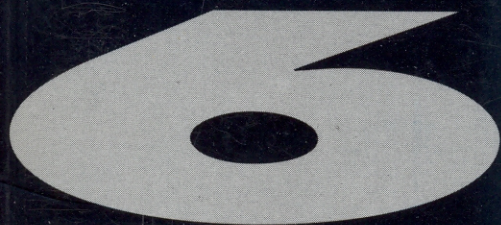
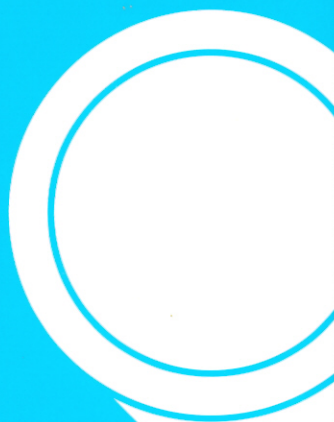


FUNDACIÓN COTEC PARA LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

DOCUMENTOS COTEC SOBRE OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS

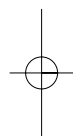
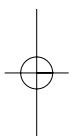


**TUBERÍAS DE
POLIETILENO
PARA
CONDUCCIÓN
DE AGUA
POTABLE**

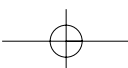




DOCUMENTOS
COTEC SOBRE
OPORTUNIDADES
TECNOLÓGICAS

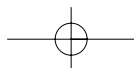
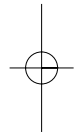
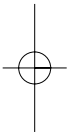


Primera edición
Abril 1995



ÍNDICE

1. Presentación	5
2. La problemática de las conducciones de agua potable	9
3. Principales conclusiones de la Sesión COTEC	11
4. Oportunidades tecnológicas del polietileno como nuevo material para conducción de agua potable	17
Antecedentes	17
Ventajas destacables	21
Aplicaciones	25
Consideraciones económicas	29
5. Mercado potencial. Tendencias	31
6. Calidad, normalización y certificación	37
7. Capacidad de investigación y de asistencia técnica en España	43
ANEXOS	49
1. Materia Prima	50
2. Generalidades sobre tuberías	54
3. Curvas de regresión. Comportamiento a largo plazo ...	65
4. Sistemas de unión	68
5. Instalación de tuberías	73
6. Tablas comparativas de costes de instalación de tuberías	83
7. Referencias significativas	94
8. ASETUB	95



1 PRESENTACIÓN

La Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica organiza regularmente Sesiones de Identificación de Oportunidades Tecnológicas, en línea con su objetivo de fomentar la innovación tecnológica en la empresa y en la sociedad españolas.

Estas sesiones tienen como finalidad concreta conocer las oportunidades que ofrecen las nuevas tecnologías, así como la forma en que podrían ser abordadas.

En ellas la Fundación COTEC reúne a un cualificado grupo de expertos empresariales y de investigadores de centros de I+D, para que analicen las posibilidades de aplicación de una determinada tecnología y las oportunidades que ofrece para los distintos sectores.

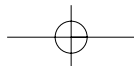
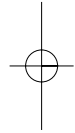
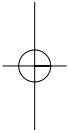
En esta ocasión, la Fundación COTEC ofrece el resultado de la Sesión dedicada a Tuberías de Polietileno para conducción de Agua Potable, que tuvo lugar el 14 de Julio de 1994, en la sede de la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS).

La sesión ha contado con la participación de profesionales de compañías de abastecimiento de agua, de fabricantes de PE y de Tuberías de PE, con expertos empresariales, representantes de instituciones y con investigadores de centros de I+D, coordinados por Marco Antonio Achón, que preparó y coordinó el material de esta publicación.



La Fundación COTEC quiere dejar constancia de su agradecimiento al coordinador y a los demás participantes en la sesión, sin cuyas numerosas aportaciones este Documento no hubiera podido tener su actual enfoque.

Finalmente, la Fundación COTEC quiere dejar constancia de su agradecimiento a la AEAS, y en particular a su presidente D. Roque Gistau, por haber albergado en su sede la organización de la Sesión y por todas las facilidades recibidas para que cumpliera sus objetivos con éxito.



Participantes en la Sesión COTEC sobre Tuberías de Polietileno para Conducción de Agua Potable

- D. Miguel Ainsa
SOCIEDAD GENERAL DE AGUAS DE BARCELONA, S.A.
- D. Enrique Alonso Motta
CANAL DE ISABEL II DE MADRID
- D. José Díaz Martínez
AGUAS DE VALENCIA, S.A.
- D. Santiago Escalada
REPSOL QUÍMICA, S.A.
- D. Javier Escobal
GAIKER
- D. Luis Gómez
EMPRESA MUNICIPAL AGUAS DE HUELVA
- D. José Antonio Gómez Fernández
AGUAS DE ALICANTE
- D. Pedro Loste
AENOR
- D. Salvador Llobet
TUBOS SAENGER, S.A.
- D. Pedro Martín
REPSOL QUÍMICA, S.A.
- D. Antonio Molina Rejón
URALITA, S.A.
Presidente ASETUB
- D. José María Ochoa García
AGUAS MUNICIPALIZADAS DE VITORIA
- D. José Antonio Orejón Pajares
EMPRESA MUNICIPAL AGUAS DE LA CORUÑA, S.A.
- D. Tomás Quintana y Soler
LABORATORI GENERAL D'ASSAIGS I INVESTIGACIONS

- D. Eduardo Rodríguez González
EMPRESA MUNICIPAL ABASTECIMIENTO Y
SANEAMIENTO DE SEVILLA,
- D. Santos Santolino
INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE POLÍMEROS
- D. Juan Miguel Solis Marzal
GAS NATURAL, S.A.
- D. José Trijueque Monge
AIMPLAS
- D. Rodolfo Vegas
UPONOR RESIPLAST, S.A.
- D. Manuel Zahera
FUNDACIÓN COTEC

Coordinador:

- D. Marco Antonio Achón
CONSULTOR DE LA INDUSTRIA QUÍMICA Y DE
PLÁSTICOS

2

LA PROBLEMÁTICA DE LAS CONDUCCIONES DE AGUA POTABLE

El agua es un bien escaso al cuál hasta hace relativamente poco tiempo apenas se prestaba atención. Las campañas orientadas al ahorro han hecho descender el consumo doméstico de agua un 25 por 100. Se calcula que la disponibilidad por habitante y año es de casi tres mil metros cúbicos, frente a una demanda cifrada por el MOPTMA en 900 metros cúbicos, que en un futuro próximo aumentará a 1.200. "Esto proporciona un panorama globalmente tranquilizador –considera el MOPTMA– pese a las sequías que suelen azotar importantes zonas de nuestra geografía".

No obstante, en el estudio "Los recursos hídricos en España", que aparece en el informe del Worldwatch Institute "La situación en el mundo 1993", España figura como el cuarto país del mundo que más agua consume, con 1.174 metros cúbicos por habitante y año, una cifra bastante superior a la media europea (726 m³) y sólo superada por EE.UU., Canadá y la antigua URSS.

La demanda de agua en nuestro país se calcula en 36.000 millones de metros cúbicos, de los que la agricultura precisa el 84 por 100, los usos domésticos el 12 y la industria el 4 por 100. Para abastecerla existen más de mil embalses y medio millón de pozos. Los ríos y lagos proporcionan el 80 por 100 de nuestros recursos hídricos; el resto lo satisfacen los acuíferos.

Es obvio que el disponer de tuberías adecuadas en la captación, transporte y distribución de agua es un punto importantísimo. Se necesitan tuberías que sean aptas para el agua potable, sin comunicarle sabores extraños, que sean económicas, duraderas y estancas. Pues bien, según una publicación de una organización sectorial francesa (Syndicat National des Fabricants de Tuyaux et Raccords en Polyoléfines) las pérdidas que se tienen en las tuberías son del orden del 25 al 50% del agua transportada. Según Lester R. Brown en el informe del Worldwatch Institute, anteriormente citado, las pérdidas de agua para uso agrícola en las redes de distribución son en España del cuarenta por ciento, aunque en más del cuarenta por ciento del país esas pérdidas son mayores del cincuenta por ciento.

Esas situaciones son totalmente inaceptables, tratándose como se ha dicho de un bien escaso. Hay que buscar soluciones a este problema y por eso la convocatoria de la Sesión COTEC sobre tuberías de polietileno, un material que ya se viene empleando aunque no en la medida que se hace en otros países.

3

PRINCIPALES CONCLUSIONES DE LA SESIÓN COTEC

Cabe la duda si se han aprovechado las excelentes características de este material en sus varios tipos. Frecuentemente la falta de aprovechamiento de oportunidades ocurre por una falta de información técnica adecuada. Los productores de materias primas plásticas, el polietileno en este caso, suelen ser grandes compañías, que tienen instalaciones químicas que requieren grandes inversiones. Tienen equipos de técnicos muy cualificados y laboratorios de investigación desarrollo, y asistencia técnica al cliente. Estas compañías no pueden, ni quieren, suministrar productos de calidad mediana ni realizar ventas para aplicaciones que no son idóneas para sus materiales. Por otra parte están lejos de los clientes finales, lo cuál no hace fácil darle el asesoramiento sobre los materiales adecuados para cada aplicación y prestar el soporte de sus laboratorios de asistencia técnica. En el caso de las compañías de aguas como clientes finales, estas tienen también de común con los fabricantes de materias primas el ser compañías con grandes inversiones y contar con equipos de personal técnico muy competente.

Siguiendo con el caso de las tuberías de polietileno para agua, los eslabones de unión entre fabricantes de materias primas y compañías de aguas son los fabricantes de tuberías y los contratistas. En el campo del fabricantes de tuberías en España ha habido hasta ahora una gran heterogeneidad.

El número de fabricantes en España puede llegar a cien. Un número muy grande que dificulta que todos puedan tener las instalaciones, los medios económicos y el personal adecuado. En cuanto a los contratistas es probable que no les sea fácil no ya el estar familiarizados con los "nuevos" materiales como el polietileno, sino también el conocer las fuentes de asesoramiento para actualizar y/o contrastar en un momento dado la información que tengan sobre "nuevos" materiales.

Entonces tal vez a ese desaprovechamiento del potencial del polietileno han podido contribuir alguno de los muchos fabricantes de tuberías menos preparados y el limitado enfoque técnico de los contratistas.

Para aprovechar debidamente el potencial del polietileno, las grandes compañías fabricantes de materias primas deben pasar los mensajes a lo largo de toda la línea, llegando al usuario final, especialmente en el caso de los grandes usuarios institucionales, como son las compañías de aguas. Afortunadamente ya se trabaja en esta dirección.

Además de la limitada información sobre el uso de tuberías de polietileno otro factor que ha contribuido a su limitada aplicación ha sido el tema de la CALIDAD, debido a haber habido algún fracaso en el pasado. Así se constata que los dos puntos que más interés tienen para el usuario son:

- CALIDAD
- SABER LO QUE SE COMPRA

Todos los demás puntos se consideran secundarios. Este segundo está muy ligado al primero, e incluso se puede decir que es una manera distinta de expresarlo.

El primer punto no debe ser problema ya que existen las marcas de calidad N, para tuberías de polietileno, concedidas por AENOR y son bastantes los fabricantes de tuberías que las tienen. En otras palabras quien desee calidad no debe comprar más tuberías que las que tengan esa marca.

El segundo punto, SABER LO QUE SE COMPRA, lo interpretamos en el sentido de que no solamente hay que usar productos de calidad (que tengan Marca de Calidad) sino que hay que

emplear los óptimos para cada caso particular del usuario. Esto se resuelve haciendo uso de los servicios de asesoramiento de los fabricantes de materia prima y de tubería, y teniendo los contactos necesario con organismos no lucrativos.

Se piensa que no es imprescindible que las compañías de aguas tengan especialistas en plásticos. Sí es conveniente tener unos ciertos conocimientos en este campo y sobre todo ser capaces en un momento dado de desarrollar una estrategia que les permita adquirir una información exhaustiva sobre el estado de la técnica en ese momento, para tomar las decisiones adecuadas ante un nuevo proyectos o un caso puntual de algún proyecto ya existente. Esa estrategia pasa por tener contactos con:

- Centros de Investigación y Desarrollo no lucrativos que trabajen en plásticos.
- Departamentos de Asistencia Técnica y Desarrollo de los fabricantes de materias primas. Conocimiento de los ensayos que se realizan en sus laboratorios. Posibilidad de informarse del estado de la técnica.
- Fabricantes de tuberías que tengan la marca de calidad para sus tuberías.
- Contactos con asociaciones sectoriales tales como AEAS y ASETUB para conocer las opiniones de sus miembros ante cualquier novedad técnica que se presente.

En el fondo lo que se sugiere es un trabajo en equipo. Algo de esto ya lo hace la industria gasista que contacta, paralelamente a los fabricantes de tubería, a los de materias primas. Los "gasistas" conocen perfectamente el "pedigree" de la materia prima con que están hechas sus tuberías. También la industria del automóvil tiene un enfoque de este tipo. Parece ser que al diseñar nuevos modelos de coches hay comités técnicos en los cuales participan los fabricantes de materia prima plástica y los moldeadores de ella.

Las asociaciones sectoriales como AEAS y ASETUB tienen un gran futuro en la aplicación adecuada del polietileno en redes urbanas y rurales. Son un foro ideal para el encuentro de especialistas en estos temas. Pueden, e incluso deben, organizar

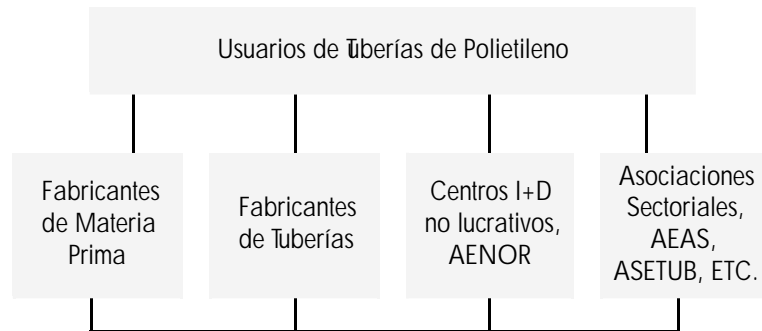
sesiones informativas sobre el estado de la técnica, que contribuirán a que los técnicos puedan estar al tanto de los últimos adelantos.

Por otra parte la situación geográfica distinta para cada compañía de aguas hace que no sean competitivas entre sí, lo cual debe facilitar el intercambio de experiencias entre ellas. Esto es por lo menos la visión que se tiene desde fuera, y si realmente esto es así las compañías de aguas tienen una gran ventaja respecto a muchos otros tipos de negocios.

Dentro de la posibilidad de usar la experiencia de otras compañías hay que prestar atención especial al gas, un producto que aunque se transporta a una presión (4 bars) inferior al agua, puede ser peligrosísimo en caso de fugas, por las catástrofes que se pueden originar. Por lo tanto la elección del PE Media Densidad (PEMD) como material para la conducciones de gas ha prestigiado la aplicación, sistemas de unión y controles de fabricación de tubería de PE. En España ya hay instaladas unos 6000 Kms. de tubería PEMD para gas. Así es que vale la pena seguir las experiencias de las compañías gasistas, en cuya estrategia de compras figura el hacerlo sólo a los fabricantes de tuberías que tienen la Marca de Calidad, y un contacto directo con los fabricantes de materia prima.

No debe de haber problemas de calidad ni empleo inadecuado de materiales, y si una posibilidad de estar en la vanguardia tecnológica con un estrecho contacto con los componentes del cuatrinomio: centros no lucrativos de I+D en plásticos, AENOR, fabricantes de plásticos, fabricantes cualificados de tuberías, asociaciones sectoriales (AEAS, ASETUB, etc).

Este enfoque, de trabajo en equipo, lo esquematizamos de la siguiente manera:



Ligado al concepto de calidad se sugirió durante la sesión COTEC la posibilidad de emplear un distintivo azul para las tuberías de polietileno de agua potable, para hacer una clara separación con otros tipos de tuberías. Significaría en cierto modo un cambio de cultura respecto a tuberías de este material. Esto es algo parecido a lo que se hace con las tuberías de polietileno para gas, que son de color amarillo en España, o negras con rayas amarillas en otros países de Europa. Parece una iniciativa interesante y tal vez ASETUB podría estudiar con detalle esta propuesta así como la mencionada más adelante de crear un carnet de instalador de tuberías de polietileno. Igualmente se habló de que entre las misiones de ASETUB podría estar la publicación de folletos informativos sobre aspectos específicos de las tuberías de polietileno, en función de las necesidades que se presenten.

Para poder sacar el partido óptimo de las propiedades de tuberías de polietileno es necesario una instalación adecuada, para lo cual es necesario que existan "fontaneros de plásticos", es decir, expertos en cortar, soldar, empalmar, instalar, en una palabra, las tuberías. Estos hasta recientemente no han existido y todavía queda mucho camino por recorrer. El ideal sería crear el "carnet de instalador de tuberías de polietileno" mediante los cursillos oportunos.

Se ha iniciado ya la preparación por parte de AEAS y de ASETUB de un Manual de Instalación de Tuberías de PE el cual

podría dedicar una parte a temas de reparación o mantenimiento o bien hacer otro manual aparte sobre estos temas. Se piensa que en el Manual de Instalación podría incluirse un capítulo sobre las condiciones de calidad que deberían tener todas las compañías que intervienen en el proceso: Fabricante de Materias Primas, Fabricantes de Tuberías, instaladores, usuarios institucionales, etc.

PROPUESTA DE UN PROYECTO PILOTO

Se ha sugerido que se estudie la conveniencia y posibilidad de instalar una red de tuberías de polietileno en una urbanización o en una población pequeña, con carácter de instalación piloto.

Caso de ir adelante con este proyecto piloto, es obvio que se haría un seguimiento constante del comportamiento, tanto del conjunto de la instalación como de sus componentes, haciendo accesible a todas las compañías de aguas la información resultante del seguimiento.

Aunque este proyecto piloto de momento no es más que una idea, se cuenta ya con el ofrecimiento de la materia prima para hacer la tubería, que sería donada por un fabricante de polietileno y con el ofrecimiento de la realización de la obra civil por parte de una empresa con experiencia en obras civiles.

Se piensa que la Sesión COTEC es un buen punto de partida para decidir esa conveniencia y posibilidad de ir adelante con este proyecto piloto y para trazar, de un modo muy general, las líneas de actuación futuras, que podrían incluir:

- Localización en España del proyecto piloto.
- Fabricación de tubos.
- Accesorios.
- Obra civil.
- Montaje del conjunto.
- Seguimiento del comportamiento.
- Divulgación de la información consecuencia del seguimiento.

4

OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS DEL POLIETILENO COMO NUEVO MATERIAL PARA CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE

ANTECEDENTES

Los materiales tradicionales para tuberías de agua potable han venido siendo:

- Fundición gris
- Fibro cemento
- Fundición dúctil
- Cemento
- Acero

La corrosión es uno de los principales problemas de las tuberías metálicas y por eso a veces se emplea fundición dúctil galvanizada externamente y cementada interiormente para evitar problemas de corrosión. También a veces se han pintado externamente con pinturas de base epoxídica las tuberías metálicas de gran diámetro para evitar la corrosión. En otros casos, especialmente en oleoductos, las tuberías se han "vendado" con cintas de polietileno.

Simplificando, tal vez podamos hacer la siguiente clasificación de empleo actual de materiales "clásicos"

- Fundición dúctil para diámetros menores del orden de unos 500 mm. y PN 10-15 bars.
- Cemento con láminas interiores de acero, y acero (palastro) para diámetros mayores de unos 600 mm., y presiones nominales PN 16 bars.

Las razones para esa división de campos son de tipo económico y técnico. Por debajo de diámetros de 600 mm., aproximadamente, ni el cemento con láminas metálicas interiores ni el acero puede competir económicamente con la fundición dúctil. Este material tiene un campo mayor de aplicación económica. Estos son los materiales que se usan masivamente en la actualidad. Se podrían citar otros, pero su aplicación es por ahora reducida y tiene en buena parte un carácter experimental. Así por ejemplo, como aportaciones técnicas interesantes vale la pena mencionar la instalación por parte de la Sociedad General de Aguas de Barcelona, S.A. de dos tuberías de poliéster reforzado con fibra de vidrio de Ø 600 mm., para conducción de agua potable; una en terrenos próximos al mar, hasta los que llega infiltración de agua salada, y otra que discurre paralela y bastante próxima a una línea de ferrocarril electrificada.

En cambio el material que ya hay que añadir a la lista de los "clásicos" es el polietileno. En España empezó a utilizarse hace unos veinticinco años en acometidas de edificios, en las ciudades y para tuberías de pequeño diámetro, en algunas ciudades y en poblaciones de menor tamaño.

La introducción del polietileno ha sido lenta y todavía lo viene siendo fundamentalmente por ser un material nuevo comparado con los tradicionales, de los cuales hay una gran experiencia y un buen "saber hacer". Esta situación ha sido normal a lo largo de la historia de la tecnología con cualquier nuevo material y en concreto con los plásticos. Decir polietileno no es suficiente, se distinguen tres grandes tipos: baja, media y alta densidad. Pero es que aún dentro de cada uno de estos tipos hay muchos grados, por ejemplo para film, para botellas, para recubrimiento de cables, de papel, para tuberías, etc; y dentro de estas aplicaciones generales también podemos hacer subdivisiones. Cualquier fabricante de cualquiera de los tres tipos básicos mencionados, baja, media y alta densidad, debe ofrecer en sus catálogos no menos de diez grados por tipo y hay quien ofrece varias decenas porque el problema se complica

con los aditivos que los fabricantes de plásticos, en este caso el polietileno, adicionan a los productos para mejorar y/o destinar el polímero básico a una determinada aplicación.

Al mencionar la variedad de grados queremos subrayar que no basta decir que un polietileno es material de primera calidad, o virgen, como se suele designar. Hay que preguntar si la tubería que queremos comprar está hecha con el grado adecuado de polietileno virgen. Porque otra dificultad que ha habido que vencer ha sido la lucha contra los materiales regenerados. El polietileno es fácil de regenerar, troceando en un molino adecuado las piezas, objetos moldeados en polietileno, y pasando por una extrusora el producto resultante de la molienda. Se obtiene así una granza de polietileno regenerado que a veces se mezcla al material virgen. Todos sabemos que esto se hace, y es perfectamente lícito si con esa mezcla de material virgen y producto regenerado se fabrican productos no exigentes, tales como macetas para plantas, juguetes económicos, etc y se advierte además la procedencia del material. Pero lo que es totalmente inadmisibles es añadir material regenerado al material virgen con el cual se van a fabricar tuberías de polietileno para redes urbanas y rurales. Se trata de productos técnicos de gran calidad en los cuales hay que cuidar al máximo todos los aspectos.

Dada la contribución negativa que los materiales regenerados han hecho a la introducción de las tuberías de polietileno, es interesante señalar algunos casos concretos.

Existen en el mercado tubos de PE denominados de "USO AGRICOLA" que no están normalizados y que pueden estar fabricados con PE de Baja de Densidad recuperado. Estos tubos no se deben emplear en conducciones de agua potable porque no cumplen la Legislación Sanitaria vigente, independientemente de que por poder estar hechos con regenerados no tienen las propiedades mecánicas debidas.

Otro tipo de tubos de PE que también se encuentran en el mercado son los denominados de "USO ALIMENTARIO" que suelen estar fabricados con PE de Baja Densidad de primera cali-

dad y cumplir la norma UNE 53131-90, aunque, en algunas fabricaciones y/o fabricantes no se usa material de primera calidad por lo que no cumplen la norma anteriormente mencionada, debido fundamentalmente a que estos tubos y/o fabricantes no están sometidos a un control de calidad por un organismo independiente.

También hay que tener en cuenta que con la entrada de España en el mercado común europeo se ha eliminado el Registro Sanitario, porque era una barrera al libre comercio comunitario, con lo cual la garantía del cumplimiento de la Legislación Sanitaria es responsabilidad del fabricante de tubos.

Volviendo a los factores necesarios para acreditar el plástico, recordamos que los operarios de una instalación adecuada de tuberías deberían disponer el "carnet de instalador de tuberías de polietileno".

Muy ligado a la instalación está el problema de las uniones que a lo largo del tiempo han experimentado una mejora constante. Además de los accesorios de tipo mecánico, bien metálicos o de plástico, perfectamente normalizados hoy en día, tenemos las uniones por soldadura de electrofusión, haciendo pasar una corriente eléctrica de baja tensión por las espiras metálicas de accesorios electrosoldables. Se suelda así el tubo en el accesorio. Para tubos de diámetros superiores a 90 mm. y espesores mayores de 3 mm. se emplea la soldadura a tope. Según esta técnica se calientan los extremos de los tubos a unir con una placa calefactora y se comunica una determinada presión. Ambas variables, temperatura y presión, están claramente indicadas en la ficha técnica que facilita el fabricante de tuberías. Así pues, el problema inicial de las uniones ha dejado de existir y existen aparatos y sistemas perfectamente tecnificados para resolverlos, donde la habilidad manual del operador es sólo una parte del proceso, y un pequeño entrenamiento bastará para hacer satisfactoriamente las uniones.

VENTAJAS DESTACABLES

Al proyectista de una red de conducciones de agua el polietileno le ofrece una posibilidad muy interesante de hacer mejor un determinado proyecto, aunque por otro lado le exige un esfuerzo también mayor ya que debe tener en cuenta una variable más de su proyecto, lo cuál le "complica" la vida.

Hay que reseñar que las tuberías de PE son inodoras, insípidas y atóxicas. Sus paredes lisas hacen imposible el deposito de algas y la formación de nidos de microorganismos. El polietileno conserva intactas las cualidades organolépticas del agua, es decir, no se modifica su sabor.

Tienen resistencia a las modificaciones que causan una corrosión interna o externa en el caso de materiales metálicos. Se han revisado tubos de polietileno después de estar enterrados más de diez años en tierra muy acida de barro y el acabado de la superficie ha demostrado estar sin mancha alguna. No cabe ni pensar en la necesidad de ninguna medida de protección. Igualmente la superficie interior resulta inalterable. El polietileno resiste a los ácidos inorgánicos (clorhídrico, sulfúrico), álcalis, detergentes, rebajadores de tensión, aceites minerales y productos de fermentaciones y alimenticios.

Se tiene entonces una superficie lisa especular con lo cual la pérdida de carga por rozamiento es casi nula, notablemente inferior al de las tuberías de los materiales tradicionales.

El pequeñísimo coeficiente de fricción del tubo de polietileno le permite transportar más caudal de agua a igualdad de sección que un tubo de cualquier otro material. Además, puesto que la superficie especular impide la formación de incrustaciones por precipitación de carbonatos o de otros productos, y no hay corrosión, las tuberías de polietileno mantienen constante su sección con el tiempo. Esta ventaja es muy importante para el suministro de agua a poblaciones, urbanizaciones, etc.

Debido a su gran elasticidad y flexibilidad, la resistencia al golpe de ariete de las tuberías de polietileno aumenta considerablemente respecto al resto de materiales.

Su notable resistencia a la heladas es consecuencia de esa elasticidad, que permite a este material soportar el efecto de expansión al congelarse el agua, y volver a recuperar sus dimensiones primitivas al derretirse el hielo, sin reventamientos. Además, las propiedades aislantes del polietileno reducen ya de por sí las posibilidades de congelación

Por su flexibilidad admiten ser curvadas en frío, lo cual acelera y abarata su instalación, que por otra parte es muy sencilla, ya que se adapta perfectamente a las irregularidades que pueda presentar el terreno. En el momento de la instalación debe procurarse que la tubería serpente en el interior de la zanja, con objeto de evitar tensiones originadas por las dilataciones propias del material.

Las tuberías de polietileno son extremadamente ligeras, flotan en el agua, se puede transportar racionalmente tramos de gran longitud enrollados en carretes o devanadoras de manera que ocupen poco espacio y faciliten el tendido. En general se puede decir que el suministro en rollos suele ser con diámetros de tubería hasta 110 mm. A partir de este tamaño se suministran en barra de hasta 12 m. estando supeditada su longitud únicamente por condiciones de transporte. La literatura técnica menciona muchos casos de haber fabricado "in situ" grandes tramos continuos de tubería. Es decir, la extrusión de la tubería se ha hecho en el mismo sitio del tendido con extrusoras ambulantes.

Además del tendido convencional en zanjas o sobre la superficie del terreno se puede hacer con arado topo, lo que hace que el tiempo requerido para su montaje sea mínimo. Más adelante se describen métodos de instalación bajo tierra de tuberías de polietileno incluso sin apertura de zanja.

El problema de las uniones o empalmes está totalmente resuelto. La termofusión del polietileno consigo mismo es un método para tener uniones seguras. La soldadura de los extremos de los tubos, a tope, con elementos calefactores se puede hacer dentro de la misma zanja de tendido. Existen por otra parte accesorios metálicos y de plástico, desarrollados y acreditados a lo largo de años, que aseguran uniones totalmente estancas.

Su flexibilidad y la posibilidad de usar juntas soldadas facilitan su montaje en entubados, "relining", de conductos existentes sin necesidad de abrir zanjas, en galerías, hincas, etc. La facilidad de instalación es una ventaja cuando el gálibo es restringido.

En zonas de terreno no muy firme se puede contar con la resistencia de la junta a la tracción y con que en cierta medida el tubo acompañará al terreno en su movimiento.

El polietileno no conduce la electricidad, ya que es un excelente aislante eléctrico, lo que evita que un sistema eléctrico pueda ser conectado a tierra por la instalación de tuberías.

Las normas respecto a tuberías de polietileno están perfectamente desarrolladas tanto a nivel internacional como nacional, así como a lo que se refiere a controles de calidad durante la fabricación, y a la marca de calidad, de lo cual se habla con detalle en otro lugar de este informe. No se trata pues de materiales novedosos o en desarrollo sobre los cuales puede haber duda sobre su comportamiento. Las tuberías de polietileno son productos que, han entrado en fase de madurez, y de los cuales hay mucha información sobre su comportamiento.

Para cualquier tipo de tubería es fundamental saber la vida o duración que tendrá. Para saber qué se puede esperar en el caso del polietileno, un material joven comparado con los tradicionales, se somete sus tuberías a ensayos en condiciones de presión y temperatura muy superiores a las condiciones normales de uso. Estos ensayos, que tienen una base científica y que están aceptados internacionalmente, prevén una vida mayor de cincuenta años para las tuberías de polietileno usándolas a una temperatura de 20°C y en el intervalo de presiones usuales en las redes de abastecimiento de agua.

A las ventajas cualitativas el proyectista deberá añadir el coste del proyecto que resulta de aplicar uno u otros materiales. En otras palabras, para cada proyecto es necesario un estudio detallado de las diversas posibilidades existentes. No hay materiales milagrosos. Pues bien, en el ANEXO 6 de este Documento se incluyen unas tablas orientadoras donde se vé cómo el polietileno se compara ventajosamente en costes con los materiales clásicos.

A continuación se resumen las ventajas más destacables de estas tuberías.

Tuberías de Polietileno **Resumen de ventajas más destacables**

- Resistentes a la mayor parte de agentes químicos.
- Aptas para uso alimentario. Inodoras y atóxicas.
- Inalterables a la acción de terrenos agresivos.
- Ligeras. Flexibles.
- Fácil transporte, manipulación e instalación. Bajo costo de instalación.
- Posibilidad de hacer instalaciones subterráneas sin apertura de zanja.
- Posibilidad de sustituir tuberías deterioradas de otros materiales, sin apertura de zanja.
- Se suministran en rollo hasta diámetro 110 mm.
- Adaptables a terrenos sinuosos.
- Posibilidad de instalar grandes longitudes con una sola pieza de tubería.
- Bajo número de uniones en grandes longitudes.
- Las pérdidas de carga por rozamiento son mínimas, por conservarse la superficie especular de las paredes internas.
- No se producen sedimentos ni incrustaciones, lo cual hace que se mantenga constante la sección de la tubería.
- Por lo anterior las tuberías de polietileno transportarán mayor caudal de agua a igualdad de diámetros, que las tuberías de materiales tradicionales.
- Varios sistemas de unión totalmente seguros.
 - Soldadura a tope.
 - Accesorios electrosoldables.
 - Accesorios mecánicos de compresión.
- Mantienen la estanqueidad incluso con asentamientos del terreno.

- Insensibles a la congelación.
- Su gran elasticidad atenúa los efectos del golpe de ariete.
- Baja conductividad eléctrica.
- Duraderas. Vida prevista 50 años mínimo.
- Fácil proceso para su identificación posterior.
- Como otros materiales tradicionales sus características están totalmente controladas en la fabricación y están amparadas por Normas UNE y Marcas de Calidad.

APLICACIONES

Aunque el objetivo fundamental de este trabajo son las tuberías de agua potable, parece conveniente, para tener una visión panorámica, reseñar todas las posibilidades que tiene el polietileno en el campo de las tuberías y que son:

- Tuberías de agua potable.
- Tuberías para irrigación.
- Tuberías para gas.
- Tuberías de presión para aguas residuales.
- Tuberías sin presión. Canalizaciones.
- Conducciones subacuáticas enterradas.
- "Relining" (nueva entubación).
- Tubos para la protección de cables.
- Tuberías para el transporte de sólidos.
- Tubos protectores de conductos de calefacción a distancia.

Centrándonos ya en el caso de tuberías para agua potable, podemos decir que la principal aplicación del PE en España, en redes de suministro de agua ha venido siendo para acometidas, con diámetros de tuberías no mayores de 100 mm. Además de la falta de experiencia en nuestro país, en contraste con los materiales tradicionales, el PE se ha usado poco para transporte y distribución con grandes diámetros porque para presiones del orden de 10-16 Atm. de PN y superiores,

con los primeros polietilenos se tenían espesores de pared relativamente gruesos que no favorecían su competitividad.

Sin embargo la situación técnica ha cambiado. Las primeras generaciones de polietilenos que aparecieron como alternativas a los materiales clásicos han dado lugar a nuevos grados de mayores prestaciones técnicas.

Esta evolución se puede resumir aproximadamente en tres periodos de la manera siguiente:

Primera generación, hasta 1968, PE-32

Segunda generación, hacia 1975, PE-50A y PE-50B

Tercera generación, hacia 1988, PE-100

La expresión numérica de esas mejoras se hace a través del concepto de tensión de diseño, representada por la letra griega sigma σ y el subíndice s . Como se define en el Anexo, la tensión de diseño es la tensión admisible para una aplicación determinada expresada en Megapascales (1 Mpa \approx 10 Atm.)

Pues bien, los polietilenos de las generaciones mencionadas han evolucionado desde una σ_s de 2,5 Mpa. a una σ_s de 8 Mpa. O lo que es lo mismo, de un PE-32 a un PE-100.

Gracias a esas mayores tensiones de diseño, es posible usar el polietileno para transportar el agua a elevadas presiones. Hoy en día se habla de hasta 25 Atm. dentro de las posibilidades prácticas. También es posible a igualdad de presión disminuir el espesor de las paredes con el consiguiente ahorro de material. Al pasar de un PE-80 a un PE-100 se puede ahorrar del orden de un 15-20% en material y lo mismo ocurre al pasar de un PE-63 al PE-80. Esto trabajando en los tres casos con el coeficiente de seguridad 1,25. En la literatura técnico-comercial se dan a veces ahorros mayores pero hay que considerar los coeficientes de seguridad y comprobar que en unos casos y en otros se trabaja con los mismos coeficientes.

Si se estudian las series de tubos incluidas en las normas ISO/CEN, y las correspondientes presiones de trabajo de tubos fabricados con diferentes materiales, se pueden extraer tres conclusiones:

- En primer lugar un tubo de la serie SDR 11 (relación entre diámetro exterior y espesor nominal) fabricado con un material convencional, tiene una presión de trabajo máxima de 10 Atm. El mismo tubo fabricado con PE 100 puede ser utilizado hasta 16 Atm. Para tubos de 16 Atm, el polietileno es más competitivo cuando se utiliza este nuevo material. No obstante, la mayoría de sistemas utilizan una presión de diseño de 10 Atm, aunque hay una clara tendencia a efectuar las redes de distribución de agua en PN 16 Atm. Lo más importante es que se puede pasar de una serie estandarizada a otras. Esto significa que se puede utilizar la maquinaria existente y no es necesaria una inversión adicional. El resultado de esto será una fuerte posición para el PE en este nuevo segmento de mercado, permitiendo al productor de tubos fabricar un tubo delgado más rápido, y económico.
- En segundo lugar, el límite práctico para los tubos de PE ha sido de 16 Atm por razones económicas. El mismo tubo puede ahora, si se utiliza PE 100, tener una presión de servicio de 20 Atm. a igualdad de coeficiente de seguridad. Esto abre un nuevo mercado, donde el polietileno no se ha utilizado con anterioridad. Por ejemplo, un ramal principal para conducción de agua trabajando a 16-10 Atm podría ser fabricado en polietileno, en lugar de acero o fundición dúctil.
- En tercer lugar, si se observan las combinaciones de altas presiones y tubos de gran diámetro, hay una limitación desde el punto de vista del productor. No es fácil fabricar un tubo con un espesor de más de 60 mm. Esto ocasiona limitaciones en aplicaciones específicas. Usando el material convencional el mayor tubo posible de extruir para 10 Atm de presión es de unos 630 mm. Con PE 100 se puede fabricar un tubo de 1000 mm. Esto, de nuevo, abre un nuevo sector del mercado para el PE.

La combinación de esta nueva generación de PE y las normas especificando sus usos, reforzará sin ninguna duda la posición en el mercado del polietileno como material para tuberías de presión así como en nuevos sectores.

Este tipo de material está en el mercado desde hace varios años y ha sido utilizado en gran cantidad de aplicaciones. Desde las que son muy específicas, como las tuberías para conducción de gas o de agua potable, hasta las más generales como las de irrigación, drenaje, industriales, etc.

Naturalmente que estas posibilidades que se presentan para el PE en el transporte y distribución de agua con tuberías competitivas de mayor diámetro exigen que se preste una atención especial a la calidad y se sigan las ideas que sobre este aspecto se exponen en este documento.

De todas maneras en el resto de Europa se ha usado hace bastantes años el PE para transporte de agua por tuberías de gran diámetro. Tal vez sea interesante mencionar, por sus condiciones extremas de trabajo, tuberías subacuáticas para suministro de agua a "Tromsø", Noruega, instaladas en 1978. El material fue PEAD, el diámetro interior 400 mm., con grueso de paredes 60 mm., presión de servicio 20 bars, longitud total 1820 m. Los tramos de la tubería de 600 m. de longitud se transportaron a pie de obra remolcandolos sobre la superficie del agua mediante una embarcación.

Existen talleres móviles para extruir tuberías de PE de diámetros del orden de 125 a 720 mm. de diámetros y de una amplia gama de presiones. La maquinaria de fabricación suele ir montada en un remolque. Se pueden fabricar así, "in situ", tuberías de gran longitud en el mismo terreno donde se van a instalar.

Con este sistema se combina la ventaja de ahorrar uniones, por emplear tramos muy largos de una pieza, con el ahorro de transportar esas grandes longitudes, y de la incomodidad consiguiente.

Paradójicamente la posibilidad de aparición de nuevos tipos, las llamadas nuevas generaciones, puede actuar de freno en la introducción del polietileno en redes urbanas y rurales porque se piensa que tal vez convenga esperar a que salga un próximo nuevo grado de polietileno, y que ese sea el "definitivo". No habrá grado "definitivo" de polietileno, porque precisamente por ser un producto "nuevo", está en una fase evoluti-

va más dinámica que los tradicionales, donde es difícil hacer progresos.

Saldrán nuevos grados, cada vez más espaciados, porque el polietileno se irá haciendo también "tradicional" y será difícil mejorarlo, pero la historia de la tecnología nos muestra que si se ha escogido un buen producto o proceso, cualquier mejora futura da tiempo suficiente para amortizarlos, porque no debemos olvidar que esas mejoras necesitan un tiempo respetable para acreditarse, para probar que no tienen fallos y que realmente son mejores. O sea que no se deben desperdiciar oportunidades por esperar a hipotéticas futuras mejoras.

CONSIDERACIONES ECONÓMICAS

Al hablar de costes de una tubería hay que tener en cuenta no solamente el precio del tipo de tubo empleado, sino también la preparación de la zanja u obra civil realizada, la colocación propiamente dicha de la tubería, el precio del material de uniones y su realización, el tiempo empleado, etc., o en otras palabras, el coste del "paquete total" del sistema.

En algunos casos habrá que tener en mente incluso el tipo de suelo, que puede ser prohibitivo para tuberías sensibles a la corrosión, o exigir para ellos una protección adecuada que encarece su uso. Ya hemos mencionado anteriormente cómo algunas tuberías van recubiertas por pinturas epoxídicas, o están galvanizadas, para disminuir los problemas de corrosión.

Por otra parte en la tuberías de polietileno, la sección real puede ser menor que con otros materiales, debido a la menor pérdida de carga y a la no existencia de incrustaciones.

Así pues nos parece importante insistir que con el polietileno para cualquier comparación el precios hay que basarlo en el concepto de "PAQUETE TOTAL", y no sólo teniendo en cuenta los gastos de adquisición e instalación, sino toda la vida de la tubería.

La vida útil de los tubos de PE es de como mínimo 50 años, teniendo todavía al final de este ciclo un coeficiente de seguridad de 1,25.

Para este período de tiempo tan largo, las colectividades y organismos públicos deben considerar la gestión de sus redes de agua, teniendo en cuenta:

- Los costos de inversión y renovación de los equipos.
- Los costos de mantenimiento y reparación.
- Costes de conservar la red a determinadas presiones.
- Las pérdidas de agua debidas a una falta de estanqueidad.

Por lo cuál, las razones económicas para usar tuberías de PE son:

- Inversión económica, frecuentemente ventajosa respecto a otros materiales tradicionales.
- El empleo de un material que conserva sus propiedades durante mucho tiempo y sin problemas de corrosión.
- Pérdidas de carga por rozamiento casi nulas.
- Mínimo mantenimiento de la instalación.
- Ahorro económico por pérdidas de agua, debido a su perfecta estanqueidad.

En el Anexo 6 se dan, a título orientativo, los costes de instalación de diversos tipos de tubería.

5

MERCADO POTENCIAL. TENDENCIAS

A nivel europeo se estima que los materiales tradicionales están cediendo terreno a favor de los plásticos en un rango de diámetros cada vez mayor aunque las tuberías de acero conservarán una posición estable para tuberías de alta presión y gran diámetro. La fundición dúctil y el hormigón armado experimentarán todavía un crecimiento modesto en tonelaje, debido a crecimientos del mercado y en las aplicaciones que exigen diámetros grandes.

El polietileno será quien tenga un crecimiento mayor en Europa, durante los próximos años debido a que irá sustituyendo en el sector del agua a los materiales tradicionales y al PVC.

El mercado mundial de tubería es de más de 6.000.000 Tm/año, siendo el mercado europeo de más de 2.500.000 Tm/año. Del total europeo, el reparto vino a ser, en 1992: 700.000 de PE, 90.000 de PP y unas 1.750.000 de PVC.

Centrándonos ya en Polietileno, el mercado europeo de este polímero aplicado a tubería fue en 1993 de unas 520.000 Tm, y su tendencia es la que se da a continuación:

	1993 Tm.	1994 Tm.	1995 Tm.
PE40 y PE63 (pebd y pemd)	115.000	118.000	124.000
PE 80 (PEAD Y PEMD)	330.000	335.000	336.000
PE 100 (PEAD)	75.000	89.000	114.000
TOTAL	520.000	542.000	574.000

En la tabla anterior, se ve una tendencia a aumentar el consumo para tubería del polietileno en general, y del PE100 algo más acusada. Esto es debido a que este tipo de polietileno aporta dos posibilidades:

- a) Poder trabajar a más presión, SIGMA 8 Mpa.
- b) Poder reducir espesores de la tubería

Esta última posibilidad es la que se está utilizando en mayor medida ya que supone una reducción del coste del tubo, a través de la reducción del espesor, cuando el precio de los polietilenos permanece dentro de los mismos límites para todos.

En la Tabla siguiente se dan los consumos de Polietileno en Europa y la modesta posición de España.

Polietileno PEAD / MD
Cuadro consumo por países de Europa

Mercado Europeo año 1993 por aplicaciones y países (KTm.)			
País	Agua	Gas	Total
ALEMANIA	100	12	112
AUSTRIA	10	3	13
BELGICA/LUX.	5	-	5
HOLANDA	8	-	8
SUECIA	10	3	13
NORUEGA	10	2	12
DINAMARCA	16	4	20
FINLANDIA	9	2,5	11,5
ESPAÑA	15	3,5	18,5
FRANCIA	27	11	38
GRECIA	5	1	6
ITALIA	66	3	69
PORTUGAL	7	-	7
SUIZA	17	3	20
UK/IRLANDA	23	20	43
RESTO EUROPA	10	-	10
TOTAL	338	68	406

Fuente: Repsol Química, S.A.

- La oferta actual en el mercado español ya permite obtener tuberías de diámetros comprendidos entre 16 mm. y 1.200 mm. y para presiones de trabajo de hasta 25 atm. en algunos diámetros.
- Su empleo más extendido está en las instalaciones para acometidas (BD) y en instalaciones de riego de corbatura, siendo aún poco empleado en instalaciones de presión y saneamientos urbanos e interurbanos.
- La existencia, en la actualidad, de resinas de Polietileno de avanzadas prestaciones técnicas ha ampliado la gama de sus aplicaciones.

Potencialidad de las redes urbanas y rurales

La perspectiva del polietileno en competencia con otros materiales es buena, como ya se ha dicho anteriormente.

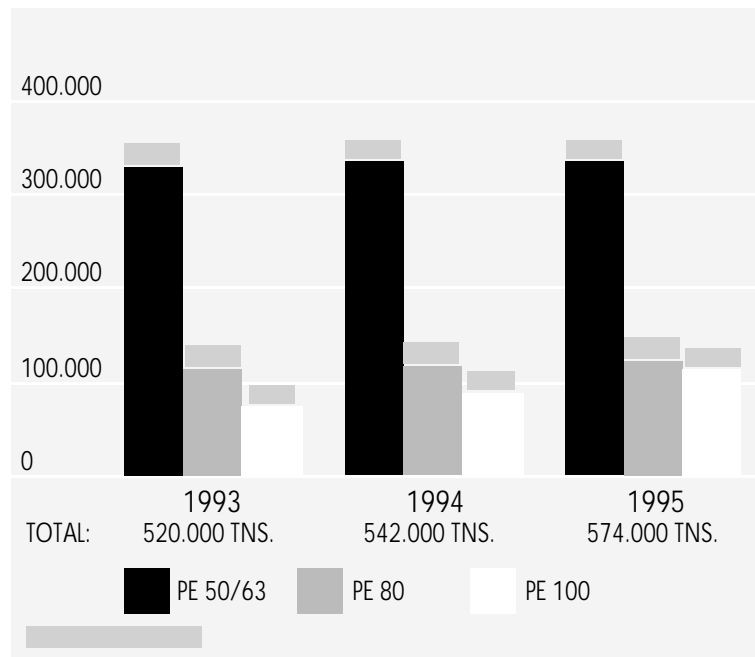
Los campos de aplicación más inmediatos que se prevén son:

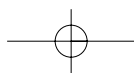
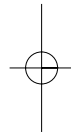
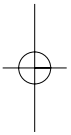
- Renovación de redes
- Instalación de nuevas redes
- Renovación de acometidas
- Instalación de nuevas acometidas

De un modo muy general se puede decir que para los dos primeros puntos los diámetros más adecuados serían los comprendidos entre 100 y 600 mm., y para las acometidas por debajo de 150 mm.

Por ello el mercado futuro del polietileno para tuberías de polietileno en redes urbanas y rurales depende en gran parte en que se sea capaz de informar de modo completo y objetivo a las compañías abastecedoras de agua, para que estas puedan tomar en su momento las decisiones adecuadas a sus casos concretos.

Mercado Europeo de Tuberías de Polietileno







CALIDAD

Dado que el problema de la calidad es tal vez el principal que han tenido los usuarios de tuberías de polietileno, se incluyen unas referencias para que esos usuarios tengan una panorámica completa como se enfoca el tema de la calidad a nivel nacional.

La calidad debe ser una de las preocupaciones principales de la dirección de una empresa. En los tiempos actuales, caracterizados por una fuerte competencia con fronteras cada vez más tenues, se presenta como un arma imprescindible.

Pero en el concepto de calidad podemos distinguir varios aspectos. Por una parte, la calidad del producto. Por otra, la calidad durante su diseño y producción.

En cuanto al primer aspecto, la calidad del producto, es necesario establecer cuáles son las características que determinan el nivel de calidad de cada producto. El mejor procedimiento para determinarlas es la elaboración de normas.

La norma es el documento, establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido (en España, por ejemplo, el organismo de normalización reconocido es la Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR), en el que se establecen los requisitos que debe cumplir el producto. En otras palabras, la normalización es un pacto expresado en un documento técnico mediante el cual fabricantes, usuarios y

Administración acuerdan las características que debe reunir un producto. Es el carácter de documento consensuado el que confiere a las normas una importancia trascendental en todo el proceso de certificación.

El segundo aspecto es la calidad durante la producción. Al igual que para el producto, existen normas que establecen modelos de sistemas de aseguramiento de la calidad adecuados para situaciones contractuales. Estas normas son la UNE -EN -ISO 9.001, 9.002 Y 9.003 (aprobadas a finales de 1994).

Las empresas están comprendiendo la importancia de cumplir estas normas y se encuentran además que los clientes demandan cada vez más su cumplimiento. El mejor método para demostrar este cumplimiento es conseguir el certificado de un organismo como AENOR, que ha establecido un sistema de certificación, conocido como el Registro de Empresa, que sirve para atestiguar la conformidad de los sistemas de la calidad de los titulares con dichas normas.

NORMALIZACIÓN

El órgano de AENOR que desarrolla los trabajos básicos de normalización en el campo de la tubería de polietileno es el Comité Técnico de Normalización AEN/CTN 53 "Plásticos y caucho". Este Comité, cuya secretaría está desempeñada por la Confederación Española de Empresarios de Plásticos (ANAIP) y por el Consorcio Nacional de Industriales del Caucho (COFACO), tiene como misión fundamental mantener actualizadas las quinientas normas UNE existentes en el campo de los plásticos y los elastómeros, así como el enriquecimiento de este volumen de normas y la participación en los foros internacionales (ISO) y europeos (CEN) de normalización.

La composición del Comité busca el equilibrio entre todas las partes interesadas (fabricantes, usuarios, Administración), pues-

to que hemos visto que el consenso es la base de la norma. Su elaboración es un proceso que hasta la edición de la norma ha superado varias fases: trabajos preliminares, toma en consideración, proyecto, información pública, propuesta y aprobación.

El campo de trabajo de Comité es muy amplio. Por ello parte de las labores se encuentra dividida entre diversos subcomités. La tubería de polietileno está incluida dentro del Subcomité 2 (SC 2) "Tuberías y accesorios de plástico".

La normalización europea de los polímeros se está llevando a cabo en el seno de los comités técnicos (CEN/TC) del Comité Europeo de Normalización (CEN). Son miembros de CEN los organismos nacionales de normalización de los países miembros de la Unión Europea y de la Asociación Europea de Libre Cambio (AELC/EFTA). El miembro español es AENOR.

El Comité de CEN que afecta principalmente a la tubería de polietileno es el CEN/TC 155 "Sistemas de tuberías y canalización de materiales plásticos".

Conviene recordar la importancia que tiene para los industriales españoles participar en estos foros europeos de normalización, ya que las normas europeas (EN), resultado de estos trabajos, deben ser adoptadas por todos los miembros del CEN. En el caso español, AENOR las convertirá en normas UNE. Es necesario recordar asimismo que la conformidad con algunas de estas normas (las llamadas armonizadas) podrá servir como prueba del cumplimiento de los requisitos de seguridad u otros de interés general exigidos por la legislación europea, como por ejemplo la Directiva de productos de Construcción.

CERTIFICACIÓN

Cuando el producto cumple la norma, el fabricante encontrará ventajas en que un organismo independiente testimonie que el producto cumple con todos los requisitos establecidos en la norma correspondiente. Esto es la certificación. Pero la certifi-

cación no es solamente un servicio al fabricante, sino también a los consumidores y usuarios, quienes encuentran una ayuda para la elección del producto más adecuado y pueden adquirirlo con mayor confianza.

La Marca **N** de AENOR significa que el producto al que se ha concedido cumple con la norma UNE que le afecta. El logotipo de la Marca sobre un producto significa aptitud para la función y seguridad. En una palabra, calidad.

La certificación de producto de AENOR se desarrolla principalmente por medio de los Comités Técnicos de Certificación. El Comité Técnico de Certificación de AENOR "Plásticos" (AEN/CTC-001) tiene delegadas las funciones de desarrollo y gestión directa de la Marca AENOR para plásticos.

Es el Comité quien, en primera instancia, decide sobre la concesión o no del derecho

de uso de la marca, de su anulación, suspensión, retirada, modificación y mantenimiento. Asimismo es el responsable de la elaboración de los documentos que describen el procedimiento de certificación de cada producto o familia de productos (gestiones o anexos técnicos), de elaborar los presupuestos anuales y de resolver las consultas, reclamaciones, etc. que surgen alrededor de la certificación en su sector. Algunos de los acuerdos adoptados por el Comité deben ser ratificados por un órgano superior llamado la Comisión de Certificación.

Como en el caso de los comités técnicos de normalización, se busca que la composición de un comité técnico de certificación sea equilibrada, de forma que ningún interés predomine sobre otros. Además, todos los vocales de un comité están comprometidos por escrito a mantener la confidencialidad sobre la información reservada que reciben como miembros del Comité. Las empresas que representan a los fabricantes se eligen (cada dos años) mediante votación entre la totalidad de las empresas con productos certificados dentro del campo de actividad del Comité.

El procedimiento utilizado para certificar dentro del sector de plásticos incluye los siguientes elementos:

Auditoría del sistema de aseguramiento de la calidad

Se comprueba el cumplimiento de los requisitos considerados aplicables por el Comité de la norma UNE - EN - ISO 9.002. Si la empresa peticionaria es titular de la marca ER de AENOR, no será precisa esta visita previa.

Inspección del producto y su control

Esta visita sólo se realiza cuando la fase anterior es conforme. En esta visita, el servicio de inspección:

- verificará la existencia y comprobará el correcto funcionamiento de los aparatos de control del peticionario;
- verificará y valorará los registros del control interno del fabricante;
- efectuará ensayos en fábrica con los medios del peticionario sobre muestras tomadas al azar o muestras ya sometidas a control interno, con el fin de contrastar resultados; y
- elegirá al azar las muestras necesarias para la realización de los ensayos previstos en la norma.

Ensayos

Las muestras seleccionadas por el inspector se ensayan, de acuerdo con las normas correspondientes, en uno de los laboratorios reconocidos.

Decisión del Comité

El Comité, estudiados los informes generados durante las fases anteriores, presentados sin citar la empresa peticionaria, adoptará un acuerdo sobre la solicitud.

Si el acuerdo es de concesión, AENOR firmará un contrato con el nuevo titular y emitirá el certificado por el que da testimonio de la conformidad del producto con la norma UNE.

Una vez concedido el derecho de uso de la Marca AENOR, se comprueba anualmente la conformidad de la producción. Estas

comprobaciones incluyen los mismos elementos que la solicitud, pero no siempre se llevan a cabo con la misma intensidad.

Una verificación nueva es la comprobación del mercado del producto. Existen unos puntos comunes en el mercado obligatorio de todos los materiales plásticos certificados:

- Marca comercial del producto.
- Logotipo de la Marca AENOR.
- Norma UNE por la cual el producto está certificado.

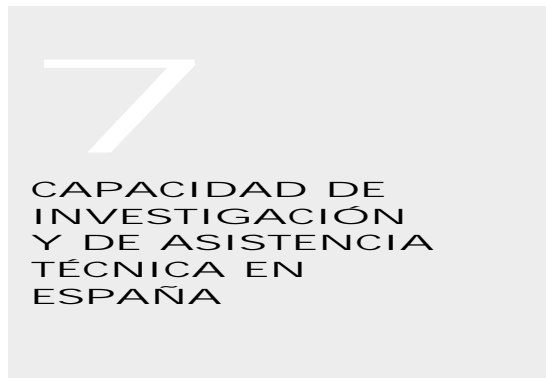
Los productos relacionados con la tubería de polietileno para los que se puede conceder actualmente la Marca AENOR, entre las 28 familias de productos de plásticos, son:

- Tubos de polietileno para conducciones de agua a presión (UNE 53-131)
- Tubos de polietileno reticulado para la conducción de agua a presión fría y caliente (UNE 53-381)
- Tubos de polietileno de media y alta densidad para redes subterráneas de distribución de combustibles gaseosos (UNE 53-333)
- Materiales termoplásticos a base de polietileno y copolímeros de etileno (UNE 53-188, UNE 53-131, UNE 53-367, UNE 53-490)
- Tubos de polietileno de baja densidad para ramales de microirrigación (UNE 53-367)
- Tubos de polietileno pigmentado (no negros) para conducciones subterráneas, empotradas u ocultas de agua a presión (UNE 53-490 experimental)

Además, se conceden certificados de conformidad con especificaciones recopiladas de los proyectos de normas europeas a:

- Tubos de polietileno pigmentado (no negros) para conducciones subterráneas, empotradas u ocultas de agua a presión.
- Uniones de tubos de polietileno con accesorios mecánicos para conducción de fluidos a presión.

El procedimiento de certificación es análogo, en el caso de estos certificados de conformidad, al descrito para productos con Marca AENOR.



Se relacionan las organizaciones españolas, no lucrativas, que trabajan en el campo de I+D de plásticos y que pueden dar asesoramiento a compañías de aguas.

AIMPLAS

Instituto Tecnológico del Plástico
Parque Tecnológico, s/n. Apartado 51
46980 Paterna
(Valencia)
Telf.: 96/131 80 68
Fax: 96/131 80 13

AIMPLAS, Asociación de Investigación de Materiales Plásticos, es una entidad privada no lucrativa constituida por empresas y personas físicas del sector industrial de transformados plásticos, la cual cuenta con la colaboración de las Asociaciones de Industriales de Valencia (AVEP) y Alicante (APPA).

La Asociación se encuentra integrada en la red de Institutos Tecnológicos promovidos por el IMPIVA (Instituto de la Pequeña y Mediana Industria Valenciana), y localizados en "Valencia Parque Tecnológico", en Paterna. También se encuentra adscrita a la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) del Ministerio de Educación y Ciencia. Sus fines princi-

pales son entre otros: la investigación aplicada al sector de transformación de plásticos, así como el apoyo al desarrollo e innovación tecnológica de dicho sector.

Sus objetivos son:

- Desarrollo e investigación en programas europeos de cooperación con compañías e Institutos de investigación internacionales.
- Asesoramiento técnico a las empresas asociadas al Instituto.
- Realización de diagnósis de calidad.
- Promoción de cursos, conferencias, etc. dirigidos a los técnicos del sector.
- Análisis y ensayos de laboratorio químico y físico-mecánico.

GAIKER

Parque Tecnológico, Edificio 202
48016 Zamudio
(VIZCAYA)
Telf.: 94/452 23 23
Fax: 94/452 22 36

El Centro Tecnológico GAIKER, es una asociación sin ánimo de lucro, cuya misión es la captación de conocimientos y desarrollo de tecnologías, con el objeto de transferirlas a las empresas, en el afán de contribuir a mejorar constantemente sus niveles de innovación y competitividad.

La oferta tecnológica de GAIKER se centra en:

- Proyectos de Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico Bajo Contrato.
- Servicios Avanzados y de Asistencia Técnica (análisis, ensayos y certificaciones).
- Actividades de Difusión Tecnológica y Formación.

Las áreas tecnológicas en las cuales GAIKER desarrolla su actividad son:

- Materiales.
- Envase y embalaje.

- Biotecnología Industrial.
- Medio ambiente - Reciclado.

El Centro está ubicado en las instalaciones del Parque Tecnológico del País Vasco y tiene una plantilla de 83 personas, de las cuales 66 son investigadores.

GAIKER, es miembro del EITE (Agrupación Vasca de Centros de Investigación Tecnológica) y de EACRO (Asociación Europea de Empresas de Investigación bajo Contrato).

La actividad de GAIKER dentro de la temática de las canalizaciones basadas en polietileno, se enfoca principalmente a la caracterización de los materiales que constituyen la citada aplicación disponiendo el Centro de amplia experiencia en ensayos destinados a determinar las siguientes propiedades:

- Densidad.
- Índice de fluidez.
- Determinación del contenido de negro de carbono.
- Determinación de la dispersión del negro de carbono.
- Determinación del tiempo de inducción a la oxidación.
- Determinación de la temperatura de inducción a la oxidación.

Esta oferta puede complementarse con las actividades del Centro orientadas a las selección de materiales y transformadores, realización de pruebas de procesabilidad y modificación de formulaciones mediante aditivación o carga.

INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE POLÍMEROS

Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Juan de la Cierva, 3
28006 MADRID
Telf.: 91/562 29 00
Fax: 91/ 564 48 53

Paralelamente a las actividades propias de investigación, el Departamento de Física e Ingeniería del Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros, realiza el control y ensayos de Marca

de Calidad de Materiales Plásticos, y participa en la Comisión 53 de Normalización, en donde se realizan las Normas y Especificaciones para los mismos.

En relación con las tuberías de polietileno, las Marcas que actualmente existen, y cuyos ensayos se realizan en el Instituto son:

- Tubos de polietileno para conducciones de agua a presión.
- Tubos de polietileno de baja densidad para ramales de microirrigación.
- Ensayo de materiales termoplásticos a base de polietileno y copolímeros de etileno para tubos.
- Tubos de polietileno de media y alta densidad para canalizaciones enterradas de distribución de combustibles gaseosos.
- Tubos de polietileno reticulado para conducción de agua a presión, fría y caliente.
- Tubos de polietileno pigmentado (no negros) para conducciones subterráneas, empotradas u ocultas de agua a presión.
- Tubos de PE-100 y PE-80 para conducciones de agua a presión.
- Uniones de tubos de PE con accesorios mecánicos para conducción de fluidos a presión.

Los ensayos que se realizan para determinar la calidad (según exige cada norma) son:

- Determinación del contenido en negro de carbono.
- Dispersión del negro de carbono.
- Índice de fluidez.
- Tiempo y temperatura de inducción a la oxidación.
- Resistencia a presión interna 70°C y 100 horas.
- Resistencia a presión interna 80°C y 170 horas.
- Comportamiento al calor.
- Resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura.
- Estanqueidad.
- Resistencia al cuarteamiento por tensiones en medio ambiente activo.
- Grado de contaminación.
- Densidad.

- Dispersión de pigmento.
- Contenido en volátiles.
- Contenido en cenizas.
- Estabilidad térmica.
- Resistencia a presión interna 20°C y 1 hora.
- Resistencia a presión interna 95°C y 1000 horas.
- Resistencia a presión interna 95°C y 8000 horas.
- Resistencia al agrietamiento.
- Extracción de estabilizante.
- Alargamiento en caliente.
- Estanqueidad a presión interna.
- Estanqueidad a presión interna con curvatura.
- Resistencia al arrancamiento.

LABORATORI GENERAL D'ASSAIGS I INVESTIGACIONS

Apartado de Correos, 18
08193 Bellaterra
(BARCELONA)
Telf.: 93/691 92 11
Fax: 93/691 59 11

El "Laboratori General d'Assaigs i Investigacions de la Generalitat de Catalunya" (LGAi) abarca un amplio campo de funciones indispensables para la industria: ensayos y análisis de materiales y productos, de máquinas y aparatos, de adecuación a Normas, calibración de aparatos de medida, Aseguramiento de la Calidad, estudios e Investigaciones.

El origen del LGAi se remonta al año 1907, fue el primer laboratorio del Estado por R.D. de 21 de febrero de 1992. En 1984 la institución retornó a la Generalitat de Catalunya, quien consciente de disponer de un instrumento indispensable como soporte para el desarrollo de la industria del país, sometió a la aprobación del Parlamento la Ley 23/1984, por la que se crea el LGAi como entidad de derecho público con per-

sonalidad jurídica propia, que ajusta su actividad al régimen jurídico privado.

Esta estructura responde a la necesidad de que goce de la autonomía funcional y de gestión consustancial a su función de entidad de servicios a la industria.

Los campos en que el LGAI está implantado son los siguientes: Polímeros, Envase y Embalaje, Corcho, Gas, Química, Metalurgia, Construcción Mecánica, Mecánica de estructuras, Fuego, Electrónica, Juego, Metrología y Calibración, Electricidad, Acústica y Vibraciones, Centro de aplicaciones del Láser, Aseguramiento y gestión de la Calidad, Centro de desarrollo de procesos de Química Fina y Centro de información técnica a la Exportación.

En el LGAI trabajan unas 130 personas y su facturación en 1993 fue de 1.000 M de pta. aproximadamente.

En control de las tuberías de polietileno, que está enmarcado en el campo del polímeros, el LGAI puede efectuar los ensayos de todas las normas UNE referidas a las mismas, estándose en proceso de acreditación por RELE en todo el campo de tuberías de plástico para la construcción.



- ANEXO 1.** Materia Prima.
- ANEXO 2.** Generalidades sobre tuberías.
- ANEXO 3.** Curvas de regresión. Comportamiento a largo plazo.
- ANEXO 4.** Sistemas de unión.
- ANEXO 5.** Instalación de tuberías.
- ANEXO 6.** Tablas comparativas de costes de instalación de tuberías.
- ANEXO 7.** Referencias significativas.
- ANEXO 8.** ASETUB.

ANEXO 1.

MATERIA PRIMA

Las piezas fundamentales, o unidades básicas, de la estructura de los plásticos se llaman **monómeros**. La unión de muchas unidades de monómeros constituyen los **polímeros**, que tienen moléculas en forma de largas cadenas. El proceso de unión de las unidades de monómeros, es decir, la formación del polímero, se llama polimerización. El polietileno es un polímero obtenido por polimerización del gas etileno, $\text{CH}_2=\text{CH}_2$, producto que se obtiene fundamentalmente del craqueo de la nafta de petróleo.

Las características estructurales del PE que afectan a las propiedades físicas son:

- Densidad
 - Peso molecular (longitud de la cadenas)
 - Distribución de pesos moleculares
- que comentamos a continuación brevemente.

DENSIDAD

Está ligada estrechamente a la ramificación de la molécula cateniforme de polietileno, y a las cantidades de zonas cristalinas que se forman al enfriar el producto fundido.

Aún cuando al polimerizarse el etileno debería dar sólo moléculas lineales por completo, a veces se polimeriza conjuntamente (copolimerización) con un segundo monómero (buteno, hexeno, octeno) para lograr pequeñas cadenas laterales. O bien en los procesos a alta presión el mismo etileno se une a cadenas ya formadas originando ramificaciones.

En ausencia de ramificaciones el agrupamiento de moléculas lineales de PE será más fácil, dando lugar a zonas cristalinas que incrementan la densidad, como consecuencia inmediata. Con muchas ramificaciones se dificulta la agrupación de moléculas, hay pocas zonas cristalinas y muchas amorfas (baja densidad).

Un aumento del porcentaje de la parte cristalina proporciona un aumento de:

- La densidad
- La resistencia a la tracción
- La dureza
- La rigidez

y una disminución de:

- La resistencia al impacto
- La resistencia a las fisuraciones

PESO MOLECULAR

Como ya se ha indicado los polímeros tienen moléculas en forma de largas cadenas, así que en cierto modo el peso molecular es una medida de la longitud de esas cadenas.

Cuanto mayor es el peso molecular mayor es la resistencia a la tracción y a la presión interna, pero menor es la fluidez de la masa fundida.

El Peso Molecular se relaciona muy directamente con una propiedad muy familiar a los usuarios de polietileno para tuberías, como es el Índice de Fluidez (IF). Cuando el Peso Molecular (longitud de las cadenas), aumenta, aquel disminuye.

Un aumento (acortamiento de las cadenas) del IF significa:

- Una mejora de la procesabilidad
- Disminuye la resistencia a la Presión Interna
- Disminuye la resistencia a la fisuración
- Un aumento moderado de la permeabilidad

DISTRIBUCIÓN DE PESOS MOLECULARES

Las cadenas moleculares de las que hablamos antes no tienen todas la misma longitud. Hay una clasificación de ellas que se ajusta a la curva de campana o de Gauss.

Se puede hablar de distribuciones ANCHAS y ESTRECHAS. También se usan los conceptos UNIMODAL-BIMODAL. El carácter ancho de la distribución de pesos moleculares puede abarcar también el caso bimodal.

Cuando la distribución es ancha, mejora la procesabilidad (fluidez de la masa fundida) y la resistencia a la fisuración. Las cadenas cortas actúan como lubricantes de las largas durante la extrusión del tubo. Las cadenas cortas, sin embargo, disminuyen las propiedades físicas, como hemos visto antes. Ha de haber, por lo tanto, un correcto equilibrio de unas y otras.

Es frecuente encontrarnos con una serie de denominaciones para el polietileno:

- Polietileno de baja densidad (1939.ICI. proceso de alta presión)
- Polietileno de alta y media densidad (tipo Ziegler (1954) baja presión)
- Polietileno de alta y media densidad (tipo Phillips (1955) baja presión)
- Polietileno "lineal" (1978 Unión Carbide, baja densidad, baja presión)

A continuación esquematizamos los puntos principales comentados.

Polietilenos

BAJA DENSIDAD	MEDIA DENSIDAD	ALTA DENSIDAD
Moléculas muy ramificadas:	Moléculas poco ramificadas:	Moléculas muy poco ramificadas:
Cristalinidad: 50-60% aproximadamente	Cristalinidad: hasta un 75% aproximadamente	Cristalinidad: hasta un 85%
Densidad: 0,914-0,930	Densidad: 0,930-0,940	Densidad: 0,940-0,962
Los I.F. usados para tubería son del orden de 0,2 g / 10min. bajo carga 2,16 kg.		
Proceso ICI alta presión > 1000 atm.	Procesos Ziegler, Phillips, baja presión, 30-40 atm	
Polietileno lineal baja presión		

Resumiendo se puede decir que las propiedades exigidas a la materia prima para tubería de polietilenos son las **intrínsecas del tipo de polietileno**, que vienen dadas por el proceso de fabricación y que son consecuencia de un equilibrio, óptimo para cada grado de polietileno, entre el peso molecular (expresado por el I.F.), la distribución de P.M. (expresada por la facilidad de transformación) y la cristalinidad (expresada por la densidad).

Importantes también son los **aditivos**, de los cuales el principal es el negro de carbono, que se añade en una proporción del 2-3% para proteger al polietileno frente a los rayos ultravioletas. Es importante también el pigmento que permite identificar a la tubería con su aplicación.

ANEXO 2. GENERALIDADES SOBRE TUBERÍAS

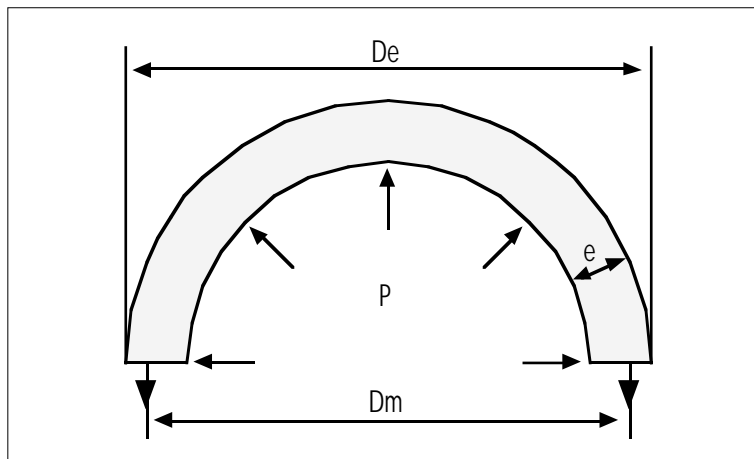
Las tuberías que se deben emplear para la conducción de agua son aquellas que cumplen las Normas UNE y que ostentan la Marca de calidad "N" de AENOR.

Para poder interpretar debidamente esas normas y escoger, en su caso, las tuberías adecuadas es convenientes repasar algunos conceptos y definiciones que se emplean en el campo de tuberías, tanto para ellas como para el material de que están hechas.

TENSIÓN TANGENCIAL

Se la designa por la letra griega sigma, σ

Presión Hidrostática, P
Tensión Tangencial, σ



Cuando cualquier tubería se somete a una cierta presión interna, se genera en sus paredes un estado de tensión, responsable de unas fuerzas (N) que neutralizan esa presión interna.

$$N = \frac{PDm}{2} ; Dm = \frac{D+d}{2} = D - e$$

donde: p es la presión aplicada.

Dm es el diámetro medio del tubo.

D es el diámetro interior.

e es el espesor de pared.

Si dicho esfuerzo N se refiere a la unidad de espesor tendremos el concepto conocido como Tensión Tangencial (σ) a la que se ve sometido el tubo, con lo que

$$\sigma = \frac{P Dm}{2e}$$

Es evidente que de esta ecuación podemos hallar el espesor necesario del tubo para trabajar en unas condiciones dadas.

Al ir a casos concretos de materiales y presiones trabajo, por razones de seguridad se fija un límite de sigma, la tensión tangencial, para cada material, y entonces tenemos la "tensión de diseño" que se definirá más adelante después de introducir algunas otras definiciones previas.

Límite inferior de confianza (LCL): Es el valor de la tensión tangencial, expresado en megapascales, que puede ser considerado como una propiedad del material, y que representa el 97,5% del límite inferior de confianza de la tensión hidrostática a largo plazo suponiendo se trabaje con una temperatura del agua de 20°C y para 50 años.

Resistencia o tensión mínima requerida (MRS): Es el valor que toma el LCL teniendo en cuenta que:

- Si el LCL es menor de 10 se redondea al valor inferior más próximo de la serie R10.

- Si el LCL es mayor de 10 se redondea al valor inferior más próximo de la serie R20.

NOTA: Las series R10 y R20 son los números de serie de Renard de acuerdo con ISO 3 e ISO 497.

Coefficiente de Seguridad (C): Es un coeficiente llamado también de diseño, tiene un valor superior a la unidad, tomado de la serie R20, y que considera las condiciones de servicio, como golpes de ariete y tensiones térmicas en cambios de temperatura, así como movimientos y hundimientos de tierras en tuberías ya tendidas.

El valor mínimo para los tubos de Polietileno es 1,25. En función del tipo de instalación, el proyectista puede elegir coeficientes de seguridad mayores.

Tensión de diseño (σ_s): Es la tensión admisible para una aplicación determinada, expresada en megapascales, y que se obtiene dividiendo el valor del MRS por el coeficiente C, redondeado al valor más próximo de la serie R20.

$$\sigma_s = \frac{\text{MRS}}{C}$$

Presión Nominal (PN): Es una designación numérica convencional referida a las características mecánicas de los componentes de un sistema de tuberías. En los sistemas de tuberías de plástico para conducción de agua corresponde a la presión máxima de trabajo, expresada en Atm, que puede ser mantenida a 20°C.

Serie de tubería (S): Es un número usado para la designación de la tubería de acuerdo con ISO 4065. Para tubos de presión también puede ser definida como la relación siguiente:

$$S = \frac{\sigma_s}{\text{PN}}$$

Relación dimensión standar (SDR): Es el cociente entre el diámetro exterior y el espesor nominal.

$$SDR = \frac{De}{e}$$

La relación entre la serie S y el SDR es la siguiente:

$$S = \frac{SDR - 1}{2}$$

Relación entre MRS, σ_s y coeficiente de seguridad C

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

Actualmente hay una cierta variedad de denominaciones para los mismos materiales que conviene aclarar para evitar confusiones.

La Organización Internacional de Normalización (ISO) y el Comité Europeo de Normalización (CEN) han acordado definir el tipo de PE según la MRS (Resistencia Mínima Requerida) del material. Las Normas UNE se basan para hacer la clasificación en la densidad. No hay una correlación rigurosa entre las denominaciones ISO/CEN y UNE y así en los materiales UNE PE-32 y PB-50B les corresponde más de una posibilidad según ISO/CEN.

La tabla siguiente es un esfuerzo para aclarar las relaciones entre unos y otros polietilenos.

Relación entre los diferentes tipos de tuberías de polietileno

Tipo PE según densidad	Tipo PE según UNE	Tipo PE según ISO y CEN	MRS (MPa)	σ_s (MPa) (*)
PEBD	-	PE 32	3.2	2.5
PEBD	PE 32	PE 40	4.0	3.2
PEBD		PE 63	6.3	5.0
PEMD	PE 50B	PE 63	6.3	5.0
PEMD		PE 80	8.0	6.3
PEAD	PE 50A	PE 80	8.0	6.3
PEAD	-	PE 100	10.0	8.0

(*) C = 1.25

El Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente esta elaborando, para su próxima publicación en el BOE, una versión del pliego de prescripciones técnicas generales para tuberías de abastecimiento de aguas y saneamiento de poblaciones. En esa revisión se contempla la denominación actual de la Norma UNE para tuberías de polietileno, dejando la puerta abierta a futuras denominaciones, tales como las ISO/CEN.

Las normas UNE relativas a tuberías de agua a presión contemplan un coeficiente de seguridad de 1.6 para los llamados PEBD, PE-32; PEMD, PE-50B y PEAD, PE50-A que dan origen a las correspondientes marcas de calidad AENOR.

Al mismo tiempo coexisten por necesidades del mercado las denominaciones de normas europeas EN basadas en las ISO, para PE 40, PE-63, PE-80 con un coeficiente de seguridad de 1,25 que han dado lugar a certificados de conformidad de producto AENOR (hasta que se preparen las correspondientes normas UNE) con las mencionadas denominaciones.

La tendencia es al uso, en conducciones de agua, del coeficiente de seguridad, 1,25 por su menor coste.

Como ya se ha dicho en algún otro sitio, cualquier comparación de tuberías habrá de hacerse con los mismos criterios, esto es, sobre la base de que tengan el mismo coeficiente de seguridad.

Con la tabla siguiente se relacionan los coeficientes de seguridad C que puede escoger un proyectista en función del tipo de polietileno que quiere usar y de las MRS y σ_s de éste.

PE	100	80	63	50	40
MRS (MPa)	10	8	6,3	5	4
σ_s	Coeficiente de Seguridad (c)				
8	1,25				
6,3	1,6	1,25			
5	2	1,6	1,25		
4	2,5	2	1,6	1,25	
3,2	3,2	2,5	2	1,6	1,25

Ejemplos de relación entre PN, MRS, S y SDR

SDR	S	Clase de Material				
		PE 32	PE 40	PE 63	PE 80	PE100
		PN en Bares				
41	20			2.5	3.2	4
33	16			3.2	4	5
26	12,5		2.5	4	5	6.3
21	10	2.5	3.2	5	6.3	8
17.6	8.3	3	3.8	6	7.5	9.6
17	8	3.2	4	-	8.0	10
13.6	6.3	4	5	8	10	12.5
11	5	5	6.3	10	12.5	16
9	4	6.3	8	12.5	16	20
7.5	3.2	8	10	16	20	25
6	2.5	10	12.5	20	25	32

Así, según esta Tabla, si queremos transportar agua a presiones de 10 Atm. usaremos un diámetro de tubería 17 veces mayor que el espesor de la tubería. A 20 Atm. el diámetro será 9 veces el espesor de la tubería, y a 32 Atm. el diámetro sería 6 veces el espesor. Esto usando PE-100. En la Tabla se pueden deducir también las dimensiones de las tuberías cuando se usan otros tipos de PE.

La Tabla siguiente es útil para la elección de un tipo de tubería de polietileno. Debe tomarse sin embargo con un carácter orientador y para proyectos específicos de cierta envergadura recomendamos la toma de decisiones en colaboración con especialistas como se comenta en el primer capítulo de este trabajo.

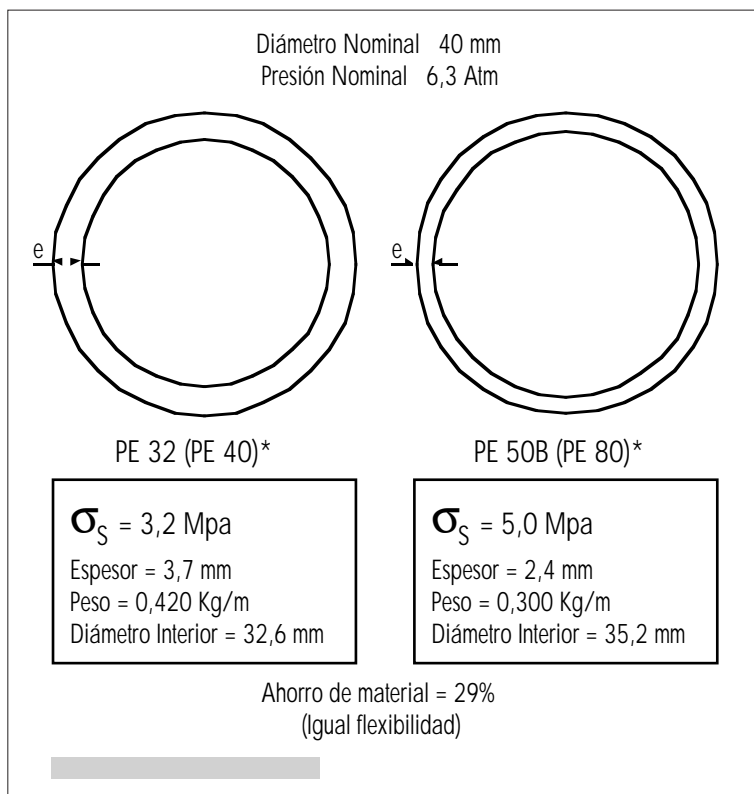
Recomendación para elección del tipo de tubería de polietileno

De	Presión Nominal (Atm)					
	4	6,3	10	16	20	25
20	PE 40 (PE 32)		PE 63 (PE 50B) MD FLEXIBLE			
25						
32						
40						
50						
63						
75						
90						
110						
125						
140	PE 80 (PE 50A) C = 1,6	PE 80 C = 1,25		PE 100		
160						
180						
200						
225						
250						
280						
315						
355						
400						
450						
500						
560						
630						
710						
800						
900						
1000						
1200						

- Los grados superiores cubren las necesidades de los grados inferiores. Con objeto de no tener varios tipos de tubos de PE para la misma función y clase (diámetro-presión), se recomienda tener en cuenta también los puntos siguientes:

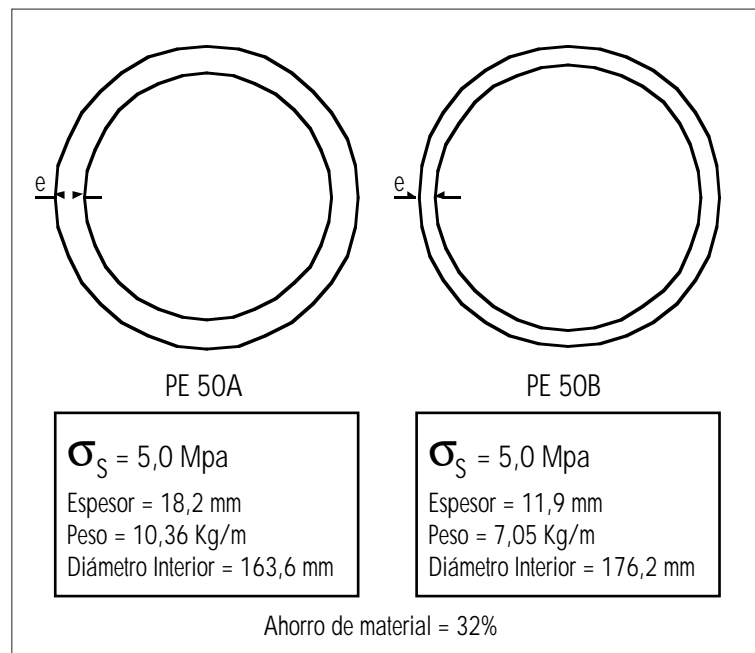
- Las tuberías de PE 40 para PN 16 tienen mayor espesor y por tanto menor diámetro interior y menor capacidad de caudal. No son tan rentables.
- Las tuberías de PEMD PE 63 en PN 4 no se pueden enrollar, si en cambio las de PEBD PE 63.
- Las tuberías de PE 80 en PN 25 no son rentables debido a su gran espesor.
- Las tuberías de PE 100 en PN 4 no se pueden enrollar y son más propensas a doblarse.

Comparación Tubo PE Baja Densidad - Media Densidad



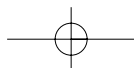
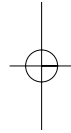
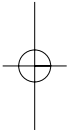
- Para la misma presión y diámetro nominal, un tubo fabricado con PE media densidad PE 50B tiene un 29% menos de material que un PE 32 y las siguientes ventajas:
 - Igual flexibilidad.
 - Se puede soldar a tope o por electrofusión. Los tubos de baja densidad no se deben soldar.
 - Mayor resistencia química.
 - Igual que los tubos de baja densidad, están fabricados con la norma UNE 53131 y tienen la marca de calidad N de Aenor.
 - Al tener menos espesor que los de baja densidad la velocidad de extrusión es mayor.
 - Al tener mayor diámetro interior, aumenta la capacidad de caudal.

Comparación Tubo PE Media Densidad





- Esta ahorro se da cuando el coeficiente de seguridad para el PE 50A es 1,6 y para el PE 100 es 1,25. Cuando ambos coeficientes son 1,25, el ahorro es del 15 al 20%, y obteniéndose las ventajas siguientes:
 - La velocidad de fabricación por extrusión es mayor.
 - Mayor capacidad de caudal al tener mayor diámetro interior.



ANEXO 3

CURVAS DE REGRESIÓN. COMPORTAMIENTO A LARGO PLAZO

La característica indudablemente más importante de las tuberías de plástico es su comportamiento bajo presión interna permanente, o sea su esperanza de vida en tales condiciones.

A lo largo de este documento se habla de que la vida media de una tubería de polietileno es como mínimo de cincuenta años. Cabe preguntarse como se llega a esa conclusión, pues si bien el PE fue descubierto en 1939, es decir, hace más de 50 años, los primeros polietilenos eran productos muy inferiores a los actuales, que no se dedicaron a tuberías para agua y por lo tanto no ha habido ningún ensayo que durase cincuenta años.

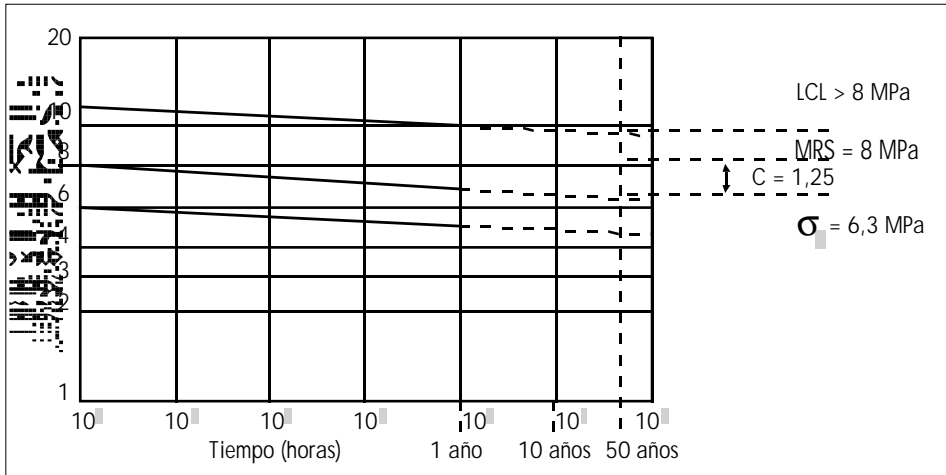
Para hacer la afirmación de vida mayor de cincuenta años se emplea una metodología reconocida por la comunidad científica internacional y amparada por las normas adecuadas.

Para determinar la resistencia en función del tiempo de las tuberías de PE, se realizan ensayos de presión interna a distintas temperaturas 20°C, 40°C, 60°C y 80°C. El tubo de prueba se llena de agua a la temperatura de ensayo y se introduce en un baño de agua que también está a la temperatura de ensayo, a continuación se le somete a la presión de ensayo definida. Llevando en escalas logarítmicas la presión al eje de las ordenadas y la presión interna de los tubos probeta al eje de las abscisas, se obtienen las llamadas curvas de regresión, que extrapoladas a largo plazo por el método de Arrhenius según la norma ISO/DTR/9080 nos dan el comportamiento de las tuberías de PE a 20°C. Este tipo de ensayos se viene realizando desde 1955 y los resultados obtenidos se corresponden con las predicciones.

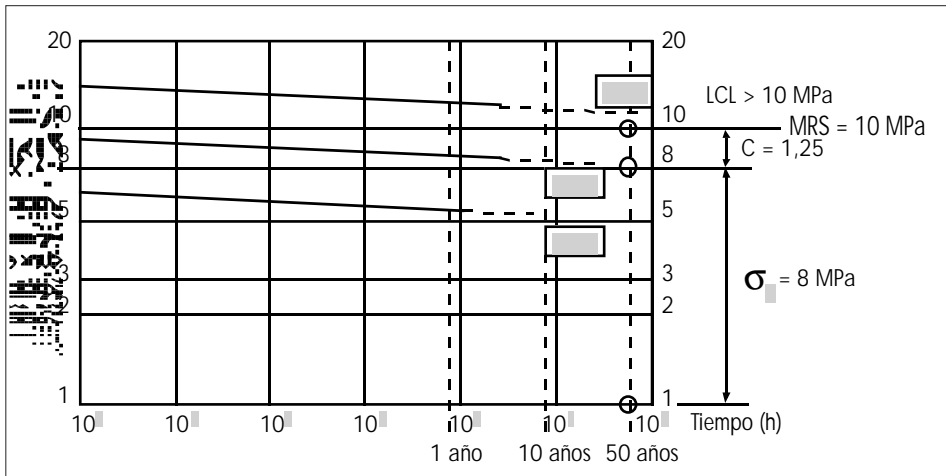
A los tubos se les exige una vida útil de como mínimo 50 años, al cabo de la cual debe quedar todavía un coeficiente de seguridad.

En los dos gráficos siguientes se indican las curvas de regresión de tuberías de PE 80 y PE 100.

Curva de regresión tuberías de PE 80

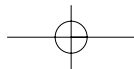
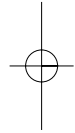
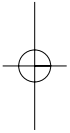


Curva de regresión tuberías de PE 100



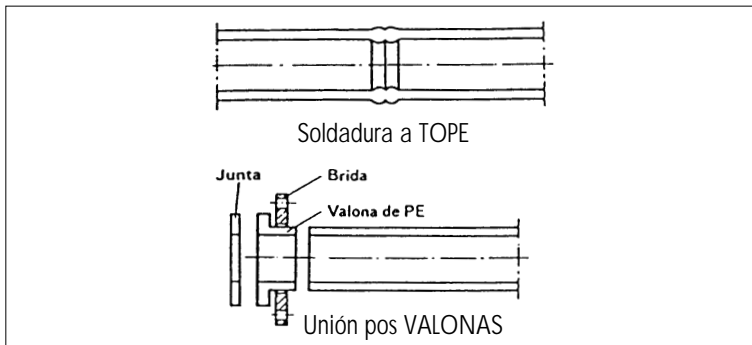


En ambos gráficos se pueden ver los valores del límite inferior de confianza (LCL), resistencia o tensión mínima requerida (MRS), tensión de diseño σ_s , y coeficiente de seguridad C que se espera tengan las tuberías de PE 80 y PE 100 al cabo de los cincuenta años.

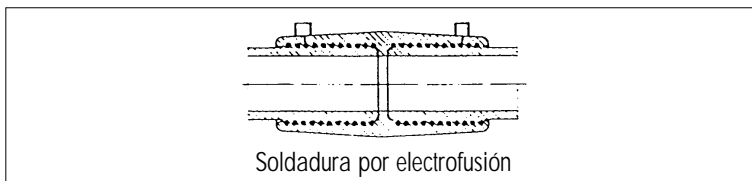


ANEXO 4. SISTEMAS DE UNIÓN

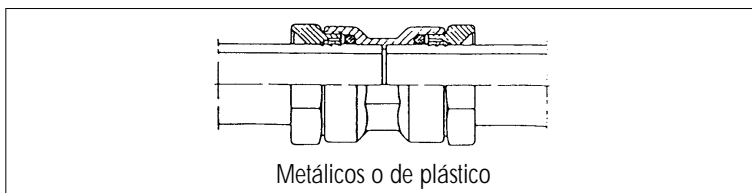
Soldadura a tope



Accesorios electrosoldables



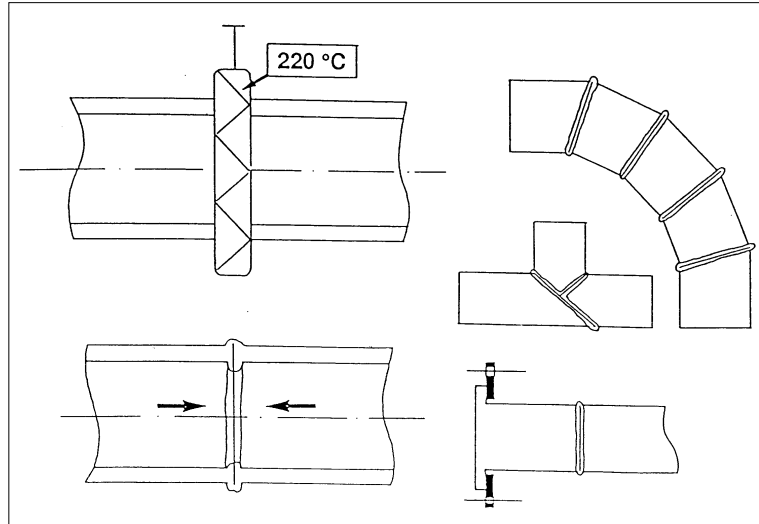
Accesorios mecánicos



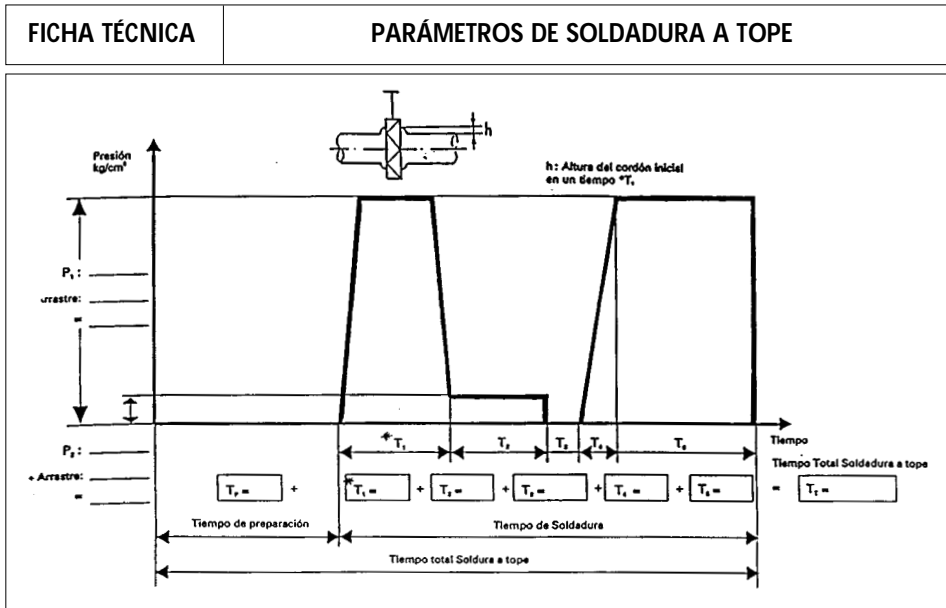
- Las tuberías de PE no se deben pegar ni roscar para unir las.

Es preferible que los elementos de unión sean resistentes a la tracción.

Soldadura a tope

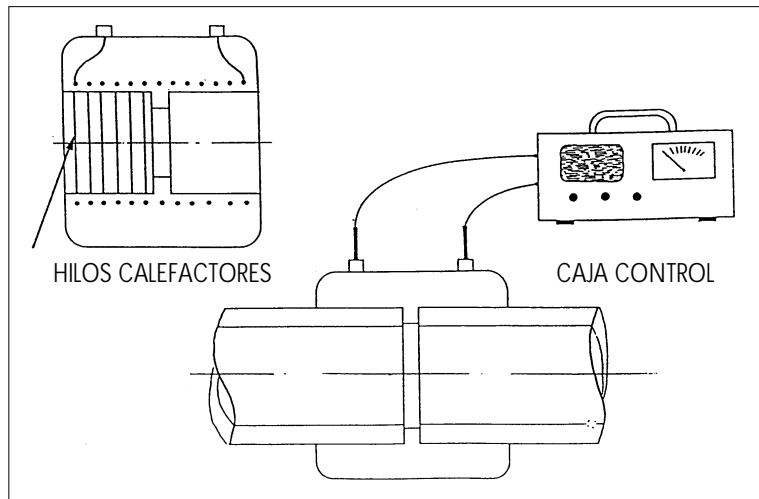


- La soldadura a tope se aplica preferentemente en tuberías de diámetro nominal mayor de 63 mm. y espesores de pared superior a 3 mm.
- Generalmente la soldadura se efectúa fuera de la zanja.
- Actualmente existen equipos automáticos que realizan las operaciones.



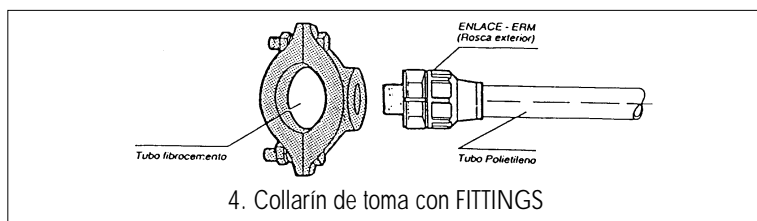
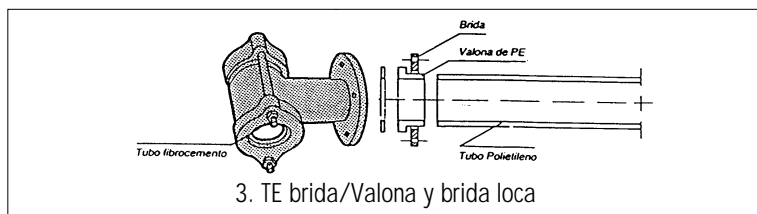
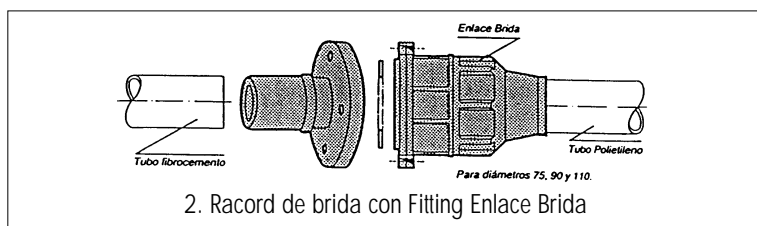
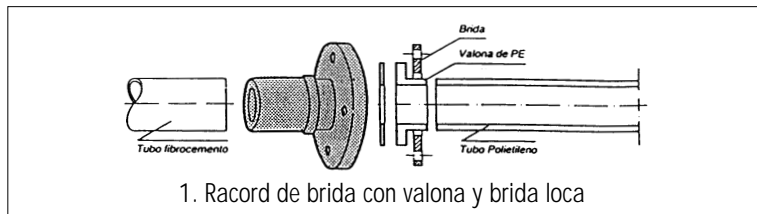
- Para efectuar las soldaduras a tope, el fabricante de las tuberías facilita una ficha técnica con indicación de los parámetros de la soldadura a tope.
- Esta ficha debe estar en el puesto donde se efectúa la soldadura, el operario ha de cumplir los parámetros indicados en la misma, posteriormente esta ficha se puede archivar para tener la trazabilidad de la instalación.

ELECTROFUSIÓN



- Los accesorios electrosoldables existentes hoy día en el mercado se sueldan a una de las tensiones siguientes: 24v.- 39,5v.- tensión variable.
- Las máquinas que sueldan estos accesorios pueden ser: Manuales o Automáticas con código de barras o tarjeta. Las máquinas tienen una entrada a 220v. y la salida será la que tenga el accesorio que vamos a soldar.

Conexión entre otras tuberías y las de polietileno



- Las tuberías de PE se conectan a otras tuberías, válvulas, accesorios, etc. de diferente material por los siguientes métodos:
 - Rosca. Para diámetros pequeños. Se realiza con accesorios mecánicos.
 - Brida. Normalmente para diámetros a partir de 63 mm.
 - Accesorios metálicos tipo manguitos de reparación también a partir de 63 mm.

ANEXO 5. INSTALACIÓN DE TUBERÍAS

Se describen a continuación los sistemas de tendido de tubería de PE suministrada en bobinas o rollos. La técnica de puesta en zanja de tubería en barras es muy similar a la correspondiente a materiales convencionales.

a) Sistema convencional. Zanja abierta antes de instalación del tubo.

La zanja que se necesita es generalmente de menores dimensiones que para otros materiales.

El ancho de la zanja, que depende del diámetro del tubo, es generalmente pequeño, 250-400 mm. La profundidad es similar a la de cualquier tipo de conducción, entre 0,60 y 1 m.

La tubería deber ser colocada haciendo un ligero zig-zag o serpenteo al objeto de que las contracciones del material que puedan producirse a posteriori, no afecten en absoluto a la canalización.

Si fuera necesario bordear obstáculos, se puede curvar la tubería, siempre y cuando el radio mínimo de curvatura sea de 20 veces el diámetro de la tubería.

Al ser el PE un material flexible, pueden realizarse cambios de dirección en el trazado de una conducción. Hay reglas sobre los máximos radios de curvatura permitidos.

b) Sistemas de apertura simultánea de zanja y tendido de tubería.

Mediante máquinas, dotadas de un disco o cadena, que abren zanjas muy estrechas que introducen el tubo al mismo tiempo, a partir de las bobinas incorporadas al dispositivo de apertura.

Las condiciones del subsuelo para la aplicación de esta técnica limitan generalmente su aplicación a zonas no urbanizadas, carentes de servicios.

Existen en el mercado diferentes tipos de máquinas con posibilidad de alcanzar tendidos de hasta 1.000 m/día y algunos diseños especiales que permiten la apertura rápida de zanja, tendido de tuberías sobre el lecho de arena, recubrimiento mediante una segunda capa de arena e instalación de una banda de señalización, efectuando todas las tareas la misma máquina.

c) Entubado (Relining)

El entubado consiste en la renovación de una tubería antigua o defectuosa mediante la introducción en su interior de una tubería nueva, sin necesidad de abrir zanja. La técnica del entubado permite la renovación de canalizaciones con coste reducido.

La obra civil, en este caso, se limita a la apertura de dos pequeños pozos de trabajo: uno de lanzamiento y otro de recepción.

La tubería nueva puede ser de menor o de mayor diámetro que la anterior.

El PE es un material especialmente adecuado para esta aplicación por varias razones, de entre las que caben destacar su flexibilidad y su soldabilidad.

Las técnicas existentes son:

- Entubado:

- Con pérdida de sección:
 - Simple sin carga
 - Simple en carga
- Sin pérdida de sección:
 - Rolldown
 - Swagelining
 - U-Liners
- Con aumento de sección:
 - Rompetubos

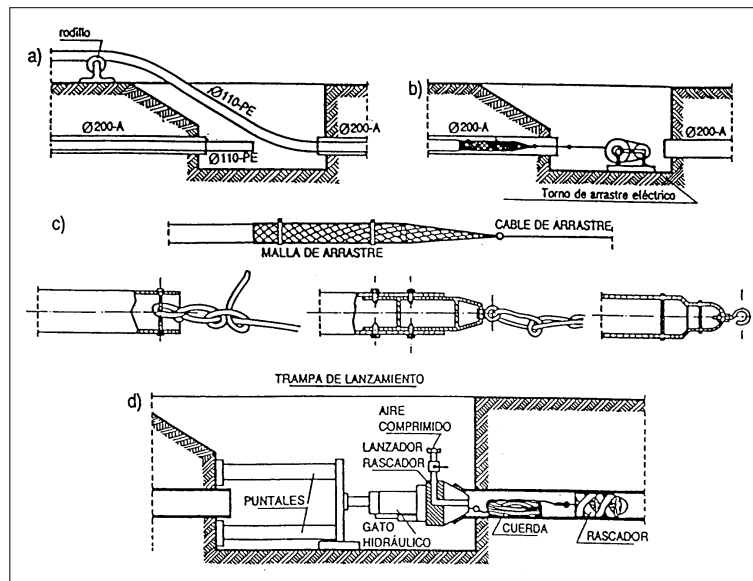
Los sistemas de entubado son utilizados ampliamente en países como el Reino Unido y Alemania. Son sistemas adecuados para el saneamiento de tuberías de fundición gris y fibrocemento, sobre todo en diámetros superiores a 200 mm.

Como todo sistema de no excavación, la utilización de estas técnicas reduce los costes directos de instalación frente a los métodos tradicionales. Esta reducción depende del diámetro y longitud a sanear, pero puede estimarse entre un 15 y un 25%. Obviamente, la utilización de estos sistemas reduce los denominados costes indirectos o costes sociales.

En algunas publicaciones técnicas se dice que los ahorros, en caso de largos tramos sin ramales, llegan al 75%. La ciudad de Heidelberg, en Alemania, ha informado conseguir ahorros del 80% en el saneamiento de una conducción de gas.

Sería necesaria la experimentación de estos sistemas en nuestro país con objeto de estudiar las posibles aplicaciones para el saneamiento de las canalizaciones antiguas de las redes de gas y agua españolas.

Esquema gráfico de un entubado (llamado también entubación y relinig)



Inserción simple. a) Cata de lanzamiento. b) Cata de recepción. c) Conexión a cable de tracción. d) Paso de testigo.

a) Instalación sin apertura de zanja. Perforación dirigida

Una de las técnicas de instalación de tuberías que minimizan los trabajos de obra civil, por ahorrarse la apertura de zanjas, es la denominada perforación dirigida.

En cierto modo se puede considerar como una técnica complementaria del entubado. La diferencia con este es que aquí hay que hacer una perforación nueva y no se aprovecha nada existente.

Se instala una torre de perforación en el punto de partida del tramo a instalar, realizándose un taladro con un "drill" de 50 mm de diámetro en toda la longitud del tramo. El taladro puede realizarse por perforación mediante inyección de bentonita o bien mixto, dependiendo de la máquina que se utilice.

La cabeza de perforación lleva incorporado un emisor que es detectado desde la superficie mediante un localizador. De esta forma, puede variarse el trazado para salvar posibles obstáculos que existan en el terreno y, por supuesto, hayan sido localizados anteriormente.

Una vez alcanzado el punto final de la instalación, se conecta al perforador un ensanchador de un diámetro 2 cm mayor que el diámetro de la canalización y, a su vez, la tubería de PE en rollo o en bobina.

Posteriormente, se procede a recuperar las barras del drill desde el lugar donde se encuentra ubicada la torre de perforación y al mismo tiempo a instalar la tubería.

Para el uso de estos equipos es fundamental la realización de una inspección del área de trabajo con detectores, con el fin de localizar los posible servicios enterrados que existen en la zona, evitando su utilización en caso de existir riesgo de afectación a los mismos. Además, es preciso un estudio detallado de la cartografía existente. No debe utilizarse este método en zonas de las que no se disponga de cartografía y exista una gran densidad de servicios enterrados.

Las máquinas existentes actualmente permiten la instalación de tuberías de hasta 200 mm de diámetro, llegando a longitudes de 200 m, incluso realizando curvas de radio grande.

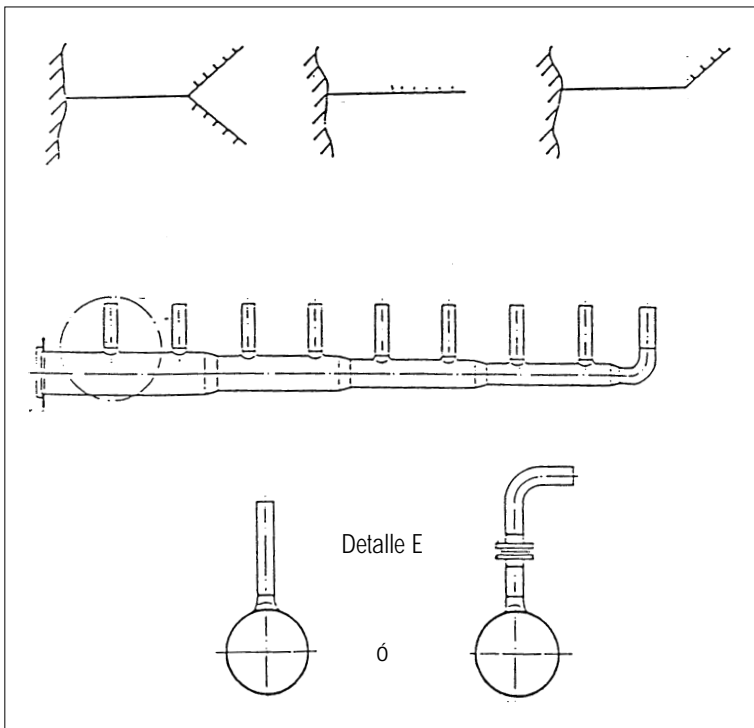
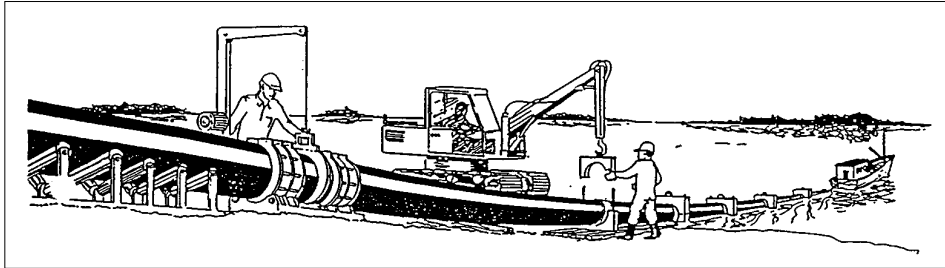
Es interesante conocer la existencia de la ISTT (Internacional Society for Trenchless Technology), es decir, la "Asociación Internacional sobre Tecnología sin Apertura de Zanjas".

Esta Asociación, entre otras actividades, organiza reuniones técnicas anuales en Europa, Estados Unidos y Asia, complementadas con exposiciones de equipos.

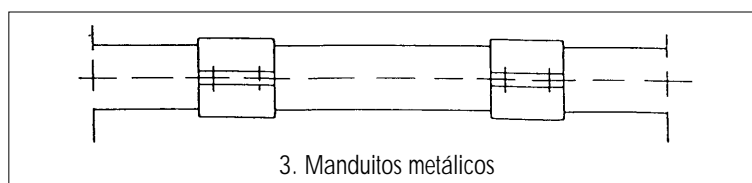
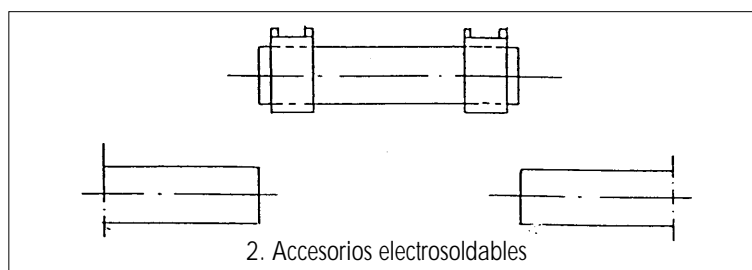
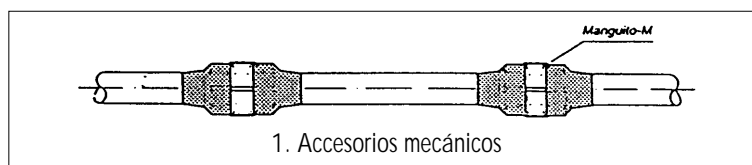
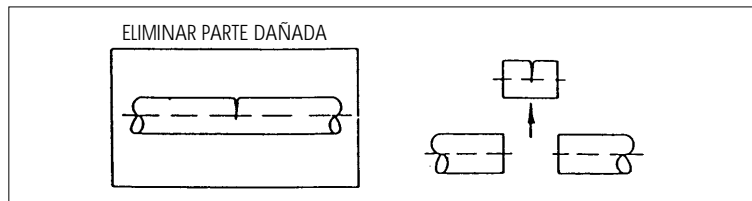
Conducciones submarinas

- Una aplicación muy interesante para las tuberías de PE la constituyen las conducciones subacuáticas para atravesar ríos, lagos o brazos de mar, ya que por su flexibilidad natural se amoldan perfectamente por si mismas a las irregularidades del terreno y se utilizan como tuberías de saneamiento para aguas residuales, tuberías para la protección de cables telefónicos, eléctricos, etc.
- Las conducciones subacuáticas pueden tenderse por tres métodos diferentes:
 - Tendido sobre el fondo
 - Tendido en una zanja subacuática
 - Tendido directo mediante arado de dragado

Conducciones submarinas



Reparaciones



- La reparación de averías en tuberías de PE puede ser realizada con:
 - Accesorios mecánicos.
 - Accesorios electrosoldables.
 - Manguitos metálicos.
- Merece especial mención la gran facilidad que representa el empleo de accesorios electrosoldables para reparación de tuberías de diámetro superior a 110 mm.

Normativa vigente

CALIDAD	UNE - EN - ISO 9.000 y derivadas
TUBERIA DE PRESION	UNE 53-131-90
TUBERIA DE GAS	UNE 53-333-90
TUBERIA LDPE MICROIRRIGACION	UNE 53-367-90
TUBERIA NO NEGRA AGUA A PRESION	UNE 53-490-90
ENSAYOS	
DENSIDAD	UNE 53020
INDICE DE FLUIDEZ	ASTM D 1238 / UNE 53098
RESISTENCIA TRACCION-ALARGAMIENTO	UNE 53023
MODULO DE FLEXION	UNE 53022
ESCR (Materia prima)	ASTM D-1693 / UNE 53218
T.I.O	DS 2131 / / UNE 53333 210°C / 200°C / UNE 53131
TEMPERATURA DE OXIDACION	ASTM D-3350
DUREZA SHORE D	UNE 53130
PRESION INTERNA	UNE 53.333.80
DISTORSION TERMICA (HDT)	ASTM D-648 / UNE 53131 / UNE 53133
FRAGILIDAD EN FRIO	ASTM D-746
RESISTENCIA IMPACTO IZOD	ASTM D-256

Normas relacionadas

UNE 53.131 (90) "Plásticos. Tubos de PE para conducciones de agua a presión. Características y métodos de ensayo".

INFORME UNE 53.331 "Plásticos. Tuberías de poli (cloruro de vinilo) (PVC-U) no plastificado y polietileno de alta densidad (PE-HD). Criterios para la comprobación de los tubos a utilizar en conducciones con y sin presión sometidos a cargas externas".

UNE 53.365 (90) "Plásticos. Tubos de PE-HD para uniones soldadas, usados para canalizaciones subterráneas, enterradas o no, empleadas para la evacuación y desagües, Características y métodos de ensayo".

UNE 53.367 (90) "Plásticos. Tubos de PE-BD para ramales de microirrigación. Características y métodos de ensayo".

INFORME UNE 53.390 (85) "Plásticos. Tubos y accesorios de PE-BD. Resistencia química de fluidos".

INFORME UNE 53.394 (92) "Plásticos. Código de instalación y manejo de tubos de PE para conducción de agua a presión. Técnicas recomendadas".

INFORME UNE 53.404 (87) "Plásticos. Tubos y accesorios de PE-AD. Resistencia química de fluidos".

UNE 53.405 (86) "Plásticos. Uniones de tubos de PE con accesorios mecánicos para conducción de fluidos a presión. Determinación de la estanquidad a la presión interna".

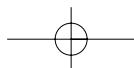
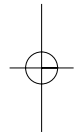
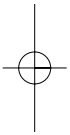
UNE 53.406 (86) "Plásticos. Uniones de tubos de PE con accesorios mecánicos para conducción de fluidos a presión. Determinación de la estanquidad a la presión externa".

UNE 53.407 (86) "Plásticos. Uniones de tubos de PE con accesorios mecánicos para conducción de fluidos a presión. Determinación de la estanquidad a la presión interna a estar sometidos a curvatura".



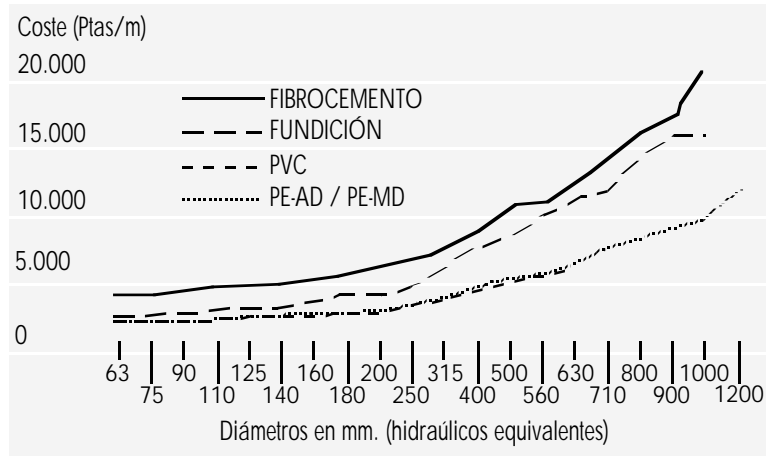
UNE 53.408 (88) "Plásticos. Uniones de tubos de PE con accesorios mecánicos para la conducción de fluidos a presión. Ensayo de resistencia al arrancamiento".

UNE 53.490 (90) "Plásticos. Tubos de PE pigmentado (no negros) para conducciones subterráneas, empotradas u ocultas de agua a presión. Características y métodos de ensayo".

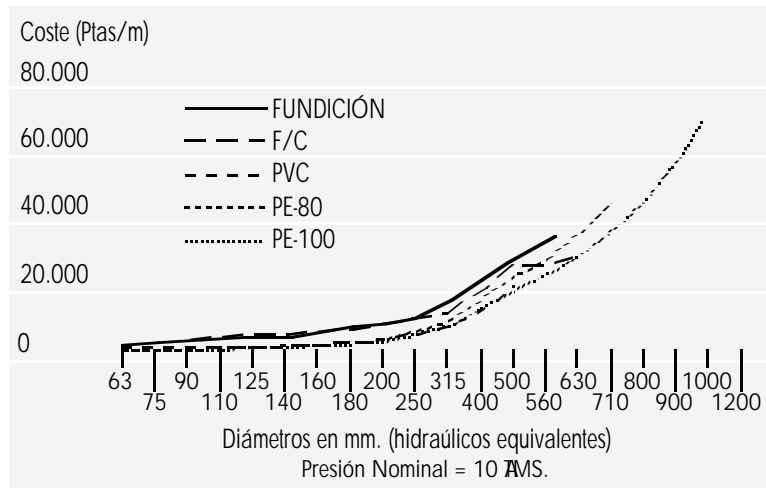


ANEXO 6. TABLAS COMPARATIVAS DE COSTES DE INSTALACIÓN DE TUBERÍAS

Costes Comparativos Instalación



Costes Comparativos Totales Tubería Instalada



Fuente: Tubos Saenger

**Orientación sobre Costes Totales Instalación
(Pts/metro)**

DIÁMETROS		MATERIAL			
Dn PVC y PE	Dn F/C y FUND.	F/C	FUNDIC.	PVC	PEAD
63	60	-	2399	2120	2089
75	70	4125	-	2176	2164
90	80	4237	2522	2250	2278
110	100	4457	2678	2357	2437
125	125	4721	2942	2435	2510
140	-	-	-	2516	2584
160	150	4976	3113	2634	2684
180	175	5236	-	2753	2785
200	200	5560	3576	2887	2887
250	250	6115	4086	3375	3438
315	300	6662	4676	3812	3964
-	350	7347	5412	-	-
400	400	8074	5916	4454	4757
-	450	8715	6397	-	-
500	500	9286	7592	5186	5368
560	-	-	-	-	5752
630	600	10841	8409	6147	6521
710	700	12532	9961	-	7683
800	800	14184	11219	-	8336
900	900	16072	11875	-	9096
1000	1000	17466	14386	-	9894
-	1100	19825	-	-	-
1200	1200	21325	15862	-	11967

Fuente: Tubos Saenger

Por diámetros hidráulicos equivalentes

DIÁMETRO			MATERIAL			
Dn PVC y PE	Dn FUNDICION	Dn F/C	F/C	FUNDIC.	PVC	PEAD
63	80	70	4125	2522	2120	2089
75	100	80	4237	2678	2176	2164
90	100	100	4457	2678	2250	2278
110	120	120	4721	2942	2357	2437
125	150	150	4976	3113	2435	2510
140	150	150	4976	3113	2516	2584
160	200	175	5236	3576	2634	2684
180	250	200	5560	4086	2753	2785
200	250	250	6115	4086	2887	2887
250	300	300	6662	4676	3375	3438
315	400	350	7347	5916	3812	3964
400	500	450	8715	7592	4454	4757
500	600	600	10841	8409	5186	5368
560	700	600	10841	9961	-	5752
630	800	700	12532	11219	6147	6521
710	900	800	14184	11875	-	7683
800	1000	900	16072	14386	-	8336
900	1200	1000	17466	15862	-	9096
1000	1200	1200	21325	15862	-	9894
1200	-	-	-	-	-	11967

Fuente: Tubos Saenger

Fundición

Dn	m3 excav.	m3 verted.	m3 tapado	nº oficial.	nº peones	nº gruas	Rº hor. (m/h)	nº tub camión
60	1.23	0.00	1.22	2	2	1	38	340
80	1.28	0.01	1.27	2	2	1	35	260
100	1.33	0.01	1.32	2	2	1	30	215
125	1.40	0.01	1.38	2	3	1	26	170
150	1.46	0.02	1.44	2	3	1	24	140
200	1.60	0.03	1.57	2	3	1	18	105
250	1.74	0.05	1.69	2	3	1	14	80
300	1.89	0.07	1.82	2	3	1	11	60
350	2.04	0.10	1.95	2	3	1	9	33
400	2.20	0.13	2.07	2	3	1	8	30
450	2.36	0.16	2.20	2	3	1	8	20
500	2.53	0.20	2.33	2	3	1	6	14
600	2.88	0.28	2.60	2	3	1	6	11
700	3.25	0.38	2.87	2	4	1	5	9
800	3.64	0.50	3.14	2	4	1	5	6
900	4.05	0.64	3.41	2	4	1	5	6
1000	4.48	0.79	3.69	2	4	1	4	4
1200	5.40	1.13	4.27	2	4	1	4	4

Fuente: Tubos Saenger

Fundición

Dn	Coste rasant.	Coste montaje	Coste exavac.	Coste verted	Coste tapado	Coste treans.	Coste total
60	347	355	737	3	919	39	2399
80	357	386	767	6	955	51	2522
100	368	450	798	9	992	62	2678
125	381	594	837	14	1038	78	2942
150	394	643	878	20	1084	95	3113
200	420	858	960	35	1176	127	3576
250	446	1103	1046	55	1270	167	4086
300	473	1404	1134	80	1364	222	4676
350	499	1715	1226	108	1460	404	5412
400	525	1930	1320	141	1556	444	5916
450	551	1930	1418	179	1653	667	6397
500	578	2573	1518	221	1750	952	7592
600	630	2573	1728	318	1948	1212	8409
700	683	3477	1950	433	2149	1270	9961
800	735	3477	2184	565	2353	1905	11219
900	788	3477	2430	716	2560	1905	11875
1000	840	4346	2628	884	2771	2857	14386
1200	945	4346	3240	1272	3202	2857	15862

Fuente: Tubos Saenger

Fibrocemento

Dn	m3 excav.	m3 camas	m3 verted.	m3 tapado	nº oficial.	nº peones	nº gruas	Rº hor. (m/h)
70	1.25	0.38	0.38	0.87	1	2	1	35
80	1.28	0.39	0.39	0.88	1	2	1	33
100	1.33	0.41	0.42	0.91	1	2	1	30
125	1.40	0.44	0.45	0.94	1	2	1	28
150	1.46	0.47	0.49	0.98	1	2	1	27
175	1.53	0.50	0.52	1.01	1	2	1	26
200	1.60	0.53	0.56	1.04	1	2	1	22
250	1.74	0.59	0.64	1.11	1	2	1	20
300	1.89	0.65	0.78	1.17	1	2	1	19
350	2.04	0.71	0.81	1.24	1	2	1	15
400	2.20	0.77	0.90	1.30	1	2	1	12
450	2.36	0.84	1.00	1.37	1	2	1	11
500	2.53	0.90	1.10	1.43	1	2	1	11
600	2.88	1.04	1.32	1.56	1	2	1	8
700	3.25	1.18	1.56	1.69	1	2	1	6
800	3.64	1.32	1.82	1.82	1	2	1	5
900	4.05	1.46	2.10	1.95	1	2	1	4
1000	4.48	1.61	2.40	2.08	1	2	1	4
1100	4.93	1.77	2.72	2.21	1	2	1	3
1200	5.40	1.93	3.06	2.34	1	2	1	3

Fuente: Tubos Saenger

Fibrocemento

Dn	Coste montaje	Coste excavac.	Coste camas	Coste verted	Coste rasant.	Coste tapado	Coste total
70	313	752	1626	430	352	653	4125
80	332	767	1674	444	357	663	4237
100	365	798	1772	473	368	683	4457
125	391	837	1896	510	381	707	4721
150	405	878	2020	548	394	731	4976
175	421	918	2146	589	407	756	5236
200	497	960	2273	630	420	780	5560
250	547	1046	2530	717	446	829	6115
300	576	1134	2792	810	473	878	6662
350	729	1226	3059	908	499	926	7347
400	912	1320	3330	1013	525	975	8074
450	995	1418	3605	1122	551	1024	8715
500	995	1518	3866	1238	578	1073	9286
600	1368	1728	4460	1485	630	1170	10841
700	1824	1950	5053	1755	683	1268	15232
800	2188	2184	5665	2048	735	1365	14184
900	2736	2430	6294	2363	788	1463	16072
1000	2736	2688	6943	2700	840	1560	17466
1100	3647	2958	7610	3060	893	1658	19825
1200	3647	3240	8295	3443	945	1755	21325

Fuente: Tubos Saenger

PEAD

Dn	m3 excav.	m3 comp.	m3 verted.	m3 tapado	nº oficial.	nº peones	nº gruas	Rº hor. (m/h)
63	1.24	0.37	0.00	0.86	1	2	0	270
75	1.27	0.38	0.00	0.88	1	2	0	150
90	1.30	0.40	0.01	0.90	1	2	0	75
110	1.36	0.42	0.01	0.92	1	1	0	30
125	1.40	0.44	0.01	0.94	1	1	0	30
140	1.44	0.46	0.02	0.96	1	1	0	30
160	1.49	0.48	0.02	0.99	1	1	0	30
180	1.54	0.50	0.03	1.01	1	1	0	30
200	1.60	0.53	0.03	1.04	1	1	1	30
250	1.74	0.59	0.05	1.11	1	2	1	25
315	1.94	0.67	0.08	1.19	1	2	1	18
400	2.20	0.77	0.13	1.30	1	2	1	12
500	2.53	0.90	0.20	1.43	1	2	1	12
560	2.74	0.98	0.25	1.51	1	2	1	12
630	2.99	1.08	0.31	1.60	1	2	1	9
710	3.29	1.19	0.40	1.70	1	2	1	6
800	3.64	1.32	0.50	1.82	1	2	1	6
900	4.05	1.46	0.64	1.95	1	2	1	6
1000	4.48	1.61	0.79	2.08	1	2	1	6
1200	5.40	1.93	1.13	2.34	1	2	1	5

Fuente: Tubos Saenger

PEAD

Dn	Coste montaje	Coste exavac.	Coste comp.	Coste verted	Coste tapado	COSTE TOTAL
63	24	741	674	4	646	2089
75	43	759	698	5	658	2164
90	86	782	729	7	673	2278
110	150	814	771	11	692	2437
125	150	837	802	14	707	2510
140	150	861	834	17	722	2584
160	150	894	876	23	741	2684
180	150	927	919	29	761	2785
200	150	960	962	35	780	2887
250	438	1046	1071	55	829	3438
315	608	1161	1215	88	892	3964
400	912	1320	1409	141	975	4757
500	912	1518	1645	221	1073	5368
560	912	1643	1790	277	1131	5752
630	1216	1793	1962	351	1199	6521
710	1824	1973	2164	445	1277	7683
800	1824	2184	2398	565	1365	8336
900	1824	2430	2664	716	1463	9096
1000	1824	2688	2939	884	1560	9894
1222	2188	3240	3511	1272	1755	11967

Fuente: Tubos Saenger

P.V.C.

Dn	m3 excav.	m3 compa.	m3 verted.	m3 tapado	nº oficial.	nº peones	nº gruas	Rº hor. (m/h)
63	1.24	0.37	0.00	0.86	1	2	0	81
75	1.27	0.38	0.00	0.88	1	2	0	81
90	1.30	0.40	0.01	0.90	1	2	0	77
110	1.36	0.42	0.01	0.92	1	1	0	65
125	1.40	0.44	0.01	0.94	1	1	0	60
140	1.44	0.46	0.02	0.96	1	1	0	55
160	1.49	0.48	0.02	0.99	1	1	0	45
180	1.54	0.50	0.03	1.01	1	1	0	38
200	1.60	0.53	0.03	1.04	1	1	0	30
250	1.74	0.59	0.05	1.11	1	1	1	24
315	1.94	0.67	0.08	1.19	1	2	1	24
400	2.20	0.77	0.13	1.30	1	2	1	18
500	2.53	0.90	0.20	1.43	1	2	1	15
630	2.99	1.08	0.31	1.60	1	2	1	13

Fuente: Tubos Saenger

P.V.C.

Dn	Coste montaje	Coste exavac.	Coste comp.	Coste verted	Coste tapado	COSTE TOTAL
63	56	741	674	4	646	2120
75	56	759	698	5	658	2176
90	58	782	729	7	673	2250
110	69	814	771	11	692	2357
125	75	837	802	14	707	2435
140	82	861	834	17	722	2516
160	100	894	876	23	741	2634
180	118	927	919	29	761	2753
200	150	960	962	35	780	2887
250	375	1046	1071	55	829	3375
315	456	1161	1215	88	892	3812
400	608	1320	1409	141	975	4454
500	729	1518	1645	221	1073	5186
630	842	1793	1962	351	1199	6147

Fuente: Tubos Saenger

ANEXO 7. REFERENCIAS SIGNIFICATIVAS

Se relacionan, a continuación, algunas obras significativas realizadas en España con Polietileno de alta densidad (PEAD) para conducción de agua.

- Abastecimientos varios, después de contador, en Villa Olímpica - Barcelona
 \varnothing 200 a 90 18.500 mts.
- Abastecimiento Valencia
 \varnothing 160 a 90 3.000 mts.
- Distribución agua potable Barri Can Deu - Sabadell
 \varnothing 200 a 32 2.500 mts
- Impulsión depuradora de Molina de Segura
 \varnothing 500 3.000 mts
- Distribución de riego en Altorricón (Huesca)
 \varnothing 1.200 65.000 mts
- Abastecimiento de agua potable San Torcaz a Pozo de Guadalajara
 \varnothing 110 12.000 mts
- Abastecimiento Deltebre
 \varnothing 315 15.000 mts
- Distribución Aeropuerto de Barcelona
 \varnothing 160 y 200 3.200 mts
- Reparación por entubado (relining) en abastecimiento ciudad de Burgos
 \varnothing 560 600 mts
- Abastecimiento agua potable a El CASTOR (Cádiz)
 \varnothing 160 y 180 7.000 mts

En el caso del POLIETILENO MD (media densidad) las mejores referencias que se pueden dar son los seis mil kms. instalados en España para conducción y distribución de gas.

ANEXO 8.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE TUBERÍAS PLÁSTICAS (ASETUB)

Objeto de la asociación

Fomentar el desarrollo y expansión de la Industria de Tuberías Plásticas, defendiendo los intereses colectivos de sus asociados y sin fin lucrativo.

Actividades

Estudios y análisis de Mercados.
Desarrollo de nuevos productos y utilidades.
Normalización y certificación de productos.
Defensa de los productos y su utilización.
Participación en organizaciones empresariales vía ANAIP.

Empresas integradas

ALPHACAN ESPAÑA - (Cica)	TUBOS SAENGER, S.A.
ANDRÉS SANTIAGO, S.A.	TUREPLASTIC, S.A.
ASADUR TUBERÍAS, S.A.	UPONOR - RESIPLAST, S.A.
MASA	URALITA, S.A.
PLÁSTICOS FERRO, S.L.	WAVIN - GLASSIDUR, S.A.

Condiciones para ser miembro de ASETUB

Persona física o jurídica, fabricante de tuberías plásticas, que cumpla con los requisitos legales para fabricar y/o comercializar y que tenga los medios o especificaciones siguientes:

- Medios permanentes de control de calidad de fabricación.
- Fabricación de todos sus productos cumpliendo las normas de calidad UNE.
- Poseer permanentemente la Marca AENOR.
- Participar en los órganos de la asociación con asistencia a reuniones y comités que se asignen.
- Cumplir con los requisitos que se fijan en el régimen de funcionamiento.

DOCUMENTOS COTEC SOBRE OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS

Documentos editados:

- Nº 1: Sensores
- Nº 2: Servicios de Información Técnica
- Nº 3: Simulación
- Nº 4: Propiedad Industrial
- Nº 5: Soluciones Microelectrónicas (ASICs) para todos los Sectores Industriales
- Nº 6: Tuberías de Polietileno para conducción de agua potable

Documentos en preparación:

- Nº 7: Actividades Turísticas
- Nº 8: Las PYMES y las Telecomunicaciones

DOCUMENTOS COTEC SOBRE NECESIDADES TECNOLÓGICAS

Documentos editados:

- Nº 1: Sector Lácteo
- Nº 2: Rocas Ornamentales
- Nº 3: Materiales de Automoción
- Nº 4: Subsector Agro-industrial de origen vegetal
- Nº 5: Industria Frigorífica y Medio Ambiente

Documentos en preparación:

- Nº 6: Productos cárnicos de bajo contenido en grasa
- Nº 7: Productos reestructurados de pescado
- Nº 8: Sector de la Construcción