

REDES DE SANEAMIENTO Y EVACUACIÓN DE HORMIGÓN POLÍMERO

Dipl.-Ing. Thomas D. Bloomfield, Lüneburg

meyer[®]

REDES DE SANEAMIENTO Y EVACUACIÓN DE HORMIGÓN POLÍMERO

Ing. Dipl. Thomas D. Bloomfield*, Lüneburg

El probado rendimiento mecánico y químico del hormigón polímero, aunado al perfeccionamiento de la tecnología aplicada en su fabricación, han hecho de este material la alternativa idónea para las tuberías utilizadas en la microtunelización, la hinca de tubos por empuje y la construcción de redes de saneamiento en general. El creciente uso de este material se verá reforzado en el futuro por la concesión de licencias de esta nueva tecnología a nivel mundial.

Introducción

Durante décadas, el hormigón de resina termoestable ha sido utilizado por la industria química, la ingeniería civil (cimentaciones), la industria de la construcción (productos para fachadas y componentes sanitarios) y la ingeniería eléctrica debido a sus propiedades favorables y, muy en especial, a consecuencia de su resistencia, elasticidad y capacidad anticorrosiva. También conocido con el nombre de hormigón polímero, este material está formado por un agente ligante -la resina termoestable- y una gran cantidad de cargas, en su mayor parte minerales. La producción de tubos de hormigón polímero data de principios de los años sesenta, cuando se comenzó a fabricar con el objetivo de aumentar substancialmente la resistencia de las paredes de la tubería a los ataques químicos y a las cargas internas y externas sin por ello perder las ventajas competitivas, en términos de coste, de un producto prefabricado (1). En 1969, tan sólo en Alemania ya se habían fabricado aproximadamente 50.000 toneladas de tubo de hormigón polímero, en diámetros nominales de DN 300 a DN 3500 y en diseños estándar o pretensado, utilizando resinas de poliéster o epoxi como agentes ligantes. Casi todos estos tubos fueron ensayados y utilizados como pozos colectores de aguas residuales en la industria química, de forma que incluso en esa fecha temprana ya se podía hablar de la fiabilidad de la tecnología del producto.

* Ing. Dipl. Thomas D. Bloomfield, Gerente de Ventas de Meyer Pipes GmbH & Co., Lüneburg, Alemania, propietaria de las licencias de tecnología de tubos y pozos de registro de hormigón polímero.

A pesar de estos logros y de sus propiedades excepcionales, los tubos de hormigón polímero no fueron plenamente aceptados cuando se lanzaron al mercado. En el transcurso de unos años se abandonó su fabricación por motivos económicos o tecnológicos, no habiéndose dominado ciertos aspectos de la tecnología de fabricación. En la última década, no obstante, los procesos de producción y fabricación de tubos y pozos de registro de hormigón polímero se han perfeccionado hasta el punto de

convertir este material en una alternativa económica viable a los otros materiales anticorrosivos utilizados en la fabricación de sistemas de tuberías.

El Material

Los tubos de hormigón polímero están formados por hasta un 90% de cargas de cuarzo secadas al horno formadas por arenas y gravas con una graduación entre 0 y 16 mm, y una resina de poliéster que actúa como agente ligante. No contienen cemento; en su lugar, la resina de poliéster amalgama las cargas tras el proceso de curado y dota a los tubos de una serie de propiedades adicionales, como son la elasticidad, la seguridad contra la rotura y la resistencia a la corrosión.

Los plásticos son compuestos macromoleculares, es decir compuestos formados por moléculas de gran tamaño que tienen su origen en la unión de moléculas básicas más pequeñas. "Polímero" (griego) significa "consistente de moléculas más grandes". De ahí que los plásticos también sean descritos como materiales altamente polimerizados y que los áridos que utilizan plásticos como agentes ligantes sean denominados "hormigones polímeros".

El uso de resinas ya sea de poliéster, viniléster o epoxi como agentes ligantes termoendurecibles depende de los requisitos de resistencia química del material. Estos plásticos, denominados plásticos termoestables, experimentan un cambio químico (polimerización o poliadición) durante el proceso de curado que los endurece sin que puedan ser fundidos de nuevo, al contrario de los termoplásticos, como el PVC y el PE, que se ablandan y finalmente se funden bajo el efecto del calor. Esto se debe a la distinta estructura molecular de los materiales: durante el proceso de curado, en los plásticos termoestables se forman retículas espaciales de moléculas -compuestos químicos tri-dimensionales- mientras que en los termo-plásticos se crean estructuras desordenadas de cadenas sencillas de moléculas que pueden deslizarse entre sí. Además, los plásticos termoestables no se vuelven frágiles a temperaturas inferiores a 0° Celsius.



1 Tubos de hormigón polímero DN 2000 para saneamiento en una planta industrial



2 Colocación de tubos de hormigón polímero DN 2000 para saneamiento

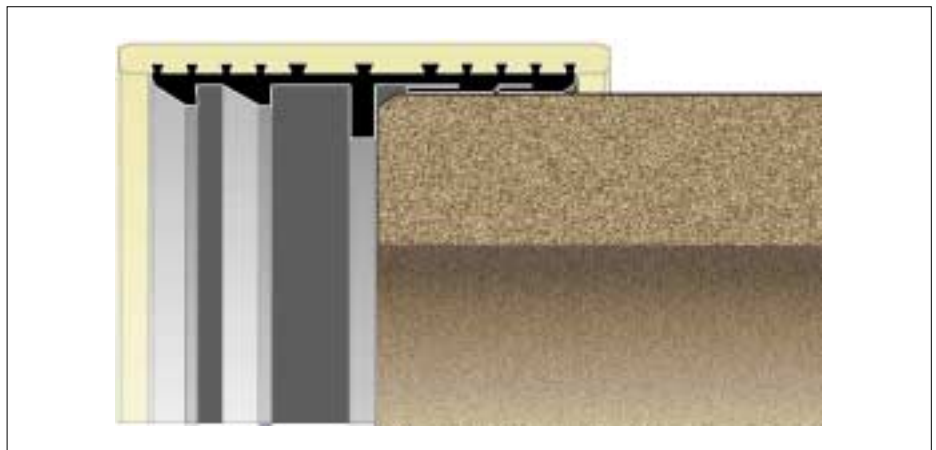
Fabricación

Existen distintos procesos de fabricación de tubos de hormigón polímero, con o sin refuerzo: la centrifugación, el enrollamiento centrífugo y vibración. En el proceso por vibración utilizado en la actualidad, los materiales son mezclados en una instalación de dosificación y preparación controlada por ordenador antes de ser volcados en moldes metálicos verticales formados por un núcleo interior y un molde exterior. Tras su compactación en la vibradora, los tubos son curados en los moldes, posteriormente se extraen de ellos y se someten a un proceso de post-curado en un horno túnel. De ahí que sea posible fabricar tubos con secciones circulares y ovaladas, al igual que piezas con perfiles especiales, como tubos para pozos de registro con orificios de acceso, conos y otros componentes auxiliares. Las uniones de los tubos se fabrican en poliéster reforzado con fibra de vidrio en forma de manguitos de unión mediante un proceso de enrollamiento. Los anillos elastoméricos de sellado y tope se introducen en el propio proceso de fabricación de la unión, quedando solidarios con ella. Estos anillos cumplen los requisitos establecidos en la norma DIN 4060 para anillos elastoméricos de sellado utilizados en la unión de tubos.

Propiedades

- Resistencia a la compresión 100-120 N/mm²
- Módulo de elasticidad 28000 N/mm²
- Resistencia a la tracción 6 N/mm²
- Resistencia a la tracción debida a la flexión vertical 16 N/mm²
- Resistencia a la fatiga anular 6 N/mm²
- Resistencia a la abrasión 0,2 mm por (procedimiento Darmstadt) 100000 ciclos de carga
- Rugosidad absoluta de la pared 0,1 mm

De conformidad con la norma DIN 4030, los tubos de hormigón polímero fabricados con resinas de poliéster son resistentes a medios "altamente corrosivos y agresivos". Dependiendo del tipo de resina utilizada, pueden ser instalados en condiciones adversas de suelo con valores de pH comprendidos entre 1 y 13. En el caso de instalaciones para aguas residuales muy contaminadas, se puede fabricar tubos de hormigón polímero con resinas epoxi. Las ventajas de los tubos de hormigón polímero, por tanto, incluyen una alta resistencia a la corrosión de las aguas o suelos agresivos, una gran capacidad de carga estática, un peso relativamente bajo, una reducida rugosidad en las paredes interiores y una elevada resistencia a la abrasión.



3 Manguito de poliéster reforzado con fibra de vidrio

Tubos de saneamiento

De manera general, los tubos de saneamiento de hormigón polímero se fabrican con extremos lisos en longitudes útiles de 3000 mm y diámetros nominales de DN 300 a DN 2500. No hay una subdivisión entre tubos con pared estándar y tubos con pared de mayor espesor. La existencia de una pared uniforme para cada diámetro nominal simplifica el aprovisionamiento de existencias y cubre el 85% de los casos de instalación utilizando arena o grava para el lecho. Nuestras recomendaciones sobre materiales del lecho orientan al proyectista, proporcionándole datos sobre el tipo de lecho que puede garantizar el funcionamiento de la instalación en las condiciones del suelo natural. Estas recomendaciones, y la base de los cálculos que figuran en ellas, fueron elaboradas teniendo en cuenta el documento de trabajo A 127 de la ATV, Guía para el Cálculo Estático de Canales y Redes de Saneamiento, 2ª edición 1988. En caso de ser necesario, en Meyer podemos realizar un cálculo estático detallado para las condiciones específicas de un proyecto.

La fabricación en moldes de acero con dimensiones exactas nos permite producir tubos circulares con tolerancias dimensionales muy bajas. Los tubos se unen mediante un manguito estanco de resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio dotado con una junta elastomérica de doble labio y con un tope central de montaje. El manguito se instala en fábrica en un extremo del tubo. Los ensayos realizados prueban que los tubos y los manguitos son totalmente estancos con presiones de hasta 2,4 bar. Las juntas elastoméricas de sellado están fijadas a los manguitos y tienen una resistencia a las soluciones químicas y al envejecimiento equiparable a la de los tubos de hormigón polímero. Durante el montaje se utilizan lubricantes comerciales, para facilitar el montaje de las uniones.

Los tubos también pueden ser suministrados con entronques laterales de 45° y 90°.

Secciones no circulares

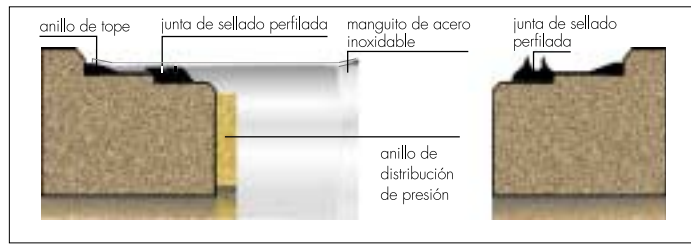
Meyer fabrica tubos de hormigón polímero de sección ovoidal en las dimensiones establecidas en la norma DIN 4263. También puede suministrar tubos ovoidales en otras dimensiones, tales como las que figuran en las "Especificaciones de Construcción de Redes de Saneamiento" de la ciudad de Hamburgo, que se dividen en distintas "clases". Las dimensiones de los tubos de sección ovoidal son:

Ancho/alto	300/400 hasta 700/1050 mm
Longitud útil	2,5 m
Espesor de pared	40 a 80 mm
Ancho/alto	800/1200 hasta 1400/2100 mm
Longitud útil	2 m
Espesor de pared	90 a 150 mm

La unión de estos tubos se fabrica siguiendo el mismo proceso que en el caso de los tubos de sección circular, dotándola de un manguito estanco de resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio, una junta elastomérica integrada de doble labio y tope central de montaje. Este manguito permite realizar el montaje de forma simple al igual que con los tubos de sección circular. Por otra parte, para facilitar la manipulación de la tubería ovoidal, se integran unos anclajes de transporte en la base de los tubos. Los tubos ovoidales ofrecen una serie de ventajas. En términos hidráulicos, su rendimiento es superior al de los tubos de sección circular en los casos en que existen fluctuaciones marcadas de descarga asociadas a los caudales de épocas lluviosas o de épocas secas. En temporada de



4 Tubo de hinca de hormigón polímero DN 1000 con manguito de acero



5 Unión de tubos de hinca de hormigón polímero

Tabla 1: Gama y dimensiones de los tubos de hinca de hormigón polímero utilizados más comúnmente

diámetro interior mm	diámetro exterior mm	espesor de pared mm	longitud m	esfuerzo de compresión admisible		peso del tubo kg/m
				t	kN	
150	208	29	1	20	200	37,5
200	275	37,5	1	21	210	62
250	360	55	1 y 2	53	530	117
300	400	50	1 y 2	51	510	122
400	550	75	1 y 2	150	1500	249
482	622	70	2,44	150	1500	269
500	660	80	2	190	1900	324
534	674	70	2,44	167	1670	300
600	760	80	2	224	2240	380
700	860	80	2	240	2400	435
800	960	80	2	272	2720	490
900	1100	100	2	448	4480	700
932	1120	94	2,44	404	4045	680
1067 I	1295	114	2,44	410	4100	950
1067 II	1321	127	2,44	463	4630	1070
1143	1403	130	2,44	523	5235	1175
1000	1184	92	3	414	4140	700
1200	1482	141	3	570	5700	1327
1400	1720	160	3	740	7400	1750
1600	1940	170	3	890	8900	2100
1800	2160	180	3	1106	11060	2500
2000	2390	195	3	1330	13300	3000
2200	2630	215	3	1670	16700	3700
2400	2870	235	3	2060	20600	4450
2600	3100	250	3	2415	24150	5200

sequía, la sección más estrecha de la base del tubo proporciona mejor drenaje gracias a la mayor velocidad de circulación. La mayor fuerza de arrastre reduce en un menor grado de depósitos. Cuando hay lluvias torrenciales, el agua se eleva hasta la sección superior del tubo y aprovecha la mayor capacidad de transporte. Otras ventajas con respecto a los tubos de sección circular incluyen la capacidad de carga, gracias a una menor superficie de aplicación, y la instalación en zanjas más estrechas. Además, los tubos de sección ovalada son más fáciles de inspeccionar y limpiar.

Tubos de hinca

Los tubos de hinca de hormigón polímero se fabrican en los espesores de pared adecuados para soportar las cargas axiales del proceso de hinca. Al calcular el esfuerzo de compresión admisible, se asume que todas las fuerzas de compresión tendrán un efecto excéntrico sobre la mitad de la sección del tubo a través de los empujes de la maquinaria de perforación. Las dimensiones de los diámetros más comunes figuran en la Tabla 1. En casos especiales, también se pueden fabricar paredes de mayor espesor

para soportar fuerzas de compresión más elevadas. La unión de los tubos consiste en un anillo de plástico reforzado con fibra de vidrio o, alternativamente, de un anillo de acero integrado a la pared del tubo. Cuenta, además, con un anillo de sellado de goma microcelular expandida y secciones de tope a ambos lados que se sujetan firmemente a la pared del tubo. Un anillo instalado en fábrica, de aglomerado o madera blanda sin nudos (por ejemplo, de abeto o pino), de espesor comprendido entre los 10 y los 25 mm en función del diámetro del tubo, garantiza la transferencia de una presión uniforme entre los extremos de tubos adyacentes.

Los tubos de hinca no tienen por que tener secciones circulares; al contrario, pueden tener forma de ovoide o cometa. Para evitar cualquier tipo de rotación axial indeseable entre los tubos se introducen unos pernos que conectan una sección de tubo con la siguiente. La unión de los tubos es similar a la de los tubos de hinca estándar. El proceso de hinca de los tubos es sencillo, si bien se debe asegurar que la tubería no sufra rotación alguna durante el empuje. La elevada resistencia del hormigón polímero a la compresión, las paredes lisas y la baja

fricción superficial resultante, al igual que el anillo flexible de plástico reforzado con fibra de vidrio, que se ajusta a los movimientos de posicionamiento de la maquinaria perforadora y de los tubos, aconseja el uso de tubos de hormigón polímero en el proceso de hinca por empuje. Las fuerzas de compresión sólo aumentan ligeramente, incluso después de periodos de interrupción prolongada (como, por ejemplo, después de un fin de semana), debido a la lisura e impermeabilidad de la superficie de hormigón polímero.

Son estos pequeños "extras" los que a menudo facilitan el proceso de hinca de tubos. En fábrica, Meyer instala válvulas de inyección en las paredes de los tubos para facilitar el acondicionamiento del terreno, que hace necesaria la lubricación de los tubos de hinca con bentonita. Dichas válvulas de inyección cuentan con una válvula de retención y un tapón obturador. En los casos en que la instalación requiere perforaciones de mayor longitud, Meyer puede suministrar las estaciones de hinca intermedias necesarias, que se ajustan con precisión a los tubos y en las que se insertan los cilindros hidráulicos en obra. Meyer



6 Pozo de registro de hormigón polímero DN 1000

fabrica piezas de conexión de ajuste perfecto en hormigón polímero para distintos equipos de perforación y también puede fabricar anillos de transferencia de presión asimétricos para secciones curvas.

Pozos de registro

La idea básica que impulsó la fabricación de pozos de registro en hormigón polímero era construir un sistema estanco totalmente resistente a la corrosión, conjuntamente con los tubos de hormigón polímero para la evacuación de aguas residuales. Al acometer esta labor, se consideró necesario transferir la mayor cantidad de trabajo posible de la obra al taller: los pozos de acceso debían ser fáciles de transportar y de instalar en una pieza, y debían ser suministrados al contratista a corto plazo y en las dimensiones que requiriera la instalación. Este objetivo se ha alcanzado en gran parte utilizando métodos especiales de fabricación.

Hoy día es posible entregar en obra pozos de registro complejos, con distintas conexiones de tubería, configuraciones de la cuna hidráulica, acanaladuras, y bajantes interiores y exteriores, listos para su instalación, en el plazo de unos días. El sistema de pozos de registro de hormigón polímero es idéntico al sistema de tubos de hormigón polímero en cuanto a material y diseño de paredes. El módulo base del pozo de registro consiste de una sola pieza. El pozo de registro se

puede conectar a todo tipo de tubos con los accesorios adecuados para los tubos en cuestión. Simplemente se tiene que perforar la sección inferior del pozo de acceso y acoplar el accesorio herméticamente. Esto resulta en las siguientes correlaciones diametrales de conformidad con la norma DIN 4034:

Pozo de registro		Conexiones
DN 1000	hasta	DN 500
DN 1200	hasta	DN 800
DN 1500	hasta	DN 1000

Para las instalaciones que requieren mayores diámetros de conexión, Meyer fabrica pozos de registro de hormigón polímero en forma de placas prefabricadas que se montan en fábrica y se unen en obra en función del transporte disponible. La cuna hidráulica de la base del pozo de registro se fabrica a partir de una capa de hormigón polímero sin juntas sobre hormigón prefabricado. La superficie lisa contorneada favorece el flujo hidráulico. Los accesorios, como son los pates, estribos o peldaños, se fijan a la pared del pozo con tuercas de seguridad de acero inoxidable. El pozo de registro se entrega en una pieza con los accesorios para todas las conexiones y los módulos de recrecido (longitud máxima de 3 m). El pozo se introduce en la zanja sujetado a una abrazadera de transporte y se une a la red de canalización como si fuera un accesorio más. En los casos en que se requiere mayor profundidad de montaje, se unen a tope más módulos en obra. En instalaciones profundas en las que se utilizan pozos de registro de DN 1200 y DN 1500, se puede abaratar el coste de la instalación mediante la reducción del diámetro del conducto de acceso a DN 1000. Esta reducción de diámetro se suele realizar en los módulos de recrecido por encima de la altura de utilización. El pozo de registro queda anclado contra un posible empuje de flotación a través de la base saliente del pozo. En los sitios en que haya un nivel freático alto, el saliente de la base puede ser agrandado mediante un módulo de recrecido continuo. Los pozos de registro con módulos de recrecido reducido siempre ofrecen garantías de seguridad contra un empuje ascensional.

Tubos de ajuste y conexiones laterales

Los tubos de conexión y ajuste se fabrican en planta, por lo que no suele ser necesario realizar ningún tipo de mecanizado en obra. No obstante, si ocurre una alteración

inesperada en el trazado de la canalización o si la localización exacta del pozo de acceso no se establece a tiempo, es posible fabricar tubos de ajuste en obra. Los tubos estándar pueden ser acortados utilizando un disco diamantado. Dado que los tubos tienen el mismo diámetro exterior a lo largo de toda su longitud, el tubo de ajuste producido mediante el procedimiento de cortado y biselado se puede unir a la tubería sin que esto ocasione problemas. Los entronques para el desagüe doméstico y viario con diámetros DN 150 o DN 200 se fabrican en planta o en obra con conexiones homologadas para el sistema de tubería. Los agujeros necesarios para las conexiones o los entronques diagonales para los ramales de conexión a 45° se crean con elementos comerciales de taladrado equipados con una herramienta diamantada.

El documento de trabajo A 139 de la ATV estipula que sólo se requieren entronques a 45° en diámetros de hasta DN 400. Es aconsejable que las demás conexiones se realicen a 90°.

Gama de aplicaciones

Los tubos y pozos de inspección de hormigón polímero suelen ser utilizados para construir redes de evacuación y saneamiento sin presión. No obstante, también se pueden usar en redes de saneamiento con una presión nominal de PN 1,6 de conformidad con los requisitos mínimos establecidos en el borrador M 142 de la ATV.

Mantenimiento y limpieza

No siempre resulta posible elegir la sección y pendiente de los ramales. En estos casos las condiciones de descarga pueden fluctuar y los caudales pueden llegar a ser insuficientes para eliminar los depósitos, por lo que se vuelve necesario efectuar una limpieza. Hoy día, se suele utilizar agua a alta presión para realizar este tipo de trabajo. De ahí que cada vez sea más necesario que los operadores consideren las tensiones a las que van a estar sometidos los materiales de la tubería en condiciones de limpieza a alta presión.

Nuevos ensayos (2) muestran una clara correlación entre la resistencia a la abrasión y la capacidad de resistencia a las tensiones producidas por la limpieza a alta presión de varios materiales. También demuestran que



7 Cuna hidráulica de un pozo de registro de hormigón polímero DN 1000

un alto contenido de áridos en la pared interior del tubo aumenta de forma considerable la resistencia a la limpieza hidroneumática. En los tubos de hormigón polímero, el alto contenido de áridos de cuarzo distribuidos uniformemente a través del espesor de la pared del tubo, garantiza un alto nivel de resistencia a la abrasión y a la limpieza con agua a presión.

Normas aplicables

La norma DIN 54815, "Tubos y accesorios de hormigón polímero", fue elaborada por el grupo de trabajo 505.1 del Comité de Normas de la Ingeniería de Plásticos del DIN.

La fabricación de tubos de hormigón polímero debe cumplir las siguientes normas: resina reactiva con las propiedades de materiales de moldeo conforme a la DIN 16946, parte 2, del tipo 1130 como mínimo. Áridos de cuarzo conforme a la DIN 4226, parte 1, Tabla 3 (tamaño máximo de grano 16 mm).

Las normas que siguen son aplicables al diseño de la unión de manguito: vidrio conforme a la DIN 61850-55 y resina de poliéster insaturada conforme a la DIN 16946, parte 2, del tipo 1130 como mínimo.

Los perfiles de la junta de sellado deben cumplir los requisitos de la DIN 4060.

Aprobación y Aseguramiento de la calidad

El Institut für Bautechnik (Instituto de Ingeniería Estructural) de Berlín ha aprobado el uso de tubos de hormigón polímero y uniones de plástico reforzado con fibra de vidrio en las redes de saneamiento, concediéndoles el sello de autorización PAI3939.

Los tubos y accesorios que llevan este sello pueden ser utilizados en saneamientos enterrados sin presión y en canalizaciones con una presión nominal de PN 1,6 bar conforme a la DIN 1986.

Los tubos están sujetos a inspecciones de calidad periódicas que, a su vez, están sujetas a la evaluación externa del Instituto de Ensayo de Materiales (MPA) de North RhineWestphalia.

Bibliografía:

- (1) Müller, H. J.; Gleich, Dr. D.; I. Laminger, M.: "Polybetonrobre, Herstellung und Anwendung", *Beton und Stahlbetonbau*, año 64, no. 51/1969, editorial Ernst & Sohn.
- (2) Steiner, H. R.: "Verhalten von Abwasserkanälen bei der Reinigung mit Hochdruckspülung", conferencia, NO DIG 91 y 3ª Conferencia Internacional sobre la Construcción de



FLOWTITE IBERICA, S.A.

Polígono Industrial La Venta Nova, 91
E-43894 Camarles (Tarragona)

Tel: 977 470 777

Fax: 977 470 747

eMail: flowtite@flowtite.es

www.flowtite.es



Meyer Rohr + Schacht GmbH

Otto-Brenner-Strasse 5
D-21337 LÜNEBURG/ALHEMANA

Tel: +49 (4131) 953 - 0

Fax: +49 (4131) 953 - 255

eMail: info@meyer-polycrete.com

www.meyer-polycrete.com