

POLIETILENO. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS Y SU APLICACIÓN EN EMISARIOS SUBMARINOS

DATOS Y FOTOGRAMAS EXTRAIDOS DEL WEBINAR DE ASETUB DE 13 DE FEBRERO DE 2026, IMPARTIDO POR D. FRANCISCO MENACHO DE LA EMPRESA POLITEJO.

OTROS DATOS INFORMATIVOS, HAN SIDO EXTRAÍDOS DE INTERNET.

LA CONSTRUCCIÓN DE UN EMISARIO SUBMARINO IMPLICA DISEÑAR Y TENDER TUBERÍAS (GENERALMENTE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD -PE100-) DESDE LA COSTA HACIA EL MAR PARA VERTER AGUAS TRATADAS. EL PROCESO CLAVE INCLUYE ESTUDIOS MARINOS, LA FABRICACIÓN DE TUBERÍAS, EL LASTRADO PARA INMERSIÓN, EL ARRASTRE (BOTTOM PULL) O FONDEO, Y LA PROTECCIÓN FINAL EN ZANJAS PARA EVITAR MOVIMIENTOS.

Etapas del Proceso de Construcción:

- **Estudios Preliminares y Diseño:** Análisis del fondo marino, corrientes y batimetría para definir la ruta, diseño de la cámara de carga, la conducción y el tramo difusor.
- **Fabricación y Montaje:** Las tuberías de PEAD se sueldan en tierra en largos tramos. Se les añaden lastres de hormigón (aprox. 18 toneladas cada 6-12 metros) para contrarrestar la flotabilidad.
- **Preparación del Lecho Marino:** Se draga una zanja en el fondo del mar, que suele tener unos 3 metros de profundidad, donde se colocará la tubería.
- **Transporte y Fondeo (Instalación):**
 - **Arrastre por el fondo (Bottom Pull):** La tubería se tapa en los extremos (aire en su interior), se arrastra por el fondo con barcos o winches desde tierra y, al posicionarse, se inundan las tuberías para hundirlas.
 - **Fondeo controlado:** La tubería llega a la zona por flotación y se inunda progresivamente para depositarla en la zanja.
- **Protección y Cierre:** La tubería se cubre con escollera (piedras) para protegerla de anclas o corrientes.
- **Finalización:** Se realizan pruebas de presión y funcionamiento antes de la puesta en marcha.

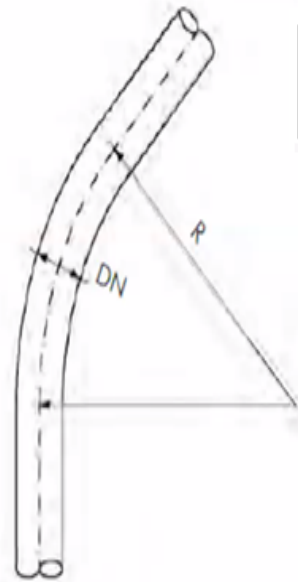
LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO SE FABRICAN POR EXTRUSIÓN.
PARA VER UN PROCESO COMPLETO DE FABRICACIÓN Y MÚLTIPLES DATOS SOBRE
ESTE MATERIAL COPIEN Y PEGUEN EN LA BARRA DEL NAVEGADOR DE INTERNET, EL
ENLACE <https://elizondoasesordeagua.com/wp-content/uploads/2020/12/PE-FABRIC-y-DATOS-PRPALES-BASICOS.pdf>



- Durabilidad:** Tienen una vida útil de hasta 100 años.
- Resistencia:** Son resistentes a la mayor parte de agentes químicos, a la corrosión y aguantan ambientes agresivos.
- Flexibilidad:** Su elasticidad permite soportar golpes de ariete en comparación con otros materiales rígidos.
- No se congelan:** El material tiene gran capacidad aislante por lo que son insensibles a la congelación.
- Atoxicidad:** Son inodoras, atóxicas e insípidas, por lo que funcionan perfectamente para conducir agua potable al no alterar las características organolépticas del agua.
- Facilidad de instalación:** Permite adaptarse a terrenos sinuosos, son fáciles de transportar y su manipulación es sencilla al contar con un número de uniones bajo en grandes distancias.
- Mínima pérdida de carga:** El interior de la tubería es liso por lo que se minimiza el rozamiento y la creación de depósitos o incrustaciones.
- Normalizadas:** Su fabricación está tutelada por las Normas UNE e ISO y los certificados de calidad.
- Reciclables**

POLIETILENO. RADIOS DE CURVATURA MÁXIMA SEGÚN MATERIAL Y PRESIÓN DE SERVICIO

		PE 40	PE 80	PE 100
PN	4,0	20 x DN	30 x DN	50 x DN
	6,0	20 x DN	20 x DN	30 x DN
	10,0	20 x DN	20 x DN	20 x DN
	16,0		20 x DN	20 x DN
	20,0		20 x DN	20 x DN
	25,0		20 x DN	20 x DN



TUBERÍAS DE POLIETILENO. CARACTERÍSTICAS Y OTROS DATOS
Fabricadas por extrusión, conforme a la norma UNE en 12201

Tipos de bandas



- PE100 RC:** tiene como principal propiedad la no propagación lenta ni rápida de fisuras, así como una mayor resistencia a las cargas puntuales.
- Tuberías fabricadas con resina RC (resistance crack) que le confiere una mayor resistencia a la propagación lenta y rápida de fisuras y a las cargas puntuales. Esto provoca una disminución en los costes de instalación y prolonga la vida útil de las tuberías.
- Las principales ventajas del PE 100 RC son:
- Ahorro en costes de obra civil. El tubo puede ser instalado sin cama de arena. Posibilidad de utilizar relleno de la propia excavación.
 - Mejor comportamiento en instalaciones no convencionales con condiciones más duras. En instalaciones en terrenos con rocas, piedras, etc. es importante si el tubo sufre arañazos en la instalación. El uso de este tipo de tubos es necesario para nuevas técnicas de instalación sin zanja: Perforación dirigida, bursting, relining... donde el tubo sufre abrasión directa

CAMPOS DE APLICACIÓN DEL POLIETILENO PE100

- Conducción de agua potable;
- Saneamiento;
- Drenaje;
- Reutilización de agua;
- Conducción de gas;
- Riego;
- Protección de cables;
- Transporte de sólidos;
- Refrigeración de líneas eléctricas;
- Protección de conducciones de calefacción;
- Rehabilitación de conducciones existentes;
- Instalación sin apertura de zanja.
- Emisarios submarinos;



EN LO RELACIONADO CON SU APLICACIÓN A EMISARIOS SUBMARINOS (CONDUCTO INSTALADO DESDE TIERRA AL FONDO MARINO PARA TRASLADO AL MAR DEL AGUA RESIDUAL, PREVIAMENTE DEPURADA EN LAS EDAR –Estaciones de Depuración de Aguas Residuales-) EN LONGITUDES QUE PUEDEN IR DE 1 a 4Km (EVITAR QUE PUEDAN REPERCUTIR EN LAS LÍNEAS DE COSTA), Y PROFUNDIDADES DE 20 a 70m.

Es, exclusivamente, un sistema de evacuación, cuya efectividad reside en la elevada capacidad de autodepuración del mar (siempre y cuando los vertidos estén perfectamente controlados y exista una longitud suficiente de las líneas de costa, para que se pueda producir esa autodepuración)



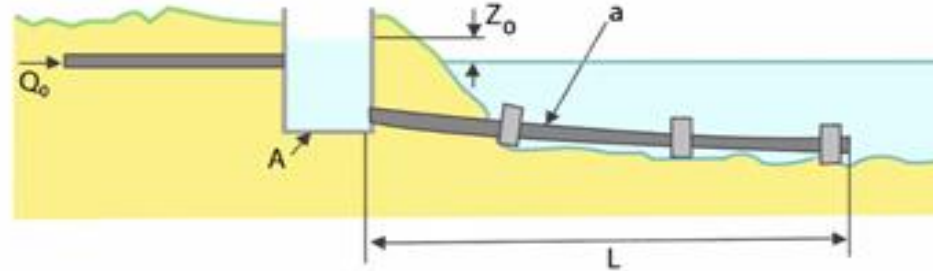
PARA CONSTRUIR LOS EMISARIOS, NORMALMENTE SE UTILIZAN TUBOS DE POLIETILENO (TIPO PE100) DEBIDO A LAS VENTAJAS QUE PRESENTAN FRENTE A OTROS MATERIALES:

- RESISTENCIA A LA CORROSIÓN DEL AGUA DE MAR
- FLEXIBILIDAD, QUE PERMITE CONSEGUIR CURVATURAS, POSIBILITANDO SU FONDEO CONTROLADO MEDIANTE INUNDACIÓN PROGRESIVA DE LA TUBERÍA CONSTRUIDA
- MONTAJE DE TRAMOS LARGOS CON LA CONSIGUIENTE REDUCCIÓN DE UNIONES A EJECUTAR EN OBRA
 - LOS TUBOS PUEDEN FABRICARSE EN LARGAS LONGITUDES, SUJETAS ÚNICAMENTE A LA PERMISIVIDAD REGULADA PARA EL TRANSPORTE (HASTA 17m, EL TRANSPORTE NO NECESITA VEHÍCULO DE APOYO –PUEDEN SUMINISTRARSE EN MAYORES LONGITUDES CON ESE REQUISITO-, POR LO QUE SE AUMENTA LA POSIBILIDAD EN EL SUMINISTRO, FRENTE A LOS 12/13m ESTANDAR, REDUCIENDO OSTENSIBLEMENTE EL NÚMERO DE UNIONES A EJECUTAR)
 - UNIONES POR SOLDADURA A TOPE, TOTALMENTE COMPETENTES Y CON TODAS LAS VENTAJAS DEL PROPIO MATERIAL.
- REDUCIDA ADHERENCIA DE SERES VIVOS EN SU SUPERFICIE

El emisario comienza generalmente en una **cámara de descarga** localizada en la zona costera, cuya finalidad es evitar que el aire entre en la tubería.

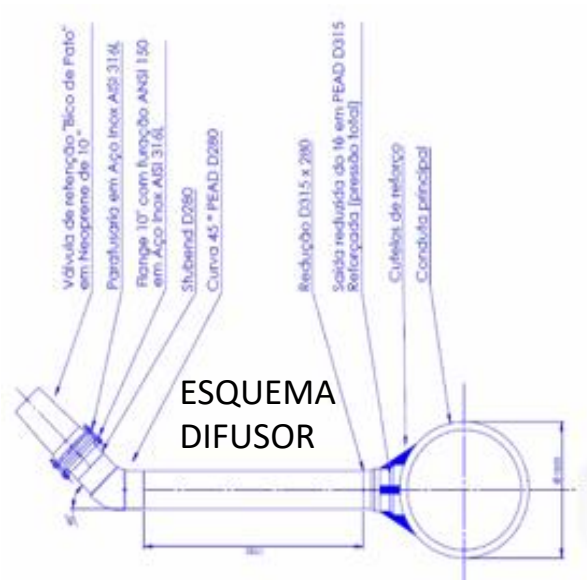
Posteriormente se localiza el **tramo de conducción submarino** (tramo ciego) hasta el punto donde se localizan los difusores.

Al final del emisario submarino se instala un tramo de tubo perforado llamado **difusor** que facilita la difusión del vertido en el agua.



-Evita la introducción de agua de mar a través de los difusores mediante bocas pico de pato.

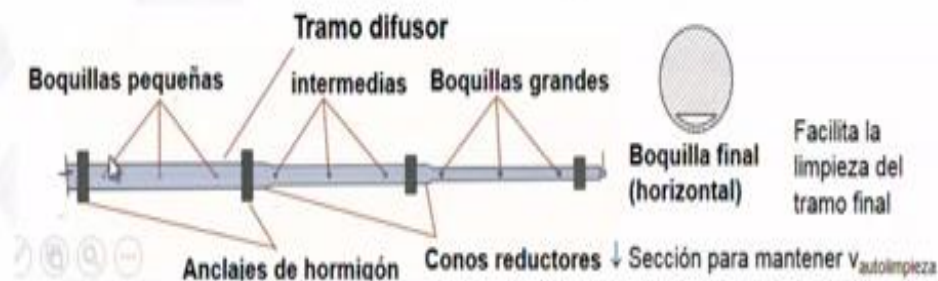




HABRÁ QUE TENER EN CUENTA, EN EL DISEÑO DEL EMISARIO:

- Maximizar la dilución inicial colocando los difusores en horizontal (nunca en vertical) y evitar la erosión de los chorros
- Reparto uniforme del caudal entre las boquillas (el caudal dependerá de la diferencia de presión entre el interior y el exterior del emisario, y la sección de paso –la presión exterior serán los metros de columna de agua, con su peso específico, y la interior será la propia presión del emisario-)
- La velocidad para la auto limpieza del colector
- Evitar la acumulación de aire en su interior

En la figura se ve como el emisario va decreciendo en sección ya que en la parte inicial hay más presión que en la parte final por lo que las aberturas deberán de ser menores que en la parte final del emisario.



En la figura se ve cómo se va reduciendo la sección y esto se debe a que como voy expulsando fluido, para mantener la velocidad constante para la autolimpieza debo de reducir la sección del emisario.



TRANSPORTE DE LOS TUBOS Y MANIPULACIÓN EN OBRA (CON LAS PROTECCIONES PARA EVITAR LA OVALIZACIÓN Y PROBLEMAS EN LA CONSECUCCIÓN DE LAS SOLDADURAS A TOPE)



EL PROCESO DE SOLDADURA A TOPE SE APLICA EN TUBOS PE80 y PE100, A PARTIR DE DN90 Y ESPESORES DE PARED MAYORES DE 3mm

CONSISTE EN, UNA VEZ NIVELADOS PERFECTAMENTE Y SUJETADOS POR MORDAZAS, REFRENTAR LOS EXTREMOS DE LOS TUBOS PARA OBTENER CARAS LIMPIAS Y PERFECTAMENTE PARALELAS, PARA, A CONTINUACIÓN, SOMETERLAS, POR PLACA CALEFACTORA, A TEMPERATURA QUE LAS DERRITA, PROCEDIENDO TRAS ELLO A JUNTARLAS Y PRESIONARLAS HASTA CONSEGUIR SU SOLDADURA (TODO ELLO SIGUIENDO UNAS FASES DE TIEMPOS Y PRESIONES MARCADAS POR EL FABRICANTE DE LA MAQUINARIA, SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS A APORTAR DE LOS TUBOS, TEMPERATURA EXTERNA, ETC.



BANCO PARA ALINEAMIENTO TOTAL DE LOS TUBOS A SOLDAR



PLACA REFRENTADORA PARA CREAR CARAS TOTALMENTE PARALELAS DE LOS EXTREMOS A SOLDAR



REFRENTADO DE CARAS REALIZADO E INTRODUCCIÓN DE LA PLACA CALEFACTORA PARA FUNDIR EL POLIETILENO DE AMBAS



EXTRACCIÓN PLACA CALEFACTORA Y UNIÓN EXTREMOS TUBOS A PRESIÓN, PARA CONFORMAR LA SOLDADURA ENTRE AMBOS



PARÁMETROS DE LA SOLDADURA A TOPE (tiempos y presiones serán los determinados por el fabricante de la maquinaria correspondiente para ejecutar las soldaduras).

P1 es la presión del sistema hidráulico (manómetro en bar). (Véase la tabla de la máquina de soldar).

Pk es la presión de soldadura prefijada: 1,5 bar.

P2 es la presión en el tiempo de calentamiento: $P2 = 0,2 \text{ bar} = 10\% P1$.

T1 es el tiempo para la formación del cordón inicial de altura h.

T2 es el tiempo de calentamiento en segundos.

T3 es el tiempo de retirar la placa en segundos.

T4 es el tiempo para alcanzar la presión de soldadura en segundos, $T3 = T4 = 6 \text{ s}$.

T5 es el tiempo de enfriamiento en segundos, $T5 = 1,2 \text{ s} \times \text{espesor (PE100)}, 1,5 \text{ s} \times \text{espesor (PE80)}$



PROCESO BÁSICO DE UNA SOLDADURA A TOPE EN TUBOS DE POLIETILENO (PE)



EJECUCIÓN DE LAS UNIONES MEDIANTE SOLDADURAS A TOPE, DE MODO CONTROLADO (BAJO CUBIERTO)



INSTALACIÓN DE LOS LASTRES DE HORMIGÓN



LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO GENERADAS, VAN A FLOTAR INCLUSO LLENAS DE AGUA, POR LO QUE SU HUNDIMIENTO SE TIENE QUE REALIZAR A TRAVÉS DE LASTRES DE HORMIGÓN COLOCADOS COMO ABRAZADERAS (SE EVITA EL CONTACTO DIRECTO SOBRE LOS TUBOS, PARA EVITAR DAÑOS, POR INTERPOSICIÓN DE JUNTAS DE EPDM). EL HORMIGÓN DE LOS LASTRES TIENE QUE RESISTIR LA AGRESIVIDAD QUÍMICA DEL AGUA DE MAR, Y SU ACERO DE MALLAZO DEBE ESTAR RECUBIERTO CON UNA CAPA MÍNIMA DE 40mm



TRASLADO DE LOS TRAMOS AL INTERIOR DEL MAR



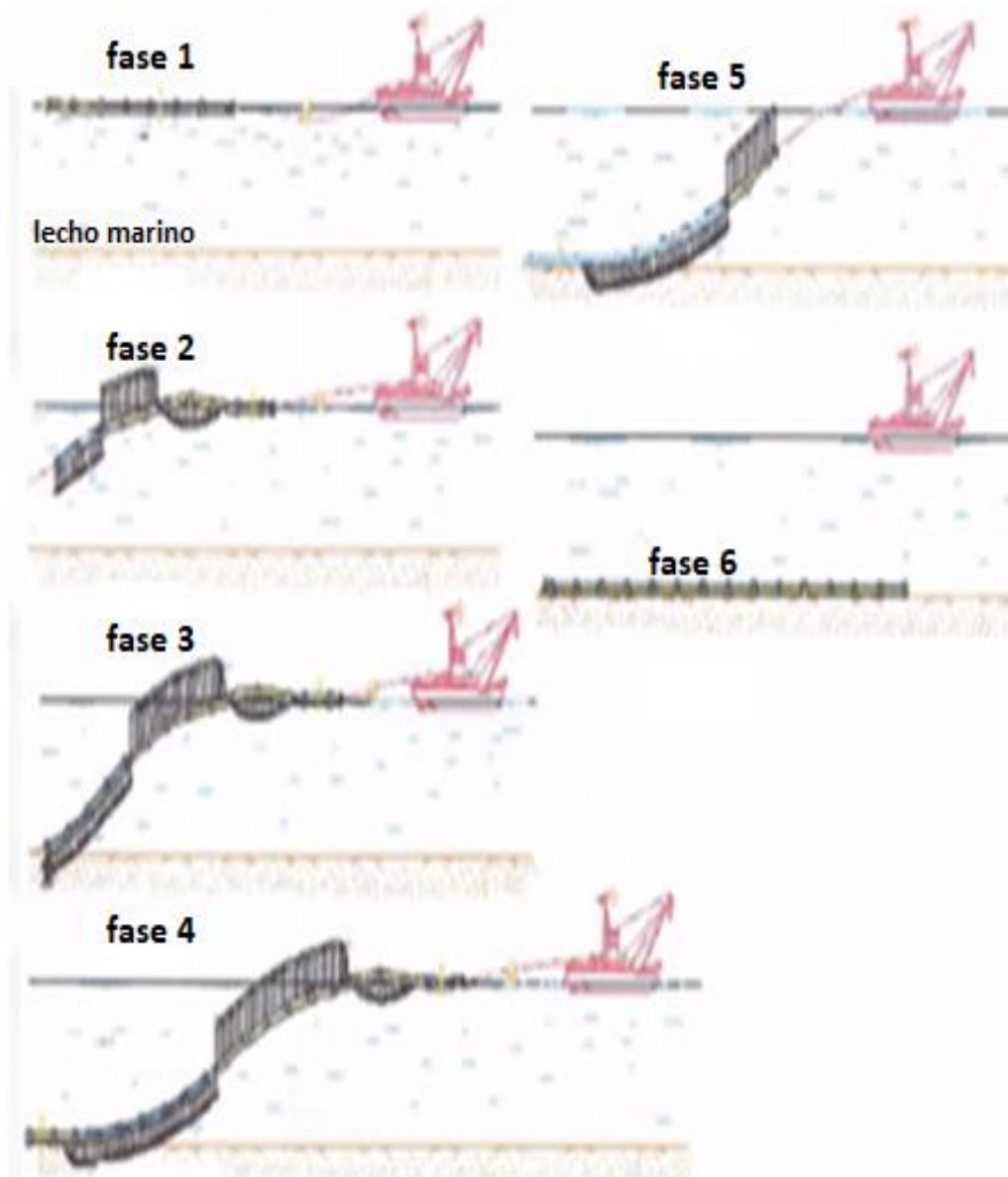
Para evitar tensiones excesivas en las soldaduras de la tubería durante el fondeo, es necesario controlar la curvatura producida en el tubo, respetando los radios especificados en las tablas, para el PE100, según diámetros y presiones



La configuración en forma de "S" expresa el equilibrio entre la fuerza descendente (lastres de hormigón) y la ascendente (flotabilidad de la tubería llena de aire)



PROCESO BÁSICO RESUMIDO (es mucho más complejo, por lo que se añade el enlace, al final, a una obra real)



FASE 1: Tubería llena de aire flotando en superficie

FASE 2: Se introduce agua por el extremo final de la tubería, y comienza el hundimiento

FASE 3: El extremo final toca el fondo marino

FASE 4: La tubería va apoyando longitudinalmente, formando una "S" con el desplazamiento del barco "tractor" y se van uniendo los tramos (el prácticamente sumergido con el siguiente en superficie)

FASE 5: Tubería completa en fase final de hundimiento con la salida masiva del aire en su interior

FASE 6: Tubería llena de agua (aire totalmente extraído) apoyada completamente sobre el fondo marino

Se debe controlar en todo momento la presión existente en el interior de la tubería para evitar la posibilidad de que se pueda generar el fenómeno de “abolladura”, que sucede cuando se dan sobre ella deformaciones grandes, por compresiones en dirección circunferencial como consecuencia de ser mayor la presión exterior sobre la tubería, que la que tenga interiormente. También se puede dar durante la flexión de la tubería en el fondeo, con dirección longitudinal.



Para evitar problemas por movimientos, lo más aconsejable es que la tubería quede ubicada en el lecho marino, en zanja ejecutada hasta la zona en que la ola no rompa por el fondo, y protegida con escollera. Donde no vaya en zanja es necesario protegerla, bien con:

- Escollera
- Elementos prefabricados (lastres secundarios)
- Mantas de hormigón
- Mantas bituminosas

AL MARGEN DE LOS ASPECTOS BÁSICOS DE LA PRESENTACIÓN, ES IMPORTANTE VER UNA **CONSTRUCCIÓN REAL CON TODAS SUS IMPORTANTES Y NECESARIAS OBRAS, Y SUS FASES**. PARA ELLO SE ADJUNTA EL ENLACE A LA **CONSTRUCCIÓN DE UN EMISARIO SUBMARINO EN ARGENTINA (CIUDAD DE MAR DEL PLATA) DE 2m DE DIÁMETRO** (copiar enlace y pegar en la barra del navegador de internet)

https://youtu.be/l8Db_Asvf4c

