampliamente empleadas (andace.org; Cedex. 2007).

Las canalizaciones o tuberías convencionalmente empleadas suelen ser conducciones en formato circular fabricadas bien en hormigón, gres o materiales plásticos tales como PVC, PP, PE, PRV (ver Figura 1)

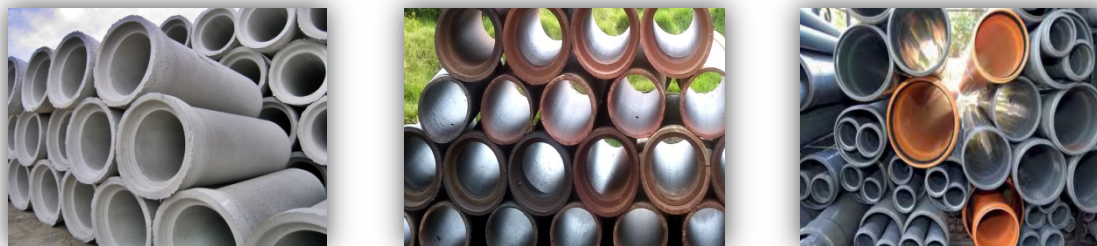


Figura 1 | Tipos de tuberías en función del material: hormigón, gres y plástico (izq a dcha).

A pesar de ser sistemas con un amplio tiempo de vida, sus principales problemas vienen asociados a la acumulación de sedimentos en las tuberías empleadas en dichas redes. Así, la acumulación de sedimentos en las tuberías de saneamiento y drenaje es una de las principales y más comunes problemáticas de los sistemas de saneamiento (Cedex, 2007; Sánchez-Calvo, 2014).

Resultado de la acumulación de sedimentos en las tuberías pueden producirse incrementos de la rugosidad, incrustaciones, atascos, etc. especialmente en aquellas zonas de pozos de registro, alineaciones no rectas y cambios bruscos de dirección.

Debido a dichos procesos de acumulación de sedimentos las conducciones pierden capacidad hidráulica. Esta pérdida de capacidad puede redundar en el favorecimiento de episodios de inundación de las cuencas por la pérdida de capacidad de hidráulica.

La acumulación de residuos se ve además agravada en tiempo seco y en horario nocturno, circunstancias bajo las cuales el caudal de pluviales y/o residuales, respectivamente, son mínimos, lo que implica bajos caudales de agua de arrastre y, por lo tanto, una mayor posibilidad de acumulación.

Es además de considerar que la acumulación de sedimentos de naturaleza orgánica puede producir la generación de gas biológico rico en metano y sulfhídrico. Dichos gases proceden de la digestión de fangos. Así, a medida que se acumulan fangos y también que aumenta el tamaño de los flóculos, el oxígeno de su interior disminuye y se pueden generar zonas anóxicas en las cuales pueden crecer bacterias anaerobias metanogénicas que pueden dar lugar a dicho proceso de digestión de los fangos: $\text{Biomasa} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{S}$ (Ruiz-Rivera, 2012).

Adicionalmente, en tiempos de alta pluviometría los sedimentos acumulados pueden ser arrastrados llegando a producir un caudal excesivamente alto para ser tratado en las EDARES, por lo que deben ser vertidos directamente sin ser depurados, con el consiguiente riesgo de contaminación asociado.

En base a todo ello, se ha considerado necesario el desarrollo de nuevas redes de saneamiento mejoradas mecánica e hidráulicamente que permitan disminuir la cantidad de sólidos acumulados en las mismas y, con ello, los riesgos asociados.

Todos estos aspectos se han considerado en el proyecto OVALPIPE II, llevando a la necesidad de la búsqueda de nuevos desarrollos mejorados tanto mecánica como hidráulicamente, con viabilidad económica y competitivos con los actuales sistemas de conducción circulares, que permitan salvar dicha problemática.

El proyecto OVALPIPE II asienta sus fundamentos en un anterior proyecto que ha permitido corroborar el uso ventajoso de tipologías de conducciones diferentes a las circulares, en concreto, las tuberías ovoides. Sin embargo, su obtención mediante la tecnología de inyección dio lugar a desarrollos de 1 m de longitud, conformado por varias partes y, por ende, con juntas de unión que limitaban su estanqueidad y viabilidad técnica, económica y estructural. Sin embargo, los resultados alcanzados han servido de base para el planteamiento y desarrollo del proyecto OVALPIPE II.

Así, en OVALPIPE II se ha considerado además la mejora de la tecnología de producción (hacia sistemas tradicionales de extrusión, pero adaptados a nuevos desarrollos tecnológicos) orientados hacia la fabricación de tuberías en grandes tiradas y

fabricación en continuo. Estas premisas llevarán asociadas una importante reducción de los costes de fabricación, instalación y mantenimiento (p.ej. reduciendo las campañas de limpieza de las redes), así como importantes beneficios medioambientales.

El desarrollo de tuberías con perfil ovoide mediante la tecnología de extrusión, permitirá aprovechar todas las ventajas observadas en las tuberías ovoides desarrolladas en el primer proyecto, y las ventajas adicionales que ofrece el empleo del sistema de extrusión para la obtención de tuberías: alta producción en continuo, facilidad de fabricación de diferentes diámetros, mejora de propiedades por modificación del espesor de tuberías, etc.

En la presente ponencia se presentarán los resultados alcanzados dentro del proyecto OVALPIPE II en base a la mejora de la eficiencia energética de las redes de saneamiento a través de innovadores desarrollos de tubos ovoides más eficientes mecánica e hidráulicamente, así como de la innovación en la metodología de fabricación de los mismos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño geométrico, hidráulico y estructural

Diseño geométrico

En el proyecto OVALPIPE II se ha llevado a cabo la modelización del tubo ovoide considerando la geometría y modelización estructural del tubo. Para ello, se han considerado una serie de premisas para los cálculos:

- Metodología de obtención de los tubos: extrusión
- Metodología de obtención de sistemas de unión: inyección o extrusión
- Material de fabricación de los tubos: poliolefinas, principalmente.

Las diversas modelizaciones han sido llevadas a cabo por empleo del programa Solidworks mediante análisis de elementos finitos. En toda modelización es necesario tomar un elemento de referencia, en este caso una tubería de PVC de diámetro nominal 315 mm y 7,7 mm de espesor, con rigidez anular de 4 kN/m^2 (SN4).

Resultado de un proceso iterativo de ensayo y validación, se llevaron a cabo todas aquellas simulaciones requeridas para la consecución de un modelo adecuado para dar cumplimiento a los objetivos planteados. Variaciones en el espesor, geometría del tubo para una sección hidráulica fija y evaluación de rigidez anular y peso de tubo resultante por metro lineal han sido los parámetros considerados.

Diseño hidráulico

Desde el punto de vista hidráulico es necesario considerar que, dada una pendiente, una rugosidad y un caudal, es más eficiente o tiene mejor rendimiento aquella sección que utiliza una menor área de flujo para transportar el agua (o, utilizando un concepto inverso, la que conduce el agua con una mayor velocidad). Si lo que se fija es el área, la sección más eficiente es la que transporta un mayor caudal. Esta condición se traduce directamente a tener un menor perímetro mojado y, por ende, ello implica un mayor radio hidráulico, una mayor velocidad y, en general, un mejor rendimiento hidráulico de la sección. Se han llevado a cabo todos aquellos estudios hidráulicos en base a cálculos de perímetro mojado, radio hidráulico, caudal máximo, entre otros, a fin de comprobar la idoneidad de tubos ovoides mediante comparativa con tubos circulares.

Diseño estructural

Para el diseño de tubos con diámetros nominales DN300, 400 y 500 mm y rigideces nominales desde SN4 a SN10 se evaluaron diferentes espesores que garantizasen la misma rigidez para el ovoide que para el correspondiente tubo circular. A partir de ello, se ha evaluado el material requerido por metro lineal, lo que ha permitido estimar el ahorro en polímero en el caso de que se opte por una sección ovoide.

Otros requerimientos

Adicionalmente, se ha llevado a cabo el establecimiento de todos aquellos requisitos de interés para el diseño y desarrollo de tubos ovoides. Para ello se han tenido en cuenta parámetros mecánicos, físicos, químicos y normativos.

Selección de materiales de fabricación

Se ha llevado a cabo la selección de materiales y aditivos factibles de uso para el desarrollo de las nuevas tuberías ovoides mediante sistemas de extrusión.

Diseño de metodología de extrusión

Se ha llevado a cabo la modificación de los actuales sistemas extrusores de modo que el resultado sea la obtención de un tubo ovoide de las dimensiones y características estipuladas para su aplicación en canalizaciones de saneamiento. Los puntos de actuación considerados han sido (Figura 2):

- Cabezal de extrusora
- Calibrador
- Bañera de enfriamiento
- Estirador
- Sistema de corte



Figura 2 | Esquema de una extrusora de tuberías

Realización de pruebas de campo

De cara a constatar la idoneidad de los tubos desarrollados, se han llevado a cabo unos primeros ensayos sobre la Plataforma Científica de Ensayos para Conducciones con Agua Residual Urbana, de la EDAR de Bens.

Dichos ensayos se basaron en la instalación de dos tuberías en paralelo con geometrías de sección diferente: circular y ovoide. Así, el objetivo planteado fue la comparación de un conducto circular convencional de PVC con un diámetro interior de 300 mm con un tubo de sección OVALpipe equivalente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diseño geométrico, hidráulico y estructural

Los ovoides se han empleado en la construcción de tuberías de saneamiento al menos desde la época del Imperio Romano. Es de señalar que, aunque en saneamiento este diseño se ha abandonado, ello no ha obedecido a motivos hidráulicos, sino por simplicidad en el proceso de fabricación y puesta en obra de tubos circulares. De este modo, los ovoides han quedado relegados a secciones de gran tamaño y de hormigón.

Diseño geométrico

Todo ovoide puede ser definido a partir de tres variables: los radios superior e inferior (R y r) y la altura total (h). Adicionalmente, hay que imponer que el punto de tangencia en el círculo superior define una semicircunferencia completa. El conjunto de tres parámetros r , R y h es tremendamente versátil, ya que permite engendrar multitud de formas ovoides de un modo exacto en general y muy aproximado en el caso de los ovoides alargado y achatado. El ovoide considerado como “normalizado o normal” es aquel cuya relación anchura/altura es de $2/3$, siendo la relación entre sus radios superior e inferior de 2 a 1. Para este ovoide las relaciones entre estos tres parámetros son: $h=3,5R$, $r=0,5R$. A partir del mismo, se han postulado toda una serie de variaciones.

Resultado de un proceso iterativo de ensayo y validación, en base a los parámetros señalados en el anterior apartado, se puso a punto una metodología de optimización de la geometría de la tubería para unos valores fijos de sección hidráulica, peso por unidad de longitud del tubo y de rigidez anular equivalente objetivo.

La **geometría oval** y la posibilidad de optimizar la geometría del tubo y su densidad proporcionaron un amplio margen de mejora de la rigidez anular con respecto a la tubería de sección circular.

A continuación, se muestran algunos de los resultados de dicha optimización (Figura 3):

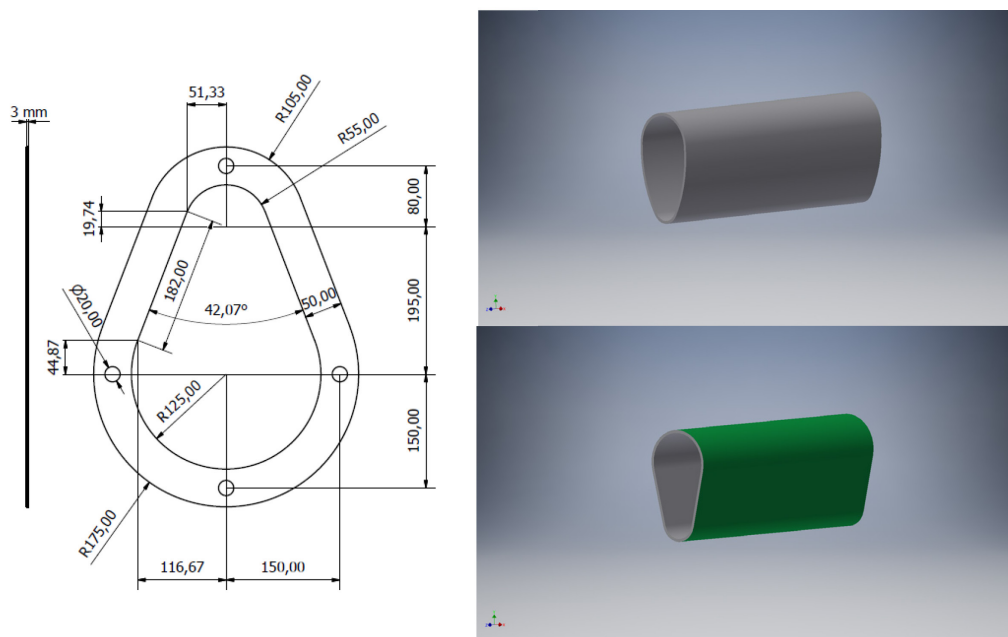


Figura 3 | Ejemplos de resultados de diseño geométrico del tubo de OVALPIPE II

Diseño hidráulico

Estudios hidráulicos han puesto de manifiesto la idoneidad de los tubos ovoides en este sentido (Figura 4). En base a ello, dos son las ventajas esperables de las secciones:

- Hay un mejor aprovechamiento de la sección en aguas bajas, lo que supone una mayor velocidad y una mayor tensión de arrastre, lo que incide positivamente en la autolimpieza del tubo.
- Un menor perímetro mojado supone una menor superficie de contacto entre el tubo y el agua, lo que es positivo a efectos de agresión química al tubo y formación de biopelícula.



Figura 4 | Diferencias en la acumulación de sedimentos entre una tubería circular y un ovoide de área equivalente, en las mismas condiciones de flujo

Las ventajas de la forma ovoide en aguas bajas (por un menor perímetro mojado) revierten no obstante en desventajas a sección llena (o casi llena), ya que la forma óptima (menor perímetro mojado) dada un área determinada es la circunferencia completa. Fruto de los estudios del proyecto, se ha desarrollado una aplicación Excel que permite, dadas las variables R , r y h , dado un caudal, una pendiente y un coeficiente de fricción, calcular las variables de interés: calado, velocidad, perímetro mojado, radio hidráulico.

Algunos ejemplos de los resultados obtenidos son los mostrados (Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3)

Tabla 1 | Perímetro mojado para $Q=10\text{L/s}$ respecto al valor de la sección circular (círculo: 0.448 m). Los mejores valores son los menores (tonalidad verde)

$r\backslash H$	2.1	2.3	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3	3.2	3.5	3.6
0.3	0.978	0.943	0.925	0.918	0.915	0.915	0.907	0.912	0.915	0.924	0.926
0.5	0.980	0.943	0.915	0.903	0.905	0.900	0.896	0.894	0.884	0.890	0.894
0.7	0.972	0.930	0.910	0.906	0.894	0.893	0.884	0.886	0.881	0.872	0.876
0.9	0.975	0.952	0.942	0.932	0.933	0.924	0.916	0.918	0.903	0.902	0.896

Tabla 2 | Radio hidráulico para $Q=10\text{L/s}$ respecto al valor de la sección circular (círculo: 0.057 m). Los mejores valores son los superiores (tonalidad verde)

$r\backslash H$	2.1	2.3	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3	3.2	3.5	3.6
0.3	1.017	1.036	1.051	1.054	1.058	1.062	1.054	1.059	1.056	1.047	1.041
0.5	1.022	1.044	1.055	1.055	1.071	1.074	1.076	1.078	1.071	1.076	1.077
0.7	1.011	1.034	1.057	1.069	1.065	1.075	1.071	1.080	1.084	1.081	1.089
0.9	1.018	1.034	1.045	1.041	1.055	1.051	1.047	1.061	1.054	1.075	1.072

Tabla 3 | Caudal máximo transportado respecto del círculo (círculo: 0.139 m³/s). Los mejores valores son los superiores (tonalidad blanca roja)

$r\backslash H$	2.1	2.3	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3	3.2	3.5	3.6
0.3	0.999	0.993	0.985	0.980	0.974	0.969	0.964	0.958	0.948	0.931	0.926
0.5	0.999	0.993	0.985	0.981	0.976	0.971	0.966	0.961	0.950	0.935	0.930
0.7	0.999	0.993	0.986	0.981	0.977	0.972	0.968	0.963	0.953	0.939	0.935
0.9	0.999	0.994	0.986	0.983	0.979	0.975	0.970	0.966	0.957	0.944	0.940

Los resultados experimentales ponen de manifiesto que los rendimientos para transportar los caudales de aguas residuales (en términos de perímetro mojado) son mayores en las secciones más alargadas, con cubeta más o menos semicircular por la que discurre el caudal de aguas bajas. En base a ello, se deduce que las secciones achatadas no van a resultar en general ventajosas desde el punto de vista hidráulico, y probablemente tampoco aportan ventajas desde el punto de vista mecánico, ya que su momento de inercia frente a cargas de tráfico es inferior. A nivel cuantitativo se observa que la velocidad aumenta en un 4-6% en las mejores secciones, el perímetro mojado disminuye en un 11-13%, y el radio hidráulico (que influye linealmente en la tensión de arrastre de sedimentos) en un 8%. La sección óptima define en este caso una cubeta inferior muy poco picuda (casi una sección en hipódromo), porque la relación de caudales es muy baja (mucho agua residual respecto del agua pluvial). Para relaciones mayores (1:20 o más) cabe esperar que un círculo inferior de menor radio dé un mejor resultado.

Los diferentes estudios hidráulicos han mostrado, por lo tanto, la **bondad de los tubos ovoides** diseñados para su empleo en sistemas de saneamiento, especialmente en aguas bajas: mayor velocidad y mayor tensión de arrastre, lo que en la práctica supone mayor autolimpieza y menor superficie en contacto con el agua y sus agentes agresivos. Es pues a priori una tipología idónea para sistemas unitarios, en los que el mismo tubo transporta aguas residuales y aguas pluviales, pero con una gran dominancia de las primeras, por lo que el tubo funciona en general en aguas bajas.

Diseño estructural

Los estudios realizados han llevado a proponer el trabajar sobre una geometría ovoide 3/1 ($H/D=3/2$) dado que no hay diferencias sustantivas con la óptima (3.5/1) y existe ya un sustrato histórico de trabajo previo con esta sección (aunque con otros materiales).

Dado que esta sección debe ser de fácil implantación en obra, se sugiere trabajar con diámetros en la parte superior (semicírculo) concordantes con los normalizados en los tubos circulares, de modo que algunas de las piezas (como injertos, por ejemplo) diseñados para tubería circular puedan ser utilizables en esta sección.

Los diseños estructurales realizados han permitido alcanzar los resultados que a continuación se muestran a modo de ejemplo para DN 400 mm y SN 4 (Tabla 4).

Tabla 4 | Estimación preliminar del material necesario por metro lineal de perímetro por milímetro de espesor de tubería para los ovoides propuestos y las conducciones equivalentes con la serie nominal SN4

	Conducción ovoide	Conducción circular
DN (mm)	400	400
D_{sup} (mm)	315	400
e (mm)	11.3	14.1
I (mm ⁴)	120.24	233.60
A_{int} (m ²)	0.107	0.108
D_{eq-int} (mm)	369.10	371.8
SN/E	4.06E-06	4.06E-06
E(PVC)Mpa	1000	1000
SN (kN/m ²)	4.0616	4.06
Perímetro (m)	1.2173	1.212
Material (P·e)	13.755	17.094
Ahorro	19.5%	

Otros requerimientos

Adicionalmente, a las anteriores premisas consideradas, el diseño y desarrollo de tubos ovoides requiere de otra serie de premisas y estudios asociados.

Fruto de ello ha sido el establecimiento de toda una de requisitos que deben de cumplir esta tipología de conducciones:

- **Requerimientos mecánicos:** rigidez mínima SN8, resistencia a impacto TIR < 10%, resistencia a la abrasión, contracción térmica
- **Requerimientos físicos:** peso no superior a 7 Kg, sin rugosidad interna (capa interna lisa)
- **Requerimientos químicos:** alta resistencia frente a agentes químicos y a variaciones de pH en los rangos usuales de las aguas residuales (6-8 unidades de pH); resistencia al medio en el cual la tubería se encuentra embebida (terreno)
- **Otros requerimientos técnicos:** impermeabilidad y estanqueidad de uniones entre tuberías, tiempo de vida superior a 50 años, coeficiente de seguridad mínimo de 1,25.
- **Requerimientos normativos:** dar cumplimiento a los parámetros de la norma UNE-EN 13476 sobre “sistemas de canalización en materiales plásticos para evacuación y saneamiento enterrado sin presión”.

Selección de materiales de fabricación

Varias son las tipologías de materiales convencionales empleados para el desarrollo de tuberías. Conducciones de hormigón (primeras en ser empleadas), fibrocemento, gres y fundición han sido las cuatro tipologías de tuberías no plásticas empleadas en redes de saneamiento (Figura 5).

Una vez introducidos los materiales plásticos, el policloruro de vinilo (PVC), polietileno (PE), polipropileno (PP) y poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) han sido las más comercializadas, especialmente para diámetros pequeños (Figura 6).

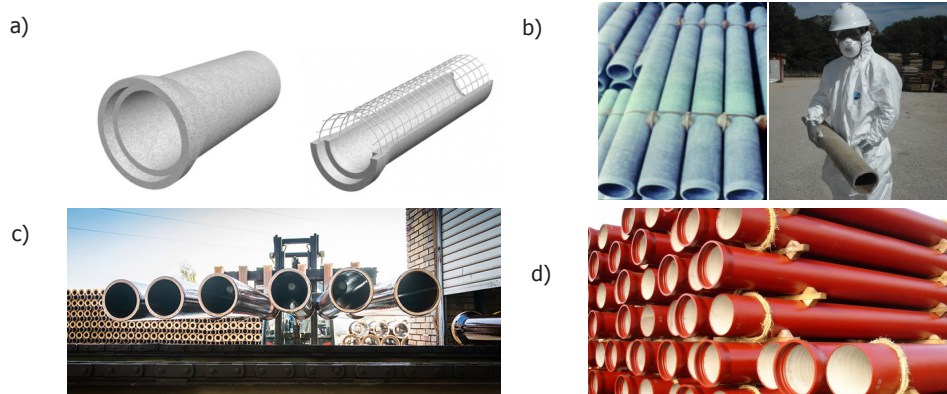


Figura 5 | Tuberías rígidas para saneamiento: a) tuberías de hormigón en masa y hormigón armado, b) fibrocemento, c) gres, d) fundición dúctil.

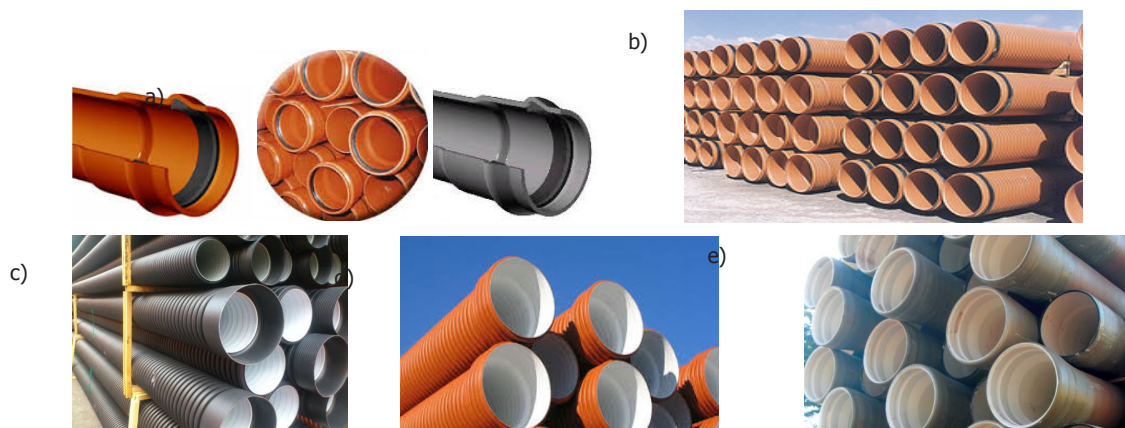


Figura 6 | Tuberías plásticas para saneamiento: a) tuberías de PVC compactas y b) estructuradas, c) PE estructuradas, d) PP estructuradas, e) PRFV.

Los requerimientos de los nuevos tubos ovoides y las propiedades proporcionadas por cada uno de los materiales poliméricos considerados, ha llevado a la selección de los polímeros termoplásticos y, en concreto, las poliolefinas como aquellos de mayor interés para los desarrollos considerados.

Estos materiales termoplásticos se caracterizan por ser parcialmente cristalinos y presentan propiedades adecuadas: junto a su baja densidad, se distinguen también por una excelente estabilidad química, una baja absorción de agua y unas buenas propiedades de aislamiento eléctrico además de ser fácilmente moldeados por extrusión e inyección, con temperaturas de procesamiento asequibles (entre los 130°C y los 220 °C, en función de la tipología seleccionada).

En base a todas sus propiedades, los polipropilenos, los polietilenos y sus copolímeros constituyen buenos materiales de elección para el desarrollo de las tuberías ovoides y de los sistemas de unión.

Adicionalmente, la incorporación de diferentes tipologías de aditivos (antioxidantes, plastificantes, retardantes de llama, colorantes, etc.) han sido considerados de cara a dotar a la conducción de la rigidez, resistencia al impacto, impermeabilidad, estanqueidad, resistencia química o la abrasión, necesarias para este tipo de conducciones.

Diseño de metodología de extrusión

Para la obtención de las tuberías ovoides puede ser empleada la tecnología de inyección con la fabricación de moldes a medida con las dimensiones y geometría exacta de los tubos a obtener. A pesar de las ventajas asociadas a dicha metodología, varios son los inconvenientes asociados que limitan su aplicación al desarrollo de tuberías. Entre las mismas cabe destacar:

- ✖ Presiones y temperaturas de procesamiento superiores a las de otras técnicas de procesamiento de materiales poliméricos
- ✖ Proceso discontinuo: obtención de 1 mitad del tubo por inyección
- ✖ Obtención de tubos en mitades lo que obliga a un pegado posterior de las piezas, redundando en un alto número de uniones y la consiguiente posibilidad de fugas asociadas.
- ✖ Limitación de la longitud de pieza en base a la longitud del molde y de la máquina.

La extrusión de perfiles es la tecnología convencionalmente empleada para la obtención de tuberías. Sin embargo, hasta la actualidad su configuración permite únicamente la obtención de tuberías en formato circular.

El diseño y modificación del sistema extrusor para la obtención de perfiles ovoides es uno de los principales objetivos abordados en el proyecto OVALPIPE II. Con ello, se persigue la producción de tuberías en grandes tiradas y de dimensiones adecuadas que permitan poner en un futuro mercado tuberías a un coste competitivo.

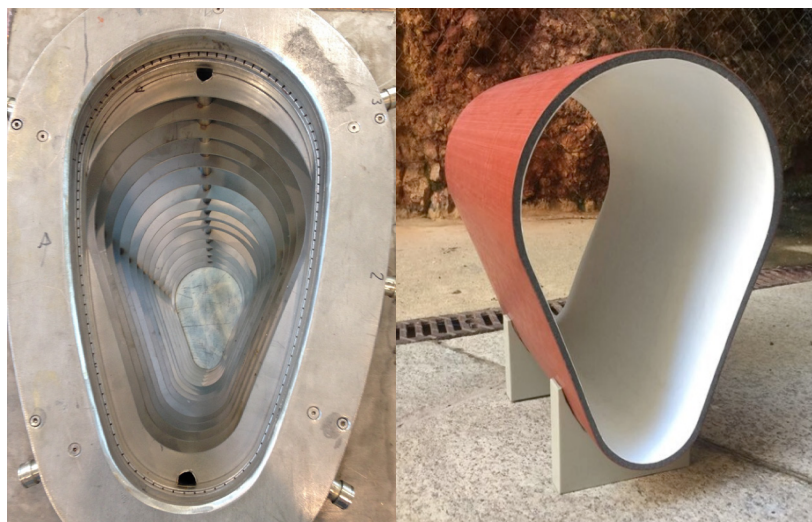


Figura 10 | Ejemplos de calibrador y tubo ovoide obtenido

Resultado de los diferentes diseños y estudios se han fabricado aquellas piezas de interés y se han testado satisfactoriamente para la obtención de tubos ovoides.

Realización de pruebas de campo

Los primeros ensayos sobre la Plataforma Científica de Ensayos para Conducciones con Agua Residual Urbana, de la EDAR de Bens, han permitido concluir que, con respecto a la acumulación de sedimentos, se constató que en la tubería OVALpipe no se formaron lechos de sedimentos para las condiciones hidráulicas analizadas, mientras que en la conducción circular aparecían depósitos de sedimentos a los pocos de días de ensayo, tal y como se muestra en la Figura 11



Figura 11 | Comparación de la formación de lechos de sedimentos en una tubería circular (izquierda) y su sección ovoide equivalente (derecha).

CONCLUSIONES

Los estudios de modelización geométrica e hidráulica pusieron de manifiesto que la conducción ovoide presenta una ventaja competitiva frente a la conducción circular en redes de saneamiento unitario. Dicha mejora viene derivada de su mayor capacidad de arrastre de sedimentos en aguas bajas y, por lo tanto, por su menor tendencia a la acumulación de sedimentos, evitando el gran número de problemas asociados.

El diseño y modificación del sistema extrusor ha permitido la obtención de tubos de perfil ovoide mediante la tecnología de extrusión.

Estos nuevos diseños y los tubos asociados permitirán obtener tuberías ovoides con todas las ventajas hidráulicas asociadas y por empleo de la metodología convencional de extrusión con toda una serie de ventajas asociadas: obtención de altas tiradas, sin restricciones de longitud (proceso continuo), con capacidad de modificación sencilla de dimensiones de tubos, entre otras.

Por tanto, la obtención de tuberías ovoides destinadas al sector de saneamiento, más eficientes hidráulica y mecánicamente y con un coste competitivo en el actual mercado, supone una solución innovadora que permite mejorar toda la problemática asociada a los actuales sistemas de saneamiento e implementar sistemas de alta eficiencia técnica y medioambiental de rápida y fácil introducción en el mercado.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto OVALPIPE II ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad a través de la convocatoria RETOS-Colaboración 2016 en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016.



El consorcio de dicho proyecto está formado por las empresas ABN Pipe Systems, Universidad de A Coruña (a través del grupo de investigación GEAMA) y CETIM (Centro Tecnológico de Investigación Multisectorial).

Los miembros del consorcio agradecen su colaboración en el desarrollo del proyecto a la Empresa Municipal de Aguas de La Coruña – EMALCSA y a EDAR-BENS por facilitar sus instalaciones.

REFERENCIAS

Andace. *La verdad sobre los sistemas de saneamiento*. www.andace.org.

Cedex, 2007. *Guía Técnica sobre redes de saneamiento y drenaje urbano*. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Ministerio de Fomento, España

Sánchez-Calvo, R., Castañón-Lión, G., Gil-Rodríguez, M. 2014. *Montaje de redes de saneamiento*. Ediciones Paraninfo, S.A., España.

Ruiz-Rivera, R. 2012. *Mantenimiento correctivo y reparación de redes de agua y saneamiento*. IC Editorial.