



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE NÁUTICA Y MÁQUINAS**

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

ENERGÍA Y PROPULSIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO

TFG-E-19-16

QUE LLEVA POR TÍTULO

**“ ANÁLISIS TÉCNICO E INSTALACIÓN DEL SISTEMA
DE TUBERÍAS DE POLIBUTILENO ”**

DEFENDIDO ANTE TRIBUNAL EN LA SESIÓN DE

SEPTIEMBRE-2016

DIEGO GARCÍA LEMA

DIRECTOR: ALBERTO DE MIGUEL CATOIRA

TRABAJO FIN DE GRADO

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

ENERGÍA Y PROPULSIÓN

631G02460 - TRABAJO FIN DE GRADO

D. ALBERTO DE MIGUEL CATOIRA, en calidad de Director, autorizo al alumno D. DIEGO GARCIA LEMA, con DNI nº 47401923 G a la presentación del presente Trabajo de Fin de Grado con el código titulado:

“ANÁLISIS TÉCNICO E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE TUBERÍAS POLIBUTILENO”

DEFENDIDO ANTE TRIBUNAL EN LA SESIÓN DE

SEPTIEMBRE-2016

Fdo. El Director

Fdo. El Alumno

ALBERTO DE MIGUEL CATOIRA

DIEGO GARCÍA LEMA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

ENERGÍA Y PROPULSIÓN

631G02460 - TRABAJO FIN DE GRADO

CONVOCATORIA DE

DICIEMBRE FEBRERO JUNIO JULIO SEPTIEMBRE

D. DIEGO GARCÍA LEMA

DNI. 47401923 G

Deposita en la Secretaría de la E.T.S. de Náutica y Máquinas dos (2) copias en papel y cuatro (4) en formato digital (CD) del **Trabajo Fin de Grado TFG/GTM/E- 19-16**

Asimismo autoriza expresamente a la E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS a publicarlos electrónicamente en el repositorio de la Universidade da Coruña si así lo considera o en su caso en la Biblioteca del Centro para uso docente y consulta.

En La Coruña a 10 de Septiembre de 2016

Fdo. El Alumno

A/A. BIBLIOTECA DE LA ETS DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

índice de contenido

MEMORIA

1	Objeto.....	11
2	Alcance.....	11
3	Definiciones y abreviaturas.....	12
4	Introducción a los plásticos.....	15
	4.1 Procedencia de los plásticos.....	15
	4.2 Composición Química.....	15
	4.3 Clasificación de los plásticos.....	15
	4.4 Los termoplásticos.....	16
	4.5 Los duroplásticos.....	17
	4.6 Los elastómeros.....	17
5	Características de las materias plásticas.....	17
6	El Polibutileno.....	20
	6.1 Características del Polibutileno.....	21
	6.2 Comparación de características físicas entre materiales.....	22
	6.3 Transmisión de ruido.....	24
	6.4 Golpe de ariete.....	24
	6.5 Permeabilidad al oxígeno.....	26
	6.6 Legionela.....	26
	6.7 Fuego.....	27
	6.8 Curvado.....	27
	6.9 Agentes oxidantes.....	28
	6.10 Comportamiento criogénico.....	29
	6.11 Tuberías cubiertas.....	29

7	Resistencia a la presión y temperatura.....	30
7.1	Cálculo de la presión de servicio.....	30
7.2	Curva de regresión.....	31
7.3	Factor de seguridad.....	32
7.4	Ejemplo de cálculo.....	32
7.5	Serie de tuberías.....	33
7.6	Equivalencia de dimensiones.....	34
8	Sistemas de unión.....	34
8.1	Unión Push-fit o rápida.....	35
8.2	Unión por termofusión.....	38
8.3	Unión por electrofusión.....	40
8.4	Unión a testa.....	43
8.5	Unión bridada.....	47
8.6	Uniones de transición.....	49
9	Pruebas de estanqueidad.....	50
9.1	Hoja de registro de instalación y prueba.....	52
10	Caudales y pérdidas.....	53
10.1	Dimensionado de la instalación.....	53
10.2	Pérdida de carga de la tubería.....	54
10.3	Pérdidas de carga localizadas.....	54
11	Dilatación, compensación y abrazaderas.....	56
11.1	Dilatación y compensación.....	56
11.2	Dilataciones y esfuerzos en distintos materiales.....	57
11.3	Técnicas de instalación.....	58
11.4	Colocación de los puntos de anclaje.....	59

11.5	Cálculo del brazo de flexión.....	59
11.6	Cálculo de la longitud de lira.....	61
11.7	Instalación de abrazaderas y sujeción	64
12	Aislamiento térmico de tuberías.....	64
13	Construcción sostenible y legislación.....	66
14	Elementos de la instalación.....	67
15	ANEXOS.....	70
15.2	Documentos anexos.....	72
16	PLANOS.....	81
17	DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS.....	85
17.1	Normativa internacional para sistemas de PB: UNE-EN ISO 15876	87
17.2	Campo de aplicación.....	87
17.3	Requisitos generales.....	90
18	PRESUPUESTO.....	92
19	Bibliografía e índice de tablas, imágenes y gráficos.....	114
20	PROGRAMAS DE UTILIZADOS.....	116

Índice de tablas:

● Tabla 4.3.1 - Clasificación de las materias plásticas.....	16
● Tabla 4.4.1 estructura amorfa y parcialmente cristalina.....	16
● Tabla 5.1 densidad de diferentes materiales.....	18
● Tabla 5.1.2 conductividad térmica de diferentes materiales.....	18
● Tabla 5.1.3 Módulo elástico de diferentes materiales.....	19
● Tabla 6.1. Características Polibutileno.....	21
● Tabla 6.2 Comparación de Características físicas entre materiales....	22
● Tabla 6.2.1 ventajas de la aplicación de plásticos.....	23
● Tabla 6.3 Comparación entre materiales.....	24
● Tabla 6.4 Datos para aportar a la fórmula de Allievi.....	25
● Tabla 7.3 índices de de seguridad.....	32
● Tabla 7.6 equivalencia de dimensiones	34
● Tabla 8 Rango y sistemas de unión.....	35
● Tabla 8.1 Longitud de penetración de tubería en el sistema push-fit....	37
● Tabla 8.1.1 errores y consecuencias de montaje Push-Fit.....	37
● Tabla 8.2 Parámetros de unión.....	39
● Tabla 8.2.1 Errores de montaje y consecuencias.....	40
● Tabla 8.3 Parámetros de unión para soldadura con electrofusión.....	42
● Tabla 8.3.1 Errores de montaje y consecuencias.....	43
● Tabla 8.4 Errores y consecuencias de montaje unión a testa.....	47
● Tabla 8.5 parámetros de unión bridada.....	48
● Tabla 8.5.1 Datos de la junta.....	48
● Tabla 8.5.2 Datos de la brida.....	49
● Tabla 8.6 Par de apriete recomendado.....	49
● Tabla 10.3 Coeficiente de pérdida de los diferentes accesorios.....	55

● Tabla 10.3.1 corrección por temperatura.....	55
● Tabla 11.2 comparación de distintas tuberías comerciales.....	58
● Tabla 11.6 distancia entre abrazaderas para tuberías de PB.....	64
● Tabla 12 Potencias capaces de transportar por las tuberías de PB....	65
● Tablas anexo 2 resistencia a agentes químicos.....	73
● Tabla 17.3 clasificación de las condiciones de servicio.....	91

Índice de imágenes:

● Imagen 6.1 Esquema químico.....	20
● Imagen 6.5 muestra microscópica de adhesivo EVOH.....	26
● Imagen 6.8 curvaturas máximas.....	28
● Imagen 7.1 explicación gráfica de la fórmula de presión.....	30
● Imagen 7.2 curva de regresión del Polibutileno	31
● Imagen 7.5 comparación de tuberías del mismo diámetro y diferente valor de S y SDR.....	33
● Imagen 8.1 pasos a seguir para el montaje.....	36
● Imagen 8.3 Lectura de código para soldadura por electrofusión.....	41
● Imagen 8.3.1 proceso de electrofusión.....	42
● Imagen 8.4 colocación de mordazas.....	44
● imagen 8.4.1 alineación unión por testa.....	44
● Imagen 8.4.2 Programación termostato unión a testa.....	45
● Imagen 8.4.2 Resultado final.....	45
● Imagen 8.4.3 Unión Ideal a testa.....	46
● imagen 11.2 cálculo de la elasticidad.....	57
● Imagen 11.6 ejemplo de una Lira de dilatación.....	61
● Imagen 11.6.1 ejemplo de cálculo una Lira de dilatación.....	62
● imagen 11.6.2 ejemplo completo, brazo de flexión y lira de dilatación..	63

Índice de gráficos:

● Gráfico 5.4 dilataciones térmicas.....	20
● Gráfica 8.4 Parámetros de unión a testa.....	46
● Gráfico 11.5 valores de brazo de flexión obtenidos por distintos fabricantes.....	60



MEMORIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: SEPTIEMBRE 2015

AUTOR: Diego García Lema

Fdo.: Diego García Lema

índice de contenido

MEMORIA		
1	Objeto.....	11
2	Alcance.....	11
3	Definiciones y abreviaturas.....	12
4	Introducción a los plásticos.....	15
	4.1 Procedencia de los plásticos.....	15
	4.2 Composición Química.....	15
	4.3 Clasificación de los plásticos.....	15
	4.4 Los termoplásticos.....	16
	4.5 Los duroplásticos.....	17
	4.6 Los elastómeros.....	17
5	Características de las materias plásticas.....	17
6	El Polibutileno.....	20
	6.1 Características del Polibutileno.....	21
	6.2 Comparación de características físicas entre materiales.....	22
	6.3 Transmisión de ruido.....	24
	6.4 Golpe de ariete.....	24
	6.5 Permeabilidad al oxígeno.....	26
	6.6 Legionela.....	26
	6.7 Fuego.....	27
	6.8 Curvado.....	27
	6.9 Agentes oxidantes.....	28
	6.10 Comportamiento criogénico.....	29
	6.11 Tuberías cubiertas.....	29

7	Resistencia a la presión y temperatura.....	30
7.1	Cálculo de la presión de servicio.....	30
7.2	Curva de regresión.....	31
7.3	Factor de seguridad.....	32
7.4	Ejemplo de cálculo.....	32
7.5	Serie de tuberías.....	33
		34
7.6	Equivalencia de dimensiones.....	34
8	Sistemas de unión.....	35
8.1	Unión Push-fit o rápida.....	38
8.2	Unión por termofusión.....	40
8.3	Unión por electrofusión.....	43
8.4	Unión a testa.....	47
8.5	Unión bridada.....	49
8.6	Uniones de transición.....	50
9	Pruebas de estanqueidad.....	52
9.1	Hoja de registro de instalación y prueba.....	53
10	Caudales y pérdidas.....	54
10.1	Dimensionado de la instalación.....	54
10.2	Pérdida de carga de la tubería.....	56
10.3	Pérdidas de carga localizadas.....	56
11	Dilatación, compensación y abrazaderas.....	57
11.1	Dilatación y compensación.....	58
11.2	Dilataciones y esfuerzos en distintos materiales.....	59
11.3	Técnicas de instalación.....	59
11.4	Colocación de los puntos de anclaje.....	59
11.5	Cálculo del brazo de flexión.....	60

11.6	Cálculo de la longitud de lira.....	61
11.7	Instalación de abrazaderas y sujeción	64
12	Aislamiento térmico de tuberías.....	64
13	Construcción sostenible y legislación.....	66
14	Elementos de la instalación.....	67

1 OBJETO

Este trabajo trata sobre el estudio de manera objetiva y científica del sistema de tuberías de Polibutileno tanto para el suministro de fluidos fríos como calientes, así como la comparación con otros materiales de similares características y su aplicación en una instalación de filtración y ósmosis destinada para el tratamiento del agua de calderas.

Por tanto la intención final será la de caracterizar suficientemente el sistema de tubería para su instalación en todo tipo de ámbitos y por prácticamente todo tipo de personas aquí y mostrar al lector las directrices y cálculos a realizar para la correcta instalación del sistema.

Los resultados de dicha investigación técnica han acabado además transponiéndose de forma resumida a la legislación y normas de aplicación como recomendaciones o exigencias de instalación. Se tratará también de citar el ámbito normativo, aunque de forma general y según la aplicación que corresponda.

También se tratará el funcionamiento de la instalación en su conjunto y una breve descripción de los elementos así como el presupuestado tanto de la tubería utilizada como de la valvulería, etc. Basándose en planos realizados que figuran en el apartado correspondiente.

2 ALCANCE

El estudio a nivel teórico se realizó con la ayuda de la compañía Terrain SDP y el estudio práctico mediante la compañías Estrella Galicia Y Nalco.

Engloba una gran variedad de usos y aplicaciones . Estos sistemas de distribución sufren altas presiones y aguas tanto frías como calientes. Los termoplásticos están siendo utilizados cada vez con más frecuencia principalmente por su mejor rendimiento y características frente a las tuberías de cobre, siendo los principales termoplásticos utilizados el Polibutileno (PB), Polietileno reticulado (PE-X), Polipropileno Randon (PP-R) y la tubería multicapa.

La aplicación de manera directa en el mundo marino en multitud de sistemas hace que el ahorro en cuanto a aligeramiento de peso sea elevado así como la independencia del montaje de este tipo de sistemas haciendo que sea un gran atractivo para buques de nueva construcción como para buques ya existentes.

3 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

PB: Puede considerarse el material plástico óptimo para el sector de agua potable, agua sanitaria y calefacción, distinguiéndose por su gran flexibilidad, su elevada resistencia al calor, su baja deformación y por su menor dilatación térmica lineal. Gracias a sus propiedades termoplásticas y sus características físicas químicas, el PB se puede ensamblar mediante soldadura o de una manera de mucho más sencilla, utilizando racores de compresión. Su aplicación en el mercado se centra principalmente en tuberías para la canalización de agua fría y caliente, calefacción y en instalaciones de agua potable.

PE: Fabricado por polimerización, sin que se produzca disociación de otros materiales y por lo tanto es soldable. Por su baja resistencia al calor, el PE no se puede utilizar más que para los conductos de agua fría. Están instaladas principalmente en la distribución urbana enterrada de gas y agua; y para la evacuación de aguas residuales.

HDPE: Es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno. Se designa como HDPE (por sus siglas en inglés, *High Density Polyethylene*) o PEAD (*polietileno de alta densidad*). Este material se utiliza, entre otras cosas, para la elaboración de envases plásticos desechables.

PVC-C: Mejora la estabilidad dimensional en caliente lo que permite ser utilizado para tuberías de agua potable caliente. Es muy rígido a la flexión pero sensible a los choques con bajas temperaturas. Los racores y tubos no pueden ser ensamblados por soldadura. Se ensamblan mediante pegado con adhesivos especiales y con una aireación específica.

PP-R: Se puede soldar. Por su buena resistencia química, los tubos de PP se utilizan sobre todo en el sector industrial, pudiendo variar su flexibilidad en función de los materiales adicionales que incluyamos.

PE-RT: El material PERT es un polietileno no reticulado que contiene aditivos que confieren al polietileno una especial resistencia a las altas temperaturas.

EPDM: Derivado del caucho.

NRB : El caucho nitrilo, también conocido como Buna-N, Perbunan, o NBR, es un caucho sintético, copolímero de acrilonitrilo (ACN) y butadieno. Los nombres comerciales incluyen Krynac, Nipol y Europrene. El caucho nitrilo, al igual que el caucho estireno-butadieno y otros elastómeros sintéticos fue producto de investigaciones que tuvieron lugar durante y entre las dos guerras mundiales, como sustitutos del caucho natural.

Filiformes: La palabra filiforme se refiere a los objetos que tienen forma o apariencia de hilo, finos y alargados. Refiriéndose a la estructura.

Polímero reticulado: La reticulación es una reacción química presente en la química de los polímeros. La reticulación, de igual manera que la vulcanización o el curado, implica la formación de una red tridimensional formada por la unión de las diferentes cadenas poliméricas homogéneas.

Unión bridada: Conexiones mecánicas usadas para conectar elementos de plástico entre ellos mismos o para conectar líneas de plástico con otros materiales.

Poliiolefinas: Poliiolefinas es la descripción general de los tipos de plásticos que incluyen el Polietileno – Polietileno de baja densidad (LDPE), el Polietileno lineal de baja densidad LLDPE), y el Polietileno de alta densidad (HDPE) y el propileno (PP). Juntos suponen más de un 47% (11,2 millones de toneladas) del consumo total de Europa Occidental de 24,1 millones de toneladas de plásticos anuales.

Torre de fraccionamiento: Una columna de fraccionamiento, también llamada columna de platos o columna de platillos, es un aparato que permite realizar una destilación fraccionada. Una destilación fraccionada es una técnica que permite realizar una serie completa de destilaciones simples en una sola operación sencilla y continua. La destilación fraccionada es una operación básica en la industria química y afines, y se utiliza fundamentalmente en la separación de mezclas de componentes líquidos.

Naftas: Líquido incoloro, volátil, más ligero que el agua y muy combustible, que se utiliza como disolvente industrial: la nafta es una fracción ligera del petróleo natural que se obtiene en la destilación de la gasolina como una parte de esta.

Cracking: El craqueo o "cracking" se puede definir como el proceso químico por el cual un compuesto químico (normalmente orgánico) que se descompone o fracciona en compuestos más simples. El craqueo es llevado a cabo por métodos térmico, catalítico, o hidrocracking.

Macromolécula: Una macromolécula es una molécula muy grande creada comúnmente por la polimerización de subunidades más pequeñas (monómeros).

Polimerización: Proceso mediante el cual las moléculas simples, iguales o diferentes, reaccionan entre sí por adición o condensación y forman otras moléculas de peso doble, triple, etc.

Brazo de flexión: Se puede compensar la dilatación lineal de tuberías, originado por el salto térmico entre la temperatura de trabajo y la temperatura de montaje, mediante diferentes tipos de instalación. En la mayor parte de los casos se pueden aprovechar cambios de dirección en el trazado que sigue la tubería para absorber la dilatación lineal.

Lira de dilatación: Si no fuera posible una compensación de la dilatación lineal variando la dirección, se hará necesario instalar una lira de dilatación. Además de la longitud del brazo flector LB, al colocar una lira de dilatación, se ha de tener también en cuenta su anchura Afín.

4 INTRODUCCIÓN A LOS PLÁSTICOS

Los materiales plásticos han supuesto una revolución en la industria del siglo XX en las más diversas aplicaciones. A continuación se expone de forma básica su origen y propiedades, centrándonos en el Polibutileno en concreto.

4.1 Procedencia de los plásticos

Las materias plásticas se obtienen por transformación química de productos naturales o por síntesis a partir de compuestos orgánicos cuyos constituyentes principales son el carbono (C) y el hidrógeno (H). Las materias básicas para la producción de plásticos son naturales como la celulosa, el carbón, el petróleo y el gas natural, siendo estos dos últimos los más importantes. En una refinería, el petróleo es dividido, por destilación, en varias fracciones. Como los diferentes componentes del crudo tienen distintos puntos de ebullición, mediante calentamiento se van obteniendo sucesivamente en la torre de fraccionamiento, gas, naftas, fueloil, etc. El residuo de este proceso es el asfalto. Todas las fracciones están constituidas por hidrocarburos, que se diferencian entre sí por el tamaño y la configuración de sus moléculas. La fracción más importante para la fabricación de los plásticos es la de las naftas. La nafta se transforma, por un proceso denominado cracking, en una mezcla de etileno, propileno, butileno y otros hidrocarburos ligeros.

4.2 Composición Química

De modo simplificado se puede afirmar que los plásticos se forman por unión de muchos elementos constitutivos, idénticos o similares, ensamblado uno a uno, por enlaces químicos.

Ese elemento único que repetido forma la materia plástica es el monómero: etileno, propileno, butileno,... La unión repetida de este elemento forma unas moléculas gigantes denominadas macromoléculas. A pesar de su diversidad, todos los plásticos tienen la misma estructura: están constituidos por macromoléculas. Las múltiples propiedades físicas y químicas de los plásticos dependen de cuatro factores: estructura química, forma, tamaño y disposición de las macromoléculas.

4.3 Clasificación de los plásticos

Según que las macromoléculas formen cadenas lineales o ramificadas, formen mallas más o menos cerradas, estén desordenadas o parcialmente alineadas, las propiedades del producto resultante varían de modo radical.

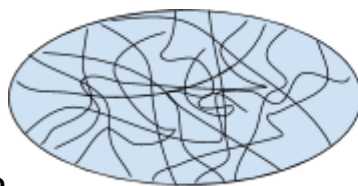
LOS PLÁSTICOS		
TERMOPLÁSTICOS 	DUROPLÁSTICOS 	ELASTÓMEROS 
<ul style="list-style-type: none"> • PB • HDPE • PVC-U • PVC-C • PP-R • PE-RT ETC 	<ul style="list-style-type: none"> • TAMBIÉN LLAMADOS TERMOESTABLES • NO SE PUEDEN RECICLAR EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN • CAUCHOS • RESINA EPOXI ETC 	<ul style="list-style-type: none"> • EPDM • FPM (GAS) • NBR ETC

Tabla 4.3.1 - Clasificación de las materias plásticas

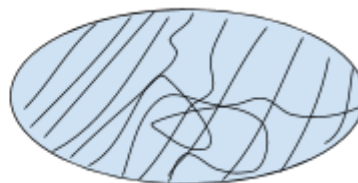
4.4 Los termoplásticos

Se componen de largas moléculas filiformes con sólo dos extremos capaces de reacción. En función de la distribución de estas moléculas filiformes pueden ser:

- Amorfos: estructura desordenada, aleatoria. Son vítreos, transparentes y generalmente frágiles. Ejemplo: estirenos, policarbonatos, policloruros de vinilo
- Parcialmente cristalinos: estructura más o menos ordenada. Son translúcidos u opacos, pero más resistentes al calor que los amorfos. Ejemplo: poliolefinas como PB, PP, PE.



1: Amorfo



2: Parcialmente cristalino

Tabla 4.4.1 estructura amorfa y parcialmente cristalina

Se pueden fundir de modo repetido y por tanto se pueden termo-transformar numerosas veces, son soldables, la proporción de cristalinidad determina la densidad y las propiedades mecánicas, bajo carga mecánica elevada tienen tendencia al flujo y a la deformación permanente, con el aumento de la temperatura bajan sus propiedades de resistencia.

Los termoplásticos parcialmente cristalinos, por ejemplo las poliolefinas, tienen frente a los amorfos una resistencia a la tracción, una dureza, una temperatura de fusión y un módulo elástico menores. Por contra su resistencia, su alargamiento a la rotura y su dilatación térmica son más elevados. Son reciclables.

4.5 Los duroplásticos

Presentan cadenas del polímero reticuladas las unas con las otras formando mallas tupidas y estrechas, con una estructura íntimamente reticulada en todas las direcciones lo que les confiere gran rigidez y fragilidad. Con objeto de mejorar sus propiedades mecánicas son reforzados con fibras de vidrio, textiles y otras cargas.

No se funden, no son soldables, se deforman bajo carga pero retoman su forma inicial al cesar ésta, no pueden ser termo transformados mas que una única vez, no presentan un comportamiento elástico mas que en un rango de temperaturas elevadas relativamente estrecho, el número de uniones de reticulación determina sus propiedades mecánicas. Los termoelásticos son un caso particular dentro de los duroplásticos. Su base es un termoplástico cuya estructura se transforma en una molécula reticulada espacialmente mediante uniones o puentes entre las moléculas filiformes.

Los termoelásticos poseen así propiedades análogas a los duroplásticos pero conservando prácticamente la misma dureza que el termoplástico del que proviene. El caso más conocido es el PEX. No son reciclables.

4.6 Los elastómeros

Son materias plásticas elásticas denominadas también caucho sintético. Sus cadenas de polímero son reticuladas mediante la acción de agentes vulcanizantes. Al contrario que los duroplásticos, su malla o red de reticulación es muy amplia, con pocos enlaces transversales, lo que les confiere su elevada elasticidad.

Son elásticos incluso a bajas temperaturas, son fuertemente deformables bajo la acción de cargas, el número de uniones de reticulación determina su dureza, no son soldables, no se funden. No son reciclables.

5 Características de las materias plásticas

Comparando las materias convencionales empleadas en la fabricación de tuberías, como por ejemplo el cobre, los materiales plásticos presentan las siguientes características generales:

- Baja densidad: En consecuencia menor peso de los tubos. La densidad de un cuerpo es el cociente de su masa (m), y su volumen (v).

PB	925 kg/ m ³
PEX	940 kg/ m ³
PP-R	900 kg/ m ³
PVC-C	1550 kg/ m ³
AGUA	1000 kg/ m ³
ACERO	7850 kg/ m ³
COBRE	8890 kg/ m ³

Tabla 5.1 densidad de diferentes materiales

- Alta resistencia química y ausencia de corrosión: Los metales se combinan con el oxígeno del agua o de otras sustancias produciendo la oxidación y desgaste del material
- Resistencia al agua caliente y a la presión: Los materiales plásticos como el PB satisfacen plenamente las exigencias de la normativa referida a las conducciones de agua potable, fría y caliente, y calefacción.
- Resistencia a las heladas: las tuberías de Polibutileno dilatan adaptándose al aumento de volumen del agua al helarse.
- Baja conductividad térmica y por tanto menores pérdidas de calor: Se entiende por conductividad térmica el flujo de energía a través de una materia en función de su espesor y de la diferencia entre la temperatura interior y la temperatura exterior del tubo.

PB	0.18 W/mk
PEX	0.35 W/mk
PP-R	0.22 W/mk
PVC-C	0.16 W/mk
AGUA	0.58 W/mk
COBRE	407 W/mk

tabla 5.1.2 conductividad térmica de diferentes materiales

- Menor formación de agua de condensación en las superficies exteriores: precisamente por la menor conductividad térmica de este tipo de tuberías, la formación de agua de condensación requiere condiciones ambientales más extremas y por consiguiente se necesitará menor espesor de pared de material de aislamiento cuando éste sea necesario.

- Elevada elasticidad: El módulo elástico (E), es la relación entre la tensión y el alargamiento de una materia.

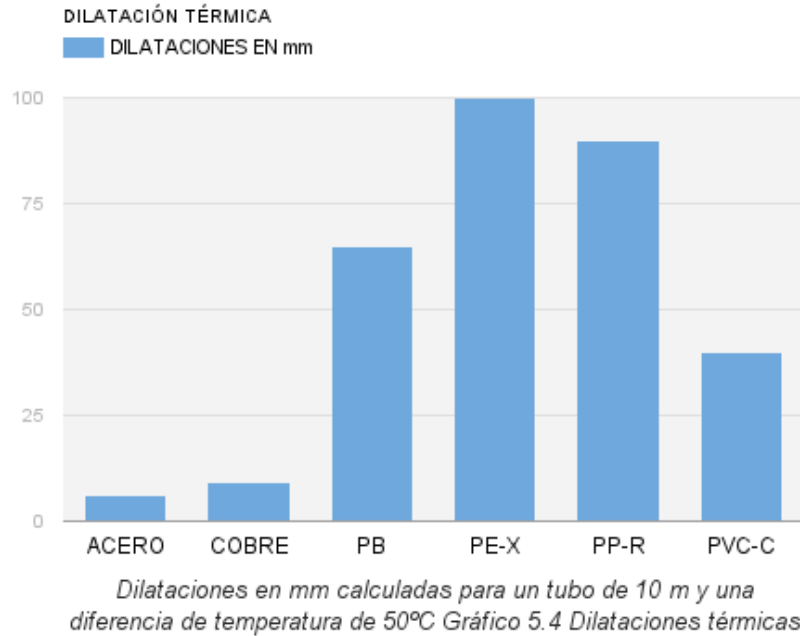
Cuanto más pequeño sea el módulo elástico más flexible será el material, y por el contrario, a mayor módulo elástico más rígido será el material a la flexión.

PB	450 MPa (N/ mm ²)
PVC-C	3500 MPa (N/ mm ²)
ACERO	210000 MPa (N/ mm ²)
PP-R	900 MPa (N/ mm ²)
PEX	1150 MPa (N/ mm ²)
COBRE	120000 MPa (N/ mm ²)

tabla 5.1.3 Módulo elástico de diferentes materiales

La mayor flexibilidad del material beneficia a la menor generación de esfuerzos en la instalación en los procesos de dilatación térmica, golpes de ariete, golpes de impacto, heladas, ..., así como a la reducción de transmisión de ruido en la misma, obteniéndose instalaciones más fiables y confortables.

- Resistencia a la abrasión: la resistencia a la abrasión de los materiales plásticos es del orden de cuatro veces mayor que la de los materiales metálicos.
- Menor incidencia del ruido en las conducciones: debido a su bajo módulo elástico la transmisión del ruido provocado en las conducciones de agua es menor en material plástico que en las conducciones metálicas.
- Superficies lisas: las superficies interiores lisas provocan una menor pérdida de carga.
- Dilatación térmica: El coeficiente de dilatación térmica lineal α , indica el alargamiento en mm. de una longitud inicial de 1 m. debido a una elevación de la temperatura de 1°K.



Los cambios dimensionales provocados por las variaciones de temperatura son mayores en los materiales plásticos que en los metálicos.

6 El Polibutileno

El Polibutileno-1 tal y como lo podemos encontrar en estos momentos fue descubierto en 1954 por el equipo de investigación del profesor Giulio Natta, llegando las primeras producciones industriales a mediados de los años 60. Pero no fue hasta los 70 y 80 cuando su fabricación y suministro aumentó de manera considerada todo ello llevado a cabo por la multinacional Shell.

Citando brevemente las características del PB-1 nos encontramos con un termoplástico parcialmente cristalino del grupo de las poliolefinas. Nos encontramos que su densidad es similar a la de otros plásticos como pueden ser el PP y el PE.

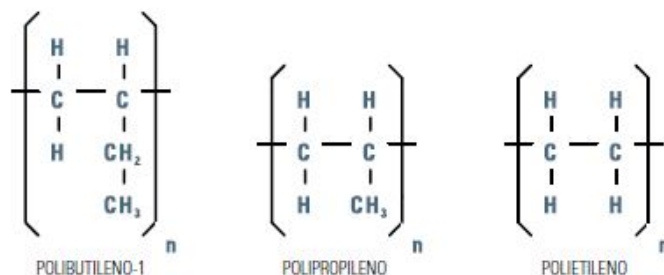


Imagen 6.1 Esquema químico

El PB-1 se elabora por la polimerización del Butileno-1 (C_4H_8). El monómero es por tanto una molécula de 4 carbonos con enlace doble entre el primer y segundo átomo de carbono.

El Polibutileno-1 tiene similares características genéricas que el Polipropileno: es

inyectable, y por tanto los accesorios son fabricados con el mismo material que la tubería, y soldable por fusión, características que no comparte el PEX, por tratarse éste de un termoplástico modificado.

A diferencia del resto de termoplásticos para la misma aplicación, el Polibutileno-1 por su excelentes propiedades intrínsecas no necesita de procesos adicionales como copolimerización, reticulación o especial aditivación, para alcanzar las características necesarias para la aplicación.

La materia prima es única y homogénea, no necesitando mezclas ni procesos posteriores que influyan en sus propiedades finales, como es el caso de la reticulación del PE para conseguir PEX, la copolimerización del PP-H para conseguir PP-R y PP-RT y la sobrecloración del PVC-U para conseguir PVC-C.

6.1 Características del Polibutileno

Diámetro exterior	EN ISO 15876 (Ver en ISO 15786-2; Punto 6.2.1)
Espesor de la pared	EN ISO 15876 (Ver en ISO 15786-2; Punto 6.2.2)
Color	Gris - RAL 7001
Densidad	ISO 1183 (925 kg/m ³)
Límite elástico	ISO R 527 (20 MPa)
Tensión de rotura	ISO R 527 (35 MPa)
Módulo elástico	ISO R 527 (450 Mpa)
Deformación en la rotura	ISO R 527 (300 Mpa)
Retracción longitudinal	EN 743 (<2%)
Dureza	ISO 868 (60 Shore)
Resistencia al impacto	ISO 180 - Sin rotura (kJ/m ²) a 20°C 40 (kJ/m ²) a 0°C
Conductividad Térmica	ASTM C177 (0.19 W/mK)
Presión hidrostática interna	EN ISO 9080 (Ver en ISO 15786-2 - Punto 4.2)
Velocidad del sonido	697 m/s
Índice de fluidez	ISO 1133 - (190°C/2, 16 kg)
Análisis bacteriológico	Kiwa (Holanda) DVGW (asociación alemana de agua y gas. Guía W720)

Tabla 6.1. Características Polibutileno

6.2 Comparación de características físicas entre materiales

PROPIEDAD	VALOR						UNIDADES
	PB	PEX	PP_R	PVC-C	Cobre	Acero	
Densidad	925	940	900	1550	8890	7850	kg/m ³
Conductividad térmica	0,19	0,35	0,22	0,16	407	45	W/mK
Coe. Dilatación térmica	0,13	0,20	0,15	0,08	0,018	0,012	mm/mK
Módulo elástico	450	1150	900	3500	12000 0	21000 0	MPa
Resistencia a presión 20°C (1)	21,9	15,2	13,9	20,05			bar
Resistencia a presión 70°C (2)	10,15	7,12	4,31	8,88			bar
Velocidad del sonido	697	1106	1000	1503	3674	5172	m/s
Esfuerzos dilatación (2)	480	2245	1595	2734	8468	25437	N
Resistencia a la fluencia	6,75	32,5	13,5		19,31	18,00	%
Golpe de ariete	2,99	4,73	5,12	8,50	31300	32900	bar
Sostenibilidad (Consumo de energía) (5)	6900	16000	15300	15000			MJ

Tabla 6.2 Comparación de Características físicas entre materiales

(1) Resistencia según norma a la temperatura definida (20 o 70° C) y 50 años para un tubo S5 (ej. 25 x 2,3 mm) de los distintos materiales

(2) Esfuerzos generados entre dos puntos fijos por incremento de temperatura de 50° C en el material (ej. Tubo d25mm). Las dimensiones de las tuberías en cada material utilizadas para el cálculo son: PB 25 x 2.3 , PEx 25 x 2.8, PP-R 25 x 3.5, PVC-C 25 x 2.8, Cobre 22x1.2, Acero 26.9 x 2.65.

(3) Alargamiento en % la fluencia por tensión uniaxial de 8 MPa/23° C 10000h

(4) Sobrepresión por cierre instantáneo en tubo comercial Ø 25 mm con velocidad de agua 1,5 m/s

(5) Energía consumida para la fabricación de cada sistema de tuberías según estudio VENOB de la Universidad de Berlín

PROPIEDAD	APLICACIÓN	POLIBUTILENO
Densidad	Menor peso: Facilita la manipulación, abarata el costo y reduce el impacto medioambiental de su proceso de fabricación	Los sistemas plásticos en general se benefician de su ligereza respecto a los plásticos
Conductividad térmica	Reduce las pérdidas de calor y la posibilidad de condensaciones por cara fría	De nuevo es una característica típica de los sistemas plásticos
Dilatación térmica	La dilatación de los materiales plásticos por cambio de temperatura es superior a los metálicos: Se debe tener en cuenta para la compensación de las mismas	Aunque el PB tiene una dilatación menor que el resto de los plásticos, siempre hay que tener en cuenta las dilataciones.
Módulo elástico	La mucho menor rigidez de las tuberías (menor módulo elástico) facilita la manejabilidad en obra, y reduce la generación de esfuerzos asociados al funcionamiento de las instalaciones: Golpes de ariete, puntos fijos y dilataciones	Es el material más elástico de entre todos los de la aplicación, el más manejable y que menor esfuerzo genera
Resistencia a presión y temperatura	La característica que define de forma principal a un sistema de tuberías es su resistencia a la presión y temperatura. Dicha información viene caracterizada en las curvas de regresión del material, el ADN de la tubería.	El polibutileno es el material con mejor resistencia a la presión en función de la temperatura. Implica menores espesores para una misma resistencia requerida, o mejor resistencia para el mismo espesor.
Resistencia a la fluencia	La fluencia representa la deformación del material a lo largo del tiempo bajo carga constante. Es básico en las uniones por compresión como aseguramiento de la estabilidad dimensional del tubo	El PB tiene una fluencia mínima, conservando su dimensión bajo carga constante.
Velocidad del sonido	Al ser el material muy elástico, la transmisión del sonido y por tanto el ruido a través del medio físico que supone la red de tuberías es inferior a la del resto de fabricantes	Resulta el material más aislante a la transmisión de ruidos.
Esfuerzos dilatación	El bajo módulo elástico del material implica que los esfuerzos generados por las dilataciones entre puntos fijos de la instalación sean mucho menores.	El PB no genera problemas en instalación por esfuerzos de dilatación
Golpe de ariete	Los picos de presión producidos por cierres de paso de fluido instantáneos son fuente en de problemas en sistemas de tuberías fijos	El PB absorbe de forma excelente los esfuerzos asociados a los golpes de ariete

Tabla 6.2.1 ventajas de la aplicación de plásticos

6.3 Transmisión de ruido

Las características de los termoplásticos, y fundamentalmente del Polibutileno, lo convierten en un excelente aislante acústico de la instalación, especialmente respecto de los materiales metálicos. Se evitan, de esta manera, los ruidos asociados a las instalaciones de fontanería y calefacción, tanto por la conducción del fluido a través de las tuberías y accesorios y golpes de ariete, como por los movimientos térmicos producidos en la misma.

La transmisión material del sonido a través del sistema de tuberías depende directamente de la velocidad del sonido en cada material. La velocidad del sonido depende del propio material en que se transmite y está relacionada con el módulo elástico y la densidad del producto, según la fórmula:

$$V_s = \sqrt{E/\rho}$$

MATERIAL	MÓDULO ELÁSTICO (MPa)	DENSIDAD (kg/m ³)	VELOCIDAD SONIDO (m/s)
PB	450	925	697
PEX	1150	940	1106
PP-R	900	900	1000
PVC	3500	1550	1503
Acero	210000	7850	5172
Cu	120000	8890	3674
Goma	90	900	316

Tabla 6.3 Comparación entre materiales

6.4 Golpe de ariete

Una columna de agua en movimiento dentro de una tubería contiene energía cinética almacenada, en función de su masa y su velocidad. Debido a que el agua es un fluido aproximadamente incompresible, esta energía no puede ser absorbida cuando una válvula es cerrada de forma repentina. El resultado es una elevada sobrepresión instantánea, normalmente conocida como golpe de ariete. Los problemas asociados al golpe de ariete son uno de los más frecuentes factores de fallo en tuberías metálicas, debido a su rigidez. En las tuberías plásticas, su bajo módulo elástico, especialmente en el caso del PB, implica que las presiones generadas son de muy menor valor, y por tanto, se puede decir de forma general que no generan problemas en las instalaciones.

Cinco factores que determinan la severidad del golpe de ariete:

1. Velocidad del fluido
2. Módulo de elasticidad
3. Diámetro interno de la tubería
4. Espesor de la pared de la tubería
5. Tiempo de cierre de la válvula

Existen distintos modelos matemáticos que calculan de forma teórica el efecto del golpe de ariete, siendo los más utilizados los basados en las fórmulas de Allievi, que se resumen según a continuación, para tiempo de cierre de válvula rápido y agua como fluido conducido:

$$C = \frac{9900}{\sqrt{47,3 + \frac{k}{E} * \frac{D}{e}}} \Rightarrow \Delta P = \frac{C * V}{100} [\text{bar}]$$

Donde: C es la celeridad o velocidad de propagación de la onda de presión (m/s)

k = constante de cálculo empírico de valor 10^5

E = módulo de elasticidad del material de la tubería (MPa)

D = diámetro interior de la tubería (mm)

e = espesor de la pared de la tubería (mm)

ΔP = sobrepresión producida

V = Velocidad del agua (m/s)

El bajo módulo elástico de Polibutileno-1, combinado con un espesor de pared reducido, da lugar a una sobrepresión por golpe de ariete muy inferior al resto de materiales, y perfectamente asumible por la capacidad resistente del sistema de tuberías. A modo de ejemplo, a continuación aportamos los valores resultantes para una conducción de diámetro exterior 25 mm para distintos materiales y una velocidad de fluido de 1,5 m/s (evidentemente los tubos plásticos de más espesor en este ejemplo aportarían menos caudal).

	E (MPa)	D (mm)	e (mm)	V (m/s)	ΔP (bar)
PB	450	25	2,3	1,5	2,99
PEX	1150	25	2,8	1,5	5,17
PP	900	25	3,5	1,5	5,12
PVC-C	3500	25	2,8	1,5	8,54
Acero INOX	210000	25	1,2	1,5	19,82
Cu	120000	25	1,0	1,5	18,31

Tabla 6.4 Datos para aportar a la fórmula de Allievi

6.5 Permeabilidad al oxígeno

Es aceptado que los componentes metálicos de las instalaciones de tuberías de suministro de agua y calefacción pueden resultar oxidados por el contenido de oxígeno disuelto en el agua conducida. En los circuitos abiertos de suministro de agua, la entrada de oxígeno es múltiple, y se entiende no necesaria una impermeabilización de las tuberías plásticas de conducción. Sin embargo, en circuitos cerrados tales como los de calefacción, se recomienda minimizar el ingreso de oxígeno a través de la pequeña permeabilidad de las tuberías plásticas. Se utilizan, para esa aplicación tuberías multicapa con alguna capa de material impermeable al oxígeno (generalmente EVOH o aluminio).

Al estar la capa EVOH en el centro del tubo, la misma no se ve alterada por factores externos, conservando su impermeabilización durante toda su vida útil, a diferencia de los de capa externa.

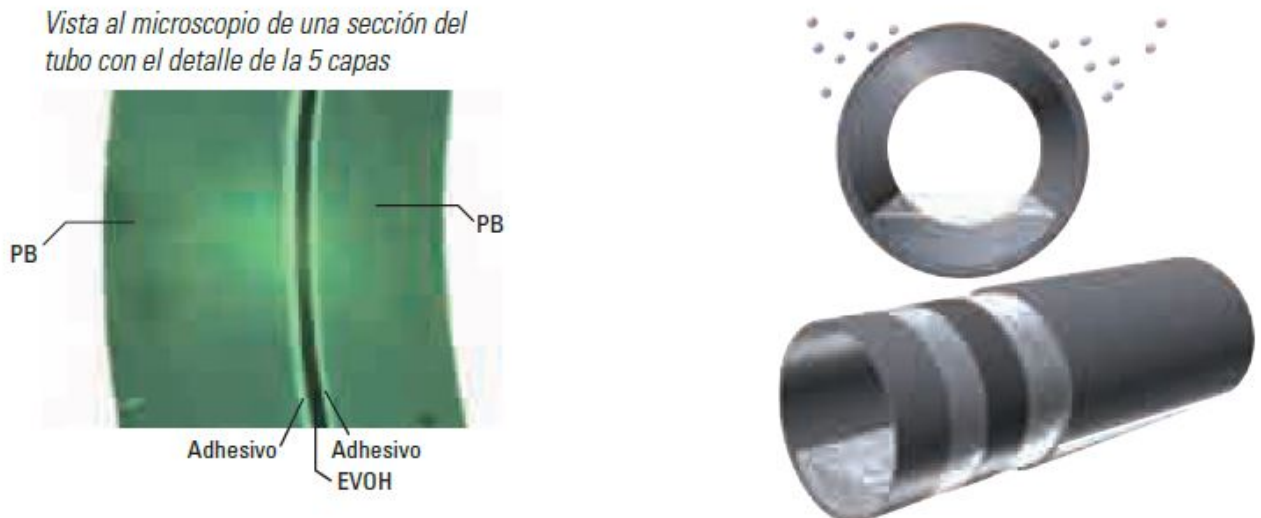


Imagen 6.5 muestra microscópica de adhesivo EVOH

6.6 Legionela

La legionela es una bacteria presente ocasionalmente y de forma natural en las redes de distribución de agua, y que presenta un potencial peligro de salud para los usuarios de dichas instalaciones. Los elementos a combatir para la reproducción en los sistemas de tuberías en edificación de dicha bacteria son la temperatura de reproducción de la misma y la formación de biocapa como sustrato de alimento y colonización de la bacteria.

La temperatura de reproducción de la legionella está en el intervalo entre 20 y 50° C, por lo que hay que evitar la temperatura del agua en ese rango. De otro lado, la formación de biocapa viene favorecida por la acumulación de agua estancada, la temperatura en el intervalo mencionado, la rugosidad de las tuberías y la posible corrosión metálica de las mismas.

La temperatura de aniquilación de la legionella se establece en 70° C, y es por

ello que los tratamientos de desinfección térmica obligan a la elevación del fluido hasta esa temperatura. Las propias normas de producto internacionales contemplan dicha temperatura de trabajo para esa aplicación. Se deberá especificar el diseño de las instalaciones como para soportar estos 70° C de temperatura.

La correcta elección de material, así como un correcto diseño y adecuado mantenimiento de la instalación, redundarán en la ausencia de problemas. Las tuberías de PB, por su baja rugosidad, su ausencia de corrosión metálica, y su óptima resistencia a 70° C (temperatura de aniquilación de la bacteria) son ideales para la evitación de problemas de legionela. Son, así mismo, aptas para tratamientos de desinfección química anuales (30 ppm de Cl a 30°C, 6 bar y durante 2 h), según ensayo realizado por el fabricante de materia prima, Basell, en laboratorio independiente.

6.7 Fuego

El Polibutileno, como el resto de polímeros orgánicos utilizados para la aplicación, arde. Es difícil provocar la ignición, pero es clasificado como combustible, aunque no altamente inflamable. El comportamiento es equivalente al del resto de poliolefinas. Cuando el Polibutileno-1 es calentado, la fusión se inicia a unos 130°C, comenzando la descomposición a aproximadamente 300°C, liberando hidrocarburos volátiles de bajo peso molecular. La llama o fuente de calor puede provocar la ignición de estos últimos. Una vez que se produce la ignición, el calor generado será suficiente para continuar el fuego, siempre que el aporte de oxígeno sea suficiente.

Estos comentarios son de carácter general y teórico, puesto que las condiciones reales no son las ideales ni generalmente predecibles. Dependerán de muchos factores, tales como la localización, la disponibilidad de oxígeno y la presencia de otros materiales inflamables. En combustión completa si existe el suficiente aporte de oxígeno, los productos de combustión principales son dióxido de carbono y agua, así como pequeños restos de productos de descomposición y oxidación, a menudo irritantes, en muy bajas concentraciones.

Por ser una poliolefina, según mencionado, las características de inflamabilidad y comportamiento ante el fuego del PB-1 son similares a los del Polietileno y Polipropileno.

6.8 Curvado

Las tuberías de PB, por su bajo módulo elástico y menor espesor necesario para la misma resistencia, resultan el sistema más flexible del mercado, y por tanto de más sencilla manipulación y posibilidad de curvado en frío.

Como el resto de termoplásticos, la tubería no debe ser curvada nunca en exceso para evitar elongación extrema de la generatriz externa de la curva.

En ese sentido, se recomienda no realizar curvas de radio de curvatura inferior a 8

veces el diámetro de la tubería en rollo, 30 veces el diámetro en el caso de que se curve en sentido contrario al del rollo y de 10 veces en tubería de tramo recto.

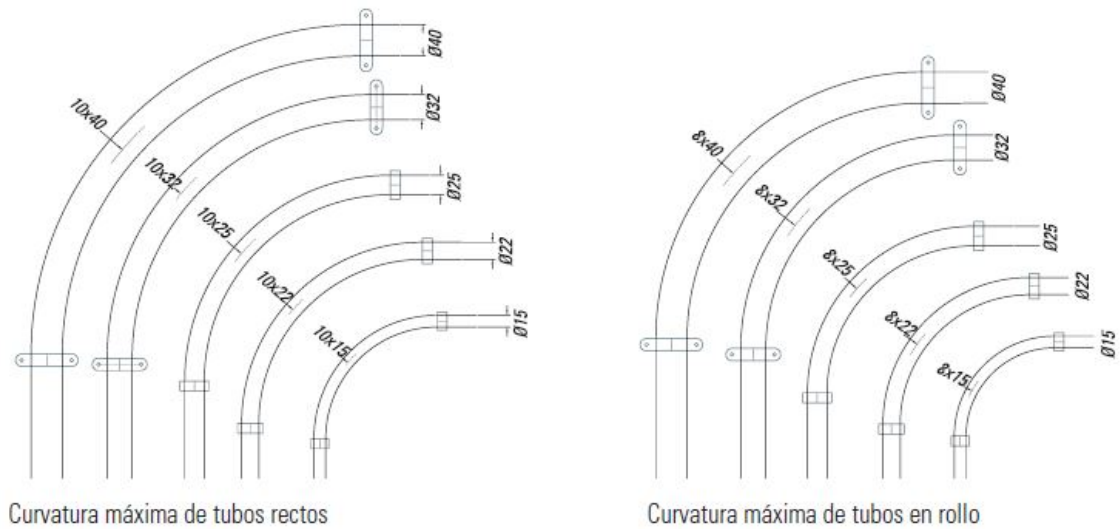


Imagen 6.8 curvaturas máximas

6.9 Agentes oxidantes

El Polibutileno, como el resto de poliolefinas es altamente resistente a disolventes y productos químicos, con algunas pocas excepciones. El PB-1 puede resultar atacado por disolventes orgánicos no polares, tales como el benceno, tolueno, cloruro de carbono, ... Consulte en todo caso la tabla de resistencia a los agentes químicos que se encuentra en anexo 2 de este manual para aplicaciones específicas.

El cloro es un agente oxidante severo tanto del Polibutileno como del resto de poliolefinas. Los porcentajes que se encuentran en las redes de agua potable (<1ppm) no resultan perjudiciales, ni tampoco los tratamientos tipo de frecuencia anual que se realizan como prevención de aparición de la bacteria de la legionela.

Los rayos ultravioleta de la luz solar pueden provocar o acelerar la degradación del material. Se debe almacenar el producto protegido de la exposición directa a la luz, así como en su aplicación final. En el caso de aplicación a la intemperie, se recomienda su envainado o pintado como protección.

Si se decide pintar, es preferible el uso de pinturas de emulsión (al agua) para pintar el Polibutileno. De todas maneras, se pueden utilizar pinturas de esmalte en base aceite con imprimación. No utilizar pinturas en base celulosa, decapantes o disolventes. Antes de pintar, asegúrese de que las superficies estén limpias, secas y libres de grasa. Consulte la composición de la pintura o al especialista en caso de duda.

6.10 Comportamiento criogénico

El Polibutileno es un material muy adecuado para aplicaciones de refrigeración y aire acondicionado. Conserva su flexibilidad mejor que otros materiales a temperaturas bajo cero y resiste a las familias de glicoles utilizados como anticongelantes.

La temperatura de transición vítrea es de -16°C , habiéndose realizado ensayos de presión a temperaturas de hasta -40°C . Su flexibilidad hace que soporte las congelaciones del agua conducida sin rotura, a diferencia de los materiales más rígidos, que rompen en caso de heladas.

6.11 Tuberías cubiertas

Siempre se recomienda utilizar protección para las tuberías que se instalen empotradas, tanto si son tuberías metálicas como si son de material plástico. Los motivos son diferentes en cada caso:

Tuberías metálicas de agua fría:

- Para protegerlas de los daños que causa el agua que se condensa.
- Para evitar ruidos.

Tuberías metálicas de agua caliente:

- Para proteger daños en los tabiques y sistema de tuberías debidos a los esfuerzos de dilatación
- Para evitar ruidos

Tuberías plásticas de agua fría y caliente:

Para proteger las tuberías de posibles daños (roces, pinchazos etc ...)

Aunque no es recomendable, las tuberías “desnudas” de PB-1 se podrían instalar empotradas siempre que se tenga mucho cuidado de que no hay cantos afilados o zonas abrasivas que puedan dañarlas. Además habrá que asegurarse de que la profundidad a la que se empotran sea suficiente para que las fuerzas de dilatación no lleguen a romper la superficie del muro o suelo. La mejor manera para proteger las tuberías de PB-1 cuando se instalan empotradas es utilizar tubo corrugado.

7 Resistencia a la presión y temperatura

Las características mecánicas del material, que se reproducen de forma objetiva en las normas de producto, explican la mejor resistencia de la tubería con los mismos espesores, o bien la necesidad de menores espesores para la misma presión de diseño que se elija para la instalación. A continuación se exponen resumidamente el proceso de cálculo de la presión de diseño para un tubo de cualquier material, a una temperatura dada y para una vida útil determinada.

Recuerden que el tubo plástico siempre deberá ir caracterizado por estas tres variables: presión, temperatura y vida útil.

Los datos que se necesitan y las ecuaciones y gráficos que se utilizan para el cálculo de la presión de servicio son los siguientes:

- Parámetros de cálculo: tubo (diámetro, espesor y material), temperatura de servicio y vida útil.
- Ecuación de resistencia a la presión de la tubería : Ecuación de Lamé.
- Ecuación de tensión del material de la tubería en función de la temperatura y vida útil : Curvas de regresión.
- Aplicación de los coeficientes de seguridad.

7.1 Cálculo de la presión de servicio

La ecuación por la que se obtiene la presión hidráulica que resiste una tubería en función de la tensión hidrostática del material del que está fabricado es muy sencilla y directa:

$$P = \frac{2\sigma e}{D - e}$$

Donde:

P : Es la presión de resistencia de la tubería (MPa)

σ : Es la tensión del material

D es el diámetros exterior

e es el espesor de la tubería

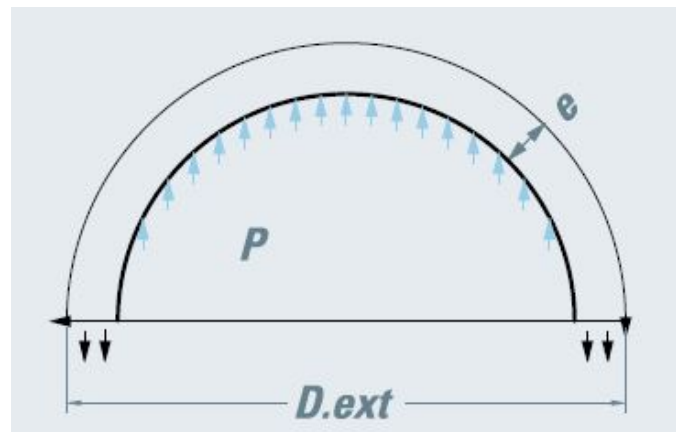


Imagen 7.1 explicación gráfica de la fórmula de presión

Se trata de la llamada ecuación de Lamé que resulta del cálculo de resistencia de materiales de un elemento cilíndrico con presión interna. El problema por tanto reside en la determinación de la tensión hidrostática del material, que no se trata de un valor único, sino que es dependiente de la temperatura y vida útil de la tubería. Esta información viene incluida en las llamadas curvas de regresión de cada material, que se aportan de manera objetiva en las normas de cada producto.

7.2 Curva de regresión

Según comentado en el anterior apartado, la curva de regresión de un material plástico es la gráfica que nos da la evolución de la resistencia de dicho material en función de la temperatura y vida útil. Esta curva se obtiene mediante ensayos funcionales de presión interna en institutos independientes que luego se incluyen en las normas de cada sistema de tuberías para el cálculo de las presiones nominales de cada tubería. Supone por tanto, el “carnet de identidad” que identifica a cada material, y por tanto, de cada tubería.

En la siguiente gráfica, pueden encontrar la curva de regresión para el PB incluida en su norma internacional de aplicación, EN ISO 15876

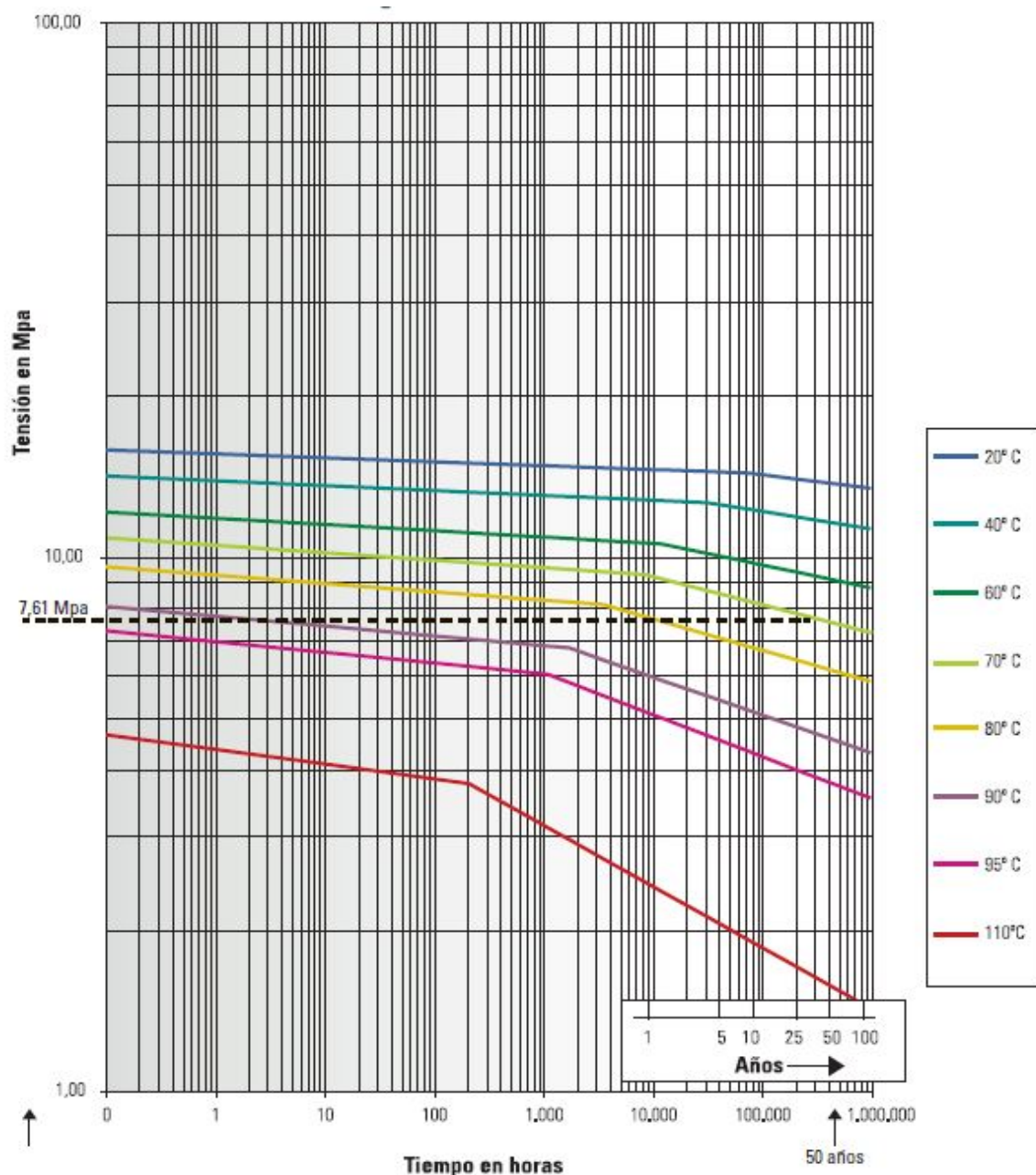


Imagen 7.2 curva de regresión del Polibutileno

7.3 Factor de seguridad

Dado que la ingeniería de materiales no permite ni contempla el diseño de instalaciones en el límite de rotura, se debe aplicar un coeficiente de seguridad a la tensión hidrostática obtenida, para calcular finalmente la presión de diseño de la tubería. Se trata de un simple factor corrector que se aplica de forma directa y proporcional, y que viene incluido en las propias normas de materiales mencionadas. Es función del límite de confianza obtenido en la aproximación estadística de la curva de regresión, según los datos empíricos de rotura de los ensayos de presión interna realizados.

Los coeficientes que se aplican a cada material en función de la temperatura de cálculo y según norma son:

MATERIAL	TD	Tfría	Tmax	Tmal	
PB	1,50	1,25	1,30	1,00	TD: Temperatura de diseño.
PEX	1,50	1,25	1,30	1,00	Tfría: Temperatura de agua fría hasta 25 °C.
PP-R	1,50	1,40	1,30	1,00	Tmax: Temperatura máxima de diseño únicamente incluyendo periodos cortos.
PE-RT	1,50	1,25	1,30	1,00	Tmal: Temperatura de malfuncionamiento.
PVC-C	1,80	2,50	1,70	1,00	

Tabla 7.3 Índices de de seguridad

7.4 ejemplo de cálculo

Vamos a obtener como ejemplo la presión de diseño para unas condiciones y tubería específicas según el procedimiento explicado. De este modo:

- Condiciones de trabajo: 70° C
- Duración esperada: 50 años
- Factor de Seguridad 1,5
- Tubería: Diámetro: 25 mm
- Espesor: 2,3mm
- Material: Polibutileno

Paso 1: Obtenemos la tensión hidrostática del material a las condiciones definidas entrando a la curva de regresión del PB: punto intersección de la curva de 70° C y la vertical de 50 años del eje X. El valor obtenido es: 7,61 MPa, que corresponde con la tensión sin coeficiente de seguridad en esas condiciones

Paso 2: Le aplicamos el factor de seguridad que especifica la norma para la temperatura de trabajo, 1,5. Tenemos la tensión de diseño, que será:

$$\sigma_d = \frac{7,61}{1,5} = 5,07 \text{ MPa}$$

Paso 3: Aplicamos la ecuación que relaciona la geometría del tubo y la tensión del material con la presión de trabajo, obteniendo:

$$P = \frac{2 * \sigma * e}{D - e} = \frac{2 * 5,07 * 2,3}{25 - 2,3} = 1,03 \text{ MPa} = 10,3 \text{ bar}$$

Y por tanto tenemos una presión de trabajo de 10,3 bares a 70° C y 50 años para la tubería de PB de 25x2,3 mm.

7.5 Serie de tuberías

Las dimensiones de las tuberías tanto en diámetro como en espesor están normalizadas para asegurar la compatibilidad de materiales y la existencia de series de tuberías (S) que aseguran la misma resistencia.

Estas “series” de tuberías son las que tienen una misma relación entre diámetro y espesor, y por tanto una misma resistencia para todo el rango de diámetros. Debido a esto se suele definir el conjunto de tuberías por su valor S o SDR, que corresponden a una misma resistencia.

El valor SDR representa una relación dimensional y el valor S una relación entre tensión del material y presión de servicio. Ambas dos están también directamente relacionadas, según las ecuaciones siguientes:

Donde:

e es el espesor

D es el diámetro exterior

S es la serie de tubería

SDR es la relación estándar de dimensiones (standard dimension ratio)

$$S = \frac{D - e}{2 * e} = \frac{SDR - 1}{2}$$

$$SDR = \frac{D}{e} = 2 * S + 1$$

Para un mismo diámetro de tubería, los valores S y SDR son menores cuanto mayor espesor se tenga. Tuberías del mismo material y valor de S (y SDR) pero de diferente diámetro, tienen la misma resistencia a la presión interna.

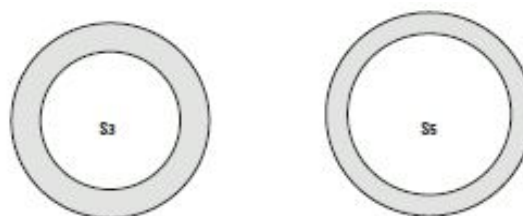


Imagen 7.5 comparación de tuberías del mismo diámetro y diferente valor de S y SDR

Para un mismo diámetro de tubería, los valores S y SDR son menores cuanto mayor espesor se tenga. Tuberías del mismo material y valor de S (y SDR) pero de diferente diámetro, tienen la misma resistencia a la presión interna.

7.6 Equivalencia de dimensiones

Teniendo en cuenta la disponibilidad de dimensiones normalizadas para cada material, a continuación les exponemos la correspondencia de tuberías comerciales entre materiales.

La equivalencia se realiza en función de diámetro interior, que es el que aporta el caudal y el que define el diámetro nominal (DN) en los países centroeuropeos, frente al criterio español de definición de DN por el diámetro exterior, según se indica en las normas de producto. Recuerden, más allá de la siguiente equivalencia, que la selección final vendrá dada por el proyectista, pero que en todo caso las tuberías plásticas, y en especial el PB, admiten velocidades de fluido superiores, por lo que resultan diámetros interiores de tubería siempre menores.

DN	Acero Galvanizado DIN 2440/2448			CLASE 2/10 bar PB			Clase 2/8 bar PP-R serie 2,5 (SDR 6)		PP-R Clase 2/6 bar PEX Clase 2/10 bar serie 3,2 (SDR 7,4)		CU (DIN 1786) ACERO INOX	
	DN	Pulg	De	Di	De	Di	SDR	De	Di	De	Di	De	Di
10	3/8"	17,2	12,5	15	11,6	9	...	...	...	...	15	13,0
10	3/8"	17,2	12,5	16	12,4	9	...	...	16	11,6	15	13,0
15	1/2"	21,3	16,0	20	15,4	9	25	16,6	20	14,4	18	16,0
20	3/4"	26,9	21,6	22	18	11	...	...	25	18,0	22	19,6
20	3/4"	26,9	21,6	25	20,4	11	32	21,2	...	...	...	...
25	1"	33,3	27,2	28	23,0	11	...	...	...	...	28	25,6
25	1"	33,7	27,2	32	26,2	11	40	26,6	32	23,2	28	25,6
32	1 1/4"	42,4	35,9	40	32,6	11	50	33,4	40	29,0	35	32,0
40	1 1/2"	48,3	41,8	50	40,8	11	63	42,0	50	36,2	42	39,0
50	2"	60,3	53,0	63	51,4	11	75	50,0	63	45,8	54	51,0
65	2 1/2"	76,1	68,8	75	61,4	11	90	60,0	75	54,4	76,1	72,0
80	3"	88,9	80,8	90	73,6	11	110	73,4	90	65,4	88,9	85,0
100	4"	114,3	105,3	110	90,0	11	125	83,4	110	79,8	108,0	103,0
125	5"	139,7	131,7	125	102,2	11	160	106,8	...	...	133,0	127,0
150	6"	168,3	159,3	160	130,8	11	...	...	...	...	159,0	153,0

Tabla 7.6 equivalencia de dimensiones

8 Sistemas de unión

- Unión push-fit o rápida: Sistema único de unión mecánica, sencillo, rápido y fiable. Unión por anillo de retención, no por compresión. No necesita herramientas y resulta el más rápido del mercado. Especialmente indicado

para instalaciones de diámetros pequeños y gran número de uniones.

- Unión por termofusión: Sistema de unión por fusión, con calentamiento de tubo y accesorio a través de hornos calefactados. Instalaciones fiables, más económicas en material y de menor volumen, pero con mayor tiempo de instalación. Recomendables en instalaciones de diámetros intermedios y bajo número de uniones, y en montajes en taller o en condiciones de instalación óptimas.
- Unión por electrofusión: Sistema de unión por fusión, con calentamiento de tubo y accesorio a través de resistencia eléctrica en la boca del accesorio. Montaje de accesorio y tubo en frío, lo que permite sencilla instalación aún en las condiciones y posiciones más difíciles. Recomendada en diámetros superiores e instalaciones en obra.
- Unión a testa: Sistema de unión por fusión. Instalaciones fiables y más económicas y de menor volumen, pero más complejas para realizar en obra. Recomendada en diámetros superiores e instalaciones de taller.

Diametro (mm)	15	16	20	22	25	28	32	40	50	63	75	90	110	125	160
Push-Fit	*	*	*	*	*	*	*	*	*						
Termofusión		*	*		*		*	*	*						
Electrofusión										*	*	*	*	*	*
Testa										*	*	*	*	*	*

Tabla 8 Rango y sistemas de unión

8.1 Unión Push-Fit o Encaje Rápido

- Facilidad y rapidez de montaje, con el ahorro económico que esto supone.
- La unión no es rígida y se tiene la posibilidad de girar las uniones, incluso en carga, con lo que se evita tener que calcular o prever las nuevas direcciones y los ángulos en los cambios de dirección.
- No se necesitan herramientas especiales para la realización de la unión, más allá de la tijera de corte del tubo
- Al contrario que en otras uniones mecánicas el tubo no es comprimido ni por su exterior ni por su interior.
- El tubo no es obligado por ningún tipo de útil ni de accesorio a adoptar formas o medidas que no sean las suyas originales y por tanto la resistencia al flujo típica de los materiales plásticos, es decir, el alargamiento del material en función del tiempo bajo carga constante, no

influye en la unión por anillo de retención.

- El sistema push-fit, a diferencia de otros tipo press-fitting, casquillo deslizante o push-fit con estanqueidad en el diámetro interior, no reduce el diámetro interior de paso de los accesorios. Esto supone unas pérdidas singulares o localizadas en la pieza muy inferiores, lo que redundará en una menor pérdida de carga total en la instalación y un aporte de caudal óptimo en el punto de consumo.

Herramientas necesarias para la instalación: El sistema Push-Fit se caracteriza por no necesitar herramientas específicas para su instalación, basta con encajar la tubería en el accesorio utilizando las manos. Sin embargo se recomienda el uso de tijeras para cortar el tubo, silicona para lubricarlo y un rotulador para marcar la longitud de penetración.

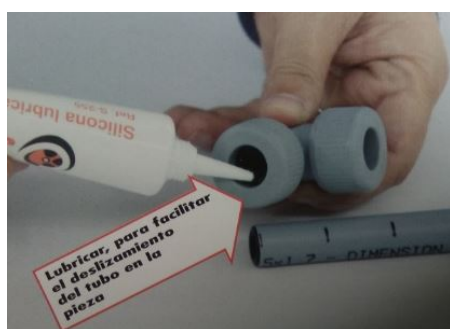
Personal apto para realizar la unión: Realmente no se necesita ninguna cualificación para realizar la unión en sí, aunque es importante que la persona que realice cualquier instalación de fontanería o calefacción tenga unos conocimientos mínimos para asegurar el buen funcionamiento del sistema.



1- Cortar tubo



2- Introducir el casquillo



3- Lubricar



4- Introducir el tubo

Imagen 8.1 pasos a seguir para el montaje

Parámetros de la unión:

D exterior de tubería en (mm)	Longitudes de penetracion
15	25
16	25
20	27
22	27
25	27
28	30
32	32
40	43
50	43

Tabla 8.1 Longitud de penetración de tubería en el sistema push-fit

Posibles errores de montaje

ERROR DE MONTAJE	CONSECUENCIA
Uso de tubería con la superficie en mal estado (rayas, marcas...)	La junta puede no ser capaz de absorber los defectos superficiales y se producirán goteos
Longitud de penetración insuficiente (No inserción total de la tubería)	Con el aumento de la presión puede llegar a darse el caso de que la tubería se salga del accesorio
Reutilización del anillo de retención	Un anillo de retención reutilizado no agarra el tubo adecuadamente y puede provocar que la tubería se salga del accesorio
Corte de la tubería no perpendicular	Un corte extremadamente oblicuo puede provocar que el anillo de retención no agarre el tubo uniformemente y se produzca la salida de la tubería.
Corte con rebaba	La rebaba del corte puede introducirse en la junta y el tubo y provocar goteo
Manipulación de los accesorios. (Tuerca roscada)	Un accesorio mal roscado puede provocar fugas por goteo o incluso la salida del tubo
Suciedad en el accesorio o tubería	La suciedad puede introducirse entre la junta y el tubo y provocar un goteo

Tabla 8.1.1 errores y consecuencias de montaje Push-Fit

8.2 Unión por termofusión

Unión por fusión o soldadura térmica entre superficie exterior del tubo e interior de la boca de la pieza.

El buen funcionamiento de la unión depende del buen estado de las herramientas utilizadas, limpieza de todos los elementos, la experiencia del instalador en la soldadura de polibutileno y el correcto seguimiento de los parámetros de unión definidos.

Herramientas necesarias para la instalación:

- Máquina de termofusión comercial con temperatura de hornos a 260° C.
- Hornos de fusión.
- Cortatubos y biselador.
- Cronómetro o reloj
- Rotulador marcador.
- Alcohol limpiador.
- Papel para limpiar

Personal apto para realizar la unión:

Las uniones deben ser realizadas por personal formado en la técnica de soldadura de materiales plásticos por termofusión y con suficiente experiencia en la unión de PB.

Instrucciones de montaje:

- El tubo y la pieza a termosoldar deberán ser del mismo diámetro y material.
- Cortar la tubería perpendicular a su eje procurando que el corte quede lo más uniforme posible.
- Para asegurar que el tubo penetra fácilmente en la embocadura de la pieza es posible biselar el exterior la tubería.
 - Los tubos de diámetro 16 y 20 mm no necesitan biselado
 - Los tubos de diámetro 25, 32 y 40 mm es aconsejable su biselado.
 - Los tubos de diámetro 50 y 63 mm es indispensable su biselado
- Limpiar las superficies a soldar, tanto del tubo como del accesorio, utilizando un papel absorbente, sin pelusas y ligeramente humedecido con un detergente en base alcohol etílico, exento de grasas y aceites.
- Limpiar los hornos del polifusor utilizando la misma técnica que para limpiar el tubo y accesorio. La limpieza es más sencilla si previamente se han calentado ligeramente.

- Marcar en la tubería la longitud de penetración necesaria según el diámetro de que se trate. De esta manera es muy sencillo asegurarse de que se ha introducido la tubería completamente en el accesorio una vez realicemos la unión. (ver tabla de parámetros de la unión)
- La temperatura de los hornos debe estar programada a 260°C, comprobarla antes de empezar a realizar la unión.
- Introducir la tubería y el accesorio simultáneamente en los hornos y mantenerlos así durante el tiempo de calentamiento (ver tabla de parámetros de unión). Mantener una ligera presión contra los hornos durante el proceso.
- Al terminar el tiempo de calentamiento sacar el tubo y accesorio de los hornos e introducir el tubo en la boca del accesorio para realizar la unión. Mantener una ligera presión axial durante el tiempo de mantenimiento (ver tabla de parámetros de la unión) para evitar que la tubería se desplace.
- Una vez terminada la unión esperar el tiempo de enfriamiento (ver tabla de parámetros) antes de manipular la unión para seguir con la instalación.
- Después de 1 hora tras la última soldadura, la instalación se encuentra lista para proceder a su puesta en marcha con presión de trabajo.
- Esperar al menos 24 horas antes de realizar la prueba de presión.

Parámetros de la unión:

Diámetro de tubo D.N(mm)	Espesor de la pared de tubo E (mm)	Longitud soldadura L (mm)	Tiempo de calentamiento (segundos)	Tiempo de mantenimiento (segundos)	Tiempo de enfriamiento (minutos)
16	2,2	15	5	15	2
20	2,3	15	6	15	2
25	2,3	18	6	15	2
32	2,9	20	10	20	4
40	3,7	22	14	20	4
50	4,6	25	18	30	4
63	5,8	28	22	30	6

Tabla 8.2 Parámetros de unión

Posibles errores de montaje y sus consecuencias:

ERROR DE MONTAJE	CONSECUENCIA
Longitud de penetración insuficiente	La superficie de unión entre tubo y accesorio disminuye, pudiendo ocasionar la salida de la tubería.
Temperatura de los hornos baja. <260°C	El PB no llega a fundirse correctamente y la unión no es válida. Posible goteo o incluso salida de la tubería.
Temperatura de los hornos alta. >260°C	El PB se degrada por exceso de temperatura y la unión no es válida. Posible goteo o incluso salida de la tubería.
Suciedad en los hornos, tubería o accesorios	Los restos de grasa y suciedad no permiten la correcta fusión de las superficies de tubo y accesorio. Unión no válida. Posible goteo o incluso salida de la tubería.
Corte no perpendicular	Fusión asimétrica de tubo y accesorio. Posible goteo.
Tubería sin bisel	Arrastre de material fundido al meter la tubería en el accesorio. Dificultad para introducir el tubo. Posible goteo o incluso salida de la tubería.
Tiempo de fusión insuficiente	El PB no llega a fundirse correctamente y la unión no es válida.
Demasiado tiempo de fusión	El PB se degrada por exceso de calor y la unión no es válida.
Tiempo de mantenimiento insuficiente	La tubería puede moverse de su posición dentro del accesorio. Posible expulsión de la tubería.

Tabla 8.2.1 Errores de montaje y consecuencias

8.3 Unión por electrofusión

Unión única en el mercado por electrofusión universal a 40 V de tubos y piezas de PB. Unión segura y sencilla, hasta en los casos más complejos, dado que la presentación de la unión se realiza en frío. Asegúrese de la limpieza de las partes y de la longitud de penetración del tubo en la pieza, y la unión la hará la máquina.

Herramientas necesarias para la instalación:

- Máquina de electrofusión comercial con salida a 40 V (corriente continua).
- Cortatubos.
- Rotulador marcador.
- Alcohol limpiador.
- Escariador recomendado
- Papel para limpiar

Personal apto para realizar la unión:

Las uniones deben ser realizadas por personal formado en la técnica de soldadura por electrofusión y con conocimientos prácticos en el uso de la máquina de soldadura que tengan disponible.

Instrucciones de montaje:

- Corte el tubo perpendicularmente a su eje dejando una sección lo más uniforme posible.
- Escarie y limpie el tubo y la zona interior del manguito utilizando un papel absorbente que no deje pelusas empapado en alcohol limpiador. Una vez limpias las superficies tenga cuidado de no dejarlas en sitios con suciedad o manipularlas con manos sucias.
- Utilizando las marcas del propio manguito, marque la longitud de penetración en el tubo.
- Introduzca el tubo hasta la marca realizada.
- Conecte los terminales eléctricos de la máquina de electrofusión al manguito.
- Utilizando el lápiz lector, lea el código de barras del manguito.



Imagen 8.3 Lectura de código para soldadura por electrofusión

- Acepte los parámetros leídos y comience el proceso de fusión.



Imagen 8.3.1 proceso de electrofusión

- Durante el proceso de fusión manténgase por lo menos a un metro de la zona de fusión y no manipule la instalación.
- Una vez terminada la fusión, espere el tiempo de enfriamiento indicado en la tabla de parámetros, antes de continuar con la manipulación de la instalación.
- El testigo de fusión permite comprobar rápidamente que la instalación está preparada.
- Espere al menos 1 hora antes de poner en servicio la instalación con presión de funcionamiento.
- Pasadas 24 horas desde la última unión se podrá proceder a realizar la prueba hidráulica de la instalación.

Parámetros de unión:

Diámetro (mm)	Longitud de penetración (mm)	Resistencia eléctrica (Ω)	Tiempo de fusión (s)	Tiempo de enfriamiento (min)
63	58	2,9	110	15
75	64	1,4	110	15
90	72	2,2	160	15
110	80	1,0	220	15
125	90	1,3	345	15
160	100	2,0	780	15

Tabla 8.3 Parámetros de unión para soldadura con electrofusión

Posibles errores de montaje y sus consecuencias:

ERROR DE MONTAJE	CONSECUENCIA
Longitud de penetración insuficiente	Zona de fusión sin cubrir con posible cortocircuito eléctrico y sobre-fusión del elemento. Unión no válida.
Suciedad en tubería o accesorio	La suciedad impide que las superficies se fundan adecuadamente. Unión no válida
Tubería expuesta a la luz prolongadamente	La capa exterior de la tubería puede haberse oxidado. La unión no será conforme
Tubería y accesorio desalineados	Posible escape de material fundido por los huecos debidos a la falta de alineamiento. Unión no válida
Parámetros de fusión inadecuados. Tiempo de fusión insuficiente	El material no llega a fundirse. Unión no válida con posibilidad de salida del tubo
Parámetros de fusión inadecuados. Tiempo de fusión elevado	El material se funde en exceso y hay posibilidad de que la unión desprenda material fundido. Unión no válida

Tabla 8.3.1 Errores de montaje y consecuencias

8.4 Unión a testa :

Unión de tubo y accesorio cara con cara en el espesor de los mismos. Unión fiable y segura, ahorra espacio y material. Dependiente del buen entrenamiento del instalador, conocimiento de la maquinaria y espacio y posición adecuados y suficientes.

Herramientas necesarias para la instalación :

- Máquina de unión a testa comercial con temperatura de placa a 260° C.
- Cortatubos.
- Reloj y tabla de datos
- Alcohol limpiador.

Personal apto para realizar la unión :

Las uniones deben ser realizadas por personal formado en la técnica de soldadura a testa y con conocimientos prácticos en el uso de la máquina de soldadura que tengan disponible.

Instrucciones de montaje:

- Coloque los tubos o accesorios a unir en los amarres de la máquina de soldar.

- Compruebe que los espesores de ambas partes son similares. Cierre las mordazas y compruebe que los tubos y/o accesorios están bien alineados acercando las caras con el dispositivo tensor.
- Limpie la suciedad de caras y las zonas próximas. Coloque la herramienta de fresado entre las dos caras y comience con el proceso de mecanizado.



Imagen 8.4 colocación de mordazas

- Retire la herramienta de fresado y limpie los restos de viruta.
- Compruebe que al unir las caras con el dispositivo tensor no queden huecos excesivos en la unión. El hueco máximo no debe sobrepasar los 0.5 mm.

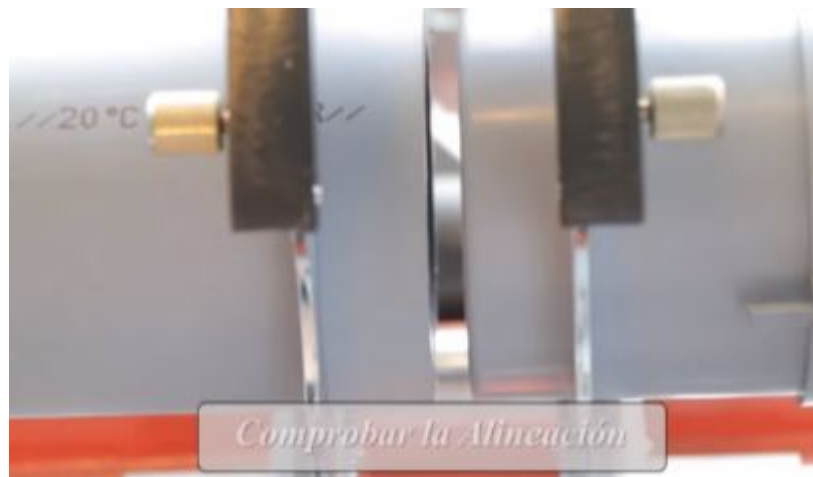


Imagen 8.4.1 alineación unión por testa

- Compruebe que el elemento calefactor está a la temperatura adecuada. (260°C)



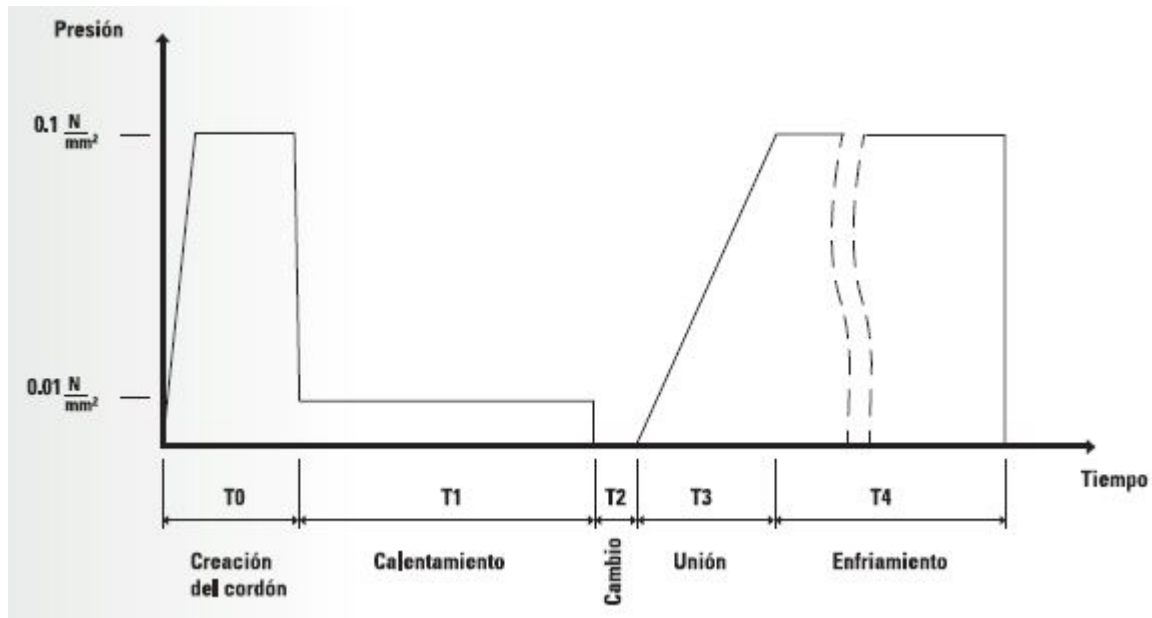
Imagen 8.4.2 Programación termostato unión a testa

- Meta el elemento calefactor entre las dos accesorios.
- Acerque las caras al elemento calefactor aplicando una presión de 0.1 N/mm²
- Mantenga esta presión hasta que el cordón que se forme tenga la altura suficiente.
- Separe las caras del elemento calefactor y retíralo y acerque las caras para comenzar la unión.
- Suelte las mordazas y retire los accesorios de la máquina.
- Aunque la unión ya está terminada es recomendable esperar aproximadamente una hora hasta que la soldadura se enfríe por completo para manipular los accesorios soldados.
- Espere al menos 1 hora antes de poner en servicio la instalación con presión de funcionamiento.
- Pasadas 24 horas desde la última unión se podrá proceder a realizar la prueba hidráulica de la instalación.



Imagen 8.4.2 Resultado final

Parámetros de unión:



Gráfica 8.4 Parámetros de unión a testa

Recomendaciones para asegurar una buena unión:

Tras la fusión, la zona de unión debe aparecer como un cordón de soldadura doble con forma regular a lo largo de la circunferencia y cuya zona intermedia (valle) esté siempre a una altura superior a la cara exterior de los accesorios.

En caso de realizar la soldadura al aire libre es recomendable proteger la unión de las condiciones climatológicas adversas (lluvia, nieve, viento...) que puedan causar variaciones inadmisibles en la temperatura de fusión que se alcance.

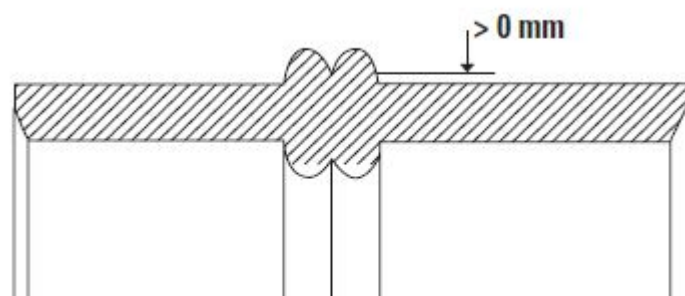


Imagen 8.4.3 Unión Ideal a testa

Posibles errores de montaje y sus consecuencias:

ERROR DE MONTAJE	CONSECUENCIA
Caras desalineadas entre tubería y accesorio	Superficie de fusión irregular con posibilidad de rotura. Unión no válida
Tiempo de Calentamiento Insuficiente	Material de la zona de la unión frío, fusión de las partes incompleta. Posibilidad de rotura. Unión no válida
Tiempo de calentamiento excesivo	El material puede degradarse y no llegará a unirse correctamente. El material sobre-fundido se puede derramar por el interior de la tubería accesorio
Fuerza de unión excesiva	Cordón de la soldadura irregular con borde no redondeados. Unión no válida
Fuerza de unión insuficiente	Cordón de soldadura con posibles huecos interiores. Puede ser no apreciable a simple vista
Placa calefactora sucia	Contaminación de las superficies a unir provocando la falta de unión
Temperatura de la placa calefactora inadecuada. (Alta o baja)	Falta de fusión entre las superficies a unir

Tabla 8.4 Errores y consecuencias de montaje unión a testa

8.5 Unión bridada

Las salidas del sistema de tuberías de PB a elementos comerciales en diámetros grandes pueden hacerse mediante uniones bridadas normalizadas.

Las uniones bridadas son muy sensibles los esfuerzos tangenciales y a los soberaprietes sobre la portabrida. Es importante, por tanto, asegurarse de la correcta instalación de la unión bridada, así como su sujeción de forma que no reciba otras tensiones de la instalación aparte de las propias hidráulicas de la misma.

Herramientas necesarias para la instalación:

Conjunto de brida, portabridas y junta suministradas por Nueva Terrain
Tornillería recomendada
Llave fija (dinamométrica)

Personal apto para realizar la unión:

Las uniones deben ser realizadas por personal formado en fontanería y con suficiente experiencia en el montaje de uniones bridadas con elementos plásticos.



Imagen 8.5 Unión bridada

Parámetros de la unión bridada:

Diámetro de la unión	Par de apriete (N/m)	Nº de tornillos	Métrica de los tornillos
63	30	4	M16x80
75	35	4	M16x90
90	40	8	M16x100
110	45	8	M16x100
125	50	8	M16x100
160	55	8	M20x140

Tabla 8.5 parámetros de unión bridada

Datos de la junta:

Diámetro de la unión	D exterior (mm)	D interior (mm)	Espesor (mm)	D del toro (mm)
63	107	63	4	5
75	127	75	4	5
90	142	90	4	5
110	162	110	5	6
125	162	123	5	6
160	218	132	6	8

Tabla 8.5.1 Datos de la junta

Datos de la brida:

Diámetro de la unión	D exterior (mm)	D interior (mm)	Espesor (mm)	D centro agujeros	Nº de tornillos
63	171	78	20	125	4
75	191	92	21	145	4
90	206	110	21	160	8
110	226	133	22	180	8
125	226	133	22	180	8
160	296	188	27	240	8

Dimensiones de brida y junta según norma DIN 2501 PN10

Tabla 8.5.2 Datos de la brida

8.6 Uniones de transición

Las instalaciones de fontanería y calefacción requieren la inclusión de elementos externos al sistema de tuberías, como pueden ser grifos, bombas de impulsión, contadores etc... Normalmente estos elementos externos se conectan con uniones roscadas o uniones bridadas, por lo que el sistema de tuberías y accesorios debe ofrecer la posibilidad de acometer este tipo de uniones.

Instrucciones de montaje:

- Los accesorios con rosca metálica se instalarán aplicando teflón en los hilos de la rosca y roscando la unión hasta apretarlas firmemente pero sin forzar los elementos.
- Los accesorios con rosca macho de plástico se instalarán aplicando teflón (nunca aplicar estopa)
- Los accesorios con rosca hembra de plástico se instalarán SIN aplicar teflón ni estopa, ya que tienen incluida una junta que hace la estanquidad. Asegurarse de que la longitud de rosca macho es suficientemente larga como para que llegue al fondo y se logre la estanquidad con la junta.

Se utilizará el par de apriete recomendado en la siguiente tabla:

Rosca	Par (N/m)
½" BSP	4
¾" BSP	6
1" BSP	6

Tabla 8.6 Par de apriete recomendado

Accesorios de transición roscadas diámetros grandes :

Como alternativa a las uniones bridadas en los diámetros 63, 75 y 90 mm, ofrece la unión a salida roscada, que resulta más sencilla, menos sensible a la estricta conformidad de la unión, además de funcionar como unión desmontable y tuerca de unión.

La unión consiste en una Tuerca-contratuerca desmontable que ofrece muchas ventajas respecto a la unión bridada clásica.

Unión directa a tubería de cobre:

Algunos diámetros son compatibles con los de las tuberías de cobre (15, 22 y 28mm). La unión directa a estas tuberías sólo se podrá realizar asegurando el correcto biselado de los tubos, la compatibilidad dimensional y la ductilidad suficiente de la calidad de cobre para el agarre del anillo de retención.

Sin embargo se recomienda el uso de accesorios de transición roscados para acometer las uniones entre diferentes materiales.

9 Pruebas de estanqueidad

- Llenar de agua el circuito.
- Purgar bien por las zonas altas del circuito para que no existan burbujas de aire y creen una sobrepresión.
- Si hay una diferencia de temperaturas considerable ($>10^{\circ}\text{C}$) entre el agua de la red y la temperatura ambiente, se recomienda esperar al menos 30 minutos para que se llegue a un equilibrio térmico y así evitar cambios de presión en el circuito debido a dilataciones.
- Subir la presión a 7 bar durante medio minuto para que el anillo de retención se clave en el tubo de PB.
- Continuar subiendo la presión hasta llegar a 20 bar, dejando esta presión durante 10 minutos para detectar posibles uniones erróneas.
- Bajar la presión a 1 bar durante 5 minutos y subir de nuevo la presión hasta 20 bar durante otros 10 minutos, para probar la unión en sollicitación dinámica de presión cíclica. Repetir una vez más esta operación y dejar la presión a 20 bares durante 60 minutos.
- Bajar la presión a 3 bares para comprobar la estanqueidad de las uniones. La prueba de presión sería conseguida con éxito si la presión después de 90 minutos se mantiene a ≥ 3 bares. Al contrario, si durante este tiempo la presión disminuyera sería indicativo de la existencia de alguna fuga.

La realización de la prueba de presión es una garantía de instalación bien montada. Sin embargo, el correcto marcado de las uniones y aseguramiento de la correcta penetración del tubo en el accesorio es el complemento indispensable para la seguridad de una instalación conforme. Un accesorio mal montado y “agarrado” en la punta del tubo puede aguantar la prueba de presión y salir luego en las sollicitaciones dinámicas de la instalación.

9.1 Hoja de registro de instalación y prueba

DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN
Instalación: _____
Localización: _____
Circuito: _____
Instaladora: _____

CHECK-LIST DE LA CONFORMIDAD DE UNIONES
¿Marcado de profundidad de todas las uniones? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
¿Manipulación o reuso de accesorios o uniones? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
¿Limpieza de todas las uniones de fusión? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
¿Respeto parámetros uniones de fusión? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>

CONDICIONES DE LAS PRUEBA
¿Purgado? SI <input type="checkbox"/> Temperatura: _____ °C Fecha: ____/____/____

PROTOCOLO Y REGISTRO DE PRUEBA		
Presión anclaje:	7 bares - 1 minuto	<input type="checkbox"/>
Presión inicial:	20 bares - 10 minutos	<input type="checkbox"/> Presión final: ____ bares
Presión relajación:	7 bares - 1 minuto	<input type="checkbox"/>
Presión pulsión 1:	20 bares - 10 minutos	<input type="checkbox"/> Presión final: ____ bares
Presión relajación:	1bares - 5 minutos	<input type="checkbox"/>
Presión prueba:	20 bares - 60 minutos	<input type="checkbox"/> Presión final: ____ bares
Presión trabajo:	3 bares - 90 minutos	<input type="checkbox"/>

Fecha: _____	Nombre: _____	Firma: _____
--------------	---------------	--------------

10 Caudales y pérdidas

10.1 Dimensionado de la instalación

La llegada al punto de suministro del caudal y presión suficiente de agua dependerá del correcto diseño de la instalación de tuberías, la altura geodésica así como de la presión que se reciba de la red de abastecimiento. El dimensionado de la red de tuberías es un problema complejo que debe tener en cuenta varias bases y parámetros de cálculo, así como complejas ecuaciones hidráulicas, que simulan el flujo de la instalación. Los parámetros y cálculos necesarios para el diseño de una instalación se pueden resumir en:

- Caudal necesario por tramo, basado en la demanda de cada aparato y la aplicación del coeficiente de simultaneidad de uso de la instalación.
- Velocidad de circulación del fluido, que deberá seleccionarse por el calculista previendo la posible asociación de problemas a una velocidad alta, tales como golpes de ariete o generación de ruidos. En ese sentido, el tubo de PB, por ser el más elástico del mercado es el material que mejor acepta el incremento de velocidad circulante.
- Presión de suministro de agua de la red a la entrada de la instalación.
- Presión mínima exigible de llegada a cada aparato o punto de consumo.
- Cálculo de las pérdidas de carga de la instalación, una vez determinados los diámetros que satisfagan los caudales y velocidades de fluido definidos, y comprobación de que se cumplen las especificaciones de presión en los puntos de consumo.

Así, existen una serie de normas que definen el proceso de dimensionado y el cálculo de las pérdidas de carga de manera simplificada y objetiva, utilizando los principios hidrodinámicos, así como la propia experiencia de las instalaciones. Por citar, las más relevantes, tendremos:

- UNE EN 806-3: Especificaciones para instalaciones de conducción de agua destinada al consumo humano en el interior de edificios. Dimensionado de tuberías. Método simplificado.
- UNE 149201: Dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano dentro de edificios.
- ISO/TR 10501 – UNE 53959: Tubos y accesorios de material termoplástico para la conducción de líquidos a presión. Cálculo de pérdida de carga.
- CTE DB HS4: Suministro de agua – Apdo. 4: Dimensionado El problema de dimensionado, descrito en las normas referenciadas, está suficientemente resuelto, incluso mediante programas informáticos que automatizan el cálculo.

10.2 Pérdida de carga de la tubería

en el anexo de la norma ISO/TR 10501 se encontrarán las tablas necesarias para calcular las pérdidas de carga de las tuberías con las características allí detalladas.

10.3 Pérdidas de carga localizadas

Las pérdidas de carga debidas a los accesorios que componen el sistema de tuberías se calculan mediante la aplicación de un coeficiente multiplicador universal definido para cada figura o geometría según la fórmula siguiente, que tiene en cuenta evidentemente la velocidad media del agua transportada. La fórmula de cálculo utilizada es la propuesta en la norma ISO/TR 10501:

$$\Delta P = \frac{100 \xi V^2}{2g}$$

Donde:

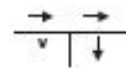





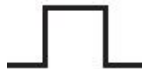
ΔP Es la pérdida de presión localizada expresada en mbar

v Es el coeficiente de pérdida adimensional de cada accesorio

ξ Es la velocidad del fluido expresada en m/s

g Es la aceleración de la gravedad: 9,8 m/s²

A continuación se dan los valores de ξ para cada accesorio, base del cálculo explicado.

Accesorio N°	Tipo de accesorio	Coficiente	Símbolo Gráfico
1	T divergente	1,3	
2	T concurrente	0,9	
3	Salida del colector	0,5	
4	Entrada a colector	1,0	
5	Codo o curva	0,7	
6	Reducción	0,4	
7	Lira de dilatación	1,0	


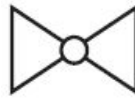

8	Válvulas de asiento recto	Ø15 Ø16 Ø20 Ø22	
9	Válvulas de bola	Ø15 Ø22 Ø25 Ø28 Ø32	
10	Válvulas de escuadra	Ø15	

Tabla 10.3 Coeficiente de pérdida de los diferentes accesorios

Los cálculos y valores arriba expresados para las pérdidas de carga en la tubería lo son para agua a 20° C como fluido conducido. Las pérdidas de presión son, sin embargo dependientes de la temperatura del fluido conducido, puesto que a mayor temperatura la viscosidad cinemática del fluido es menor y por tanto la fricción y pérdidas de carga también se reducen. Aunque el valor del coeficiente corrector tiene una pequeña dependencia del régimen hidráulico en el que se encuentre el flujo, en función del nº de Reynolds que lo caracteriza, se pueden aceptar como fijos los valores según la siguiente tabla:

T (°C)	0	5	10	15	20	25	30	35
kt	1,123	1,087	1,055	1,027	1,000	0,977	0,956	0,937
T (°C)	40	45	50	60	70	80	90	100
kt	0,918	0,903	0,886	0,858	0,834	0,813	0,793	0,776

Tabla 10.3.1 corrección por temperatura

Las pérdidas a una temperatura t, ΔP_T , por tanto, se calcularán con referencia a las pérdidas a 20° C (J_0), multiplicadas por el factor corrector de la tabla superior.

Si se quiere calcular la pérdida de carga para la conducción de un líquido distinto del agua, se debe conocer la viscosidad cinemática del mismo, a la temperatura de proyecto, aplicándose la siguiente fórmula que relaciona las pérdidas del fluido a calcular con las del agua a 20° C.

$$\Delta P_x = J_0 (v_x / v_w)^b$$

Donde:

ΔP_x Es la pérdida de carga unitaria para un líquido dado.

J_0 Es la pérdida de carga unitaria para el agua a 20° C

ν_x Es la viscosidad dinámica de un líquido dado a la temperatura de proyecto.

ν_w Es la viscosidad dinámica del agua a 20° C

El exponente b es función del tipo de régimen hidráulico del fluido, según el valor del nº de Reynolds que lo caracteriza:

Si el nº de Reynolds es: $4 \times 10^3 \leq Re \leq 1,5 \times 10^5 \rightarrow b = 0,24$

Si el nº de Reynolds es: $1,5 \times 10^5 \leq Re \leq 1 \times 10^6 \rightarrow b = 0,20$

11 Dilatación, compensación y abrazaderas

La compensación de dilataciones para evitar los problemas asociados a las mismas en las instalaciones de agua caliente y calefacción es una de las cuestiones básicas en el proyecto de instalaciones. Las soluciones son diversas y dependen de cada instalación. En este capítulo exponemos las soluciones constructivas que de nuestra experiencia podemos aportar.

Los movimientos térmicos que se producen en las instalaciones de tuberías, el propio peso y presión hidráulica de las mismas, así como la actuación sobre elementos de control como válvulas y similares, derivan esfuerzos sobre las instalaciones que deben ser tenidas en cuenta en la fase de diseño, con el objeto de evitar daño sobre las mismas.

11.1 Dilatación y compensación

Una característica general de todos los sólidos es que se dilatan, en mayor o menor cantidad, cuando aumentan su temperatura y se contraen cuando esta disminuye. Así una barra de cualquier material que tenga una longitud inicial L_0 sufre un alargamiento ΔL al subir su temperatura en ΔT °C. La constante característica de cada material que relaciona esas cantidades es el denominado coeficiente de dilatación térmica lineal, α , de modo que:

$$\Delta L = \alpha * L_0 * \Delta T$$

ΔL es el incremento de longitud en mm

- L** es la longitud inicial en m
 α es el coeficiente de dilatación térmico en mm/m °K
 ΔT es el incremento de temperatura en °K (=en °C)

EN EL ANEXO 3. SE DETALLA PARA EL PB DE FORMA MAS DETALLADA MEDIANTE UNA GRÁFICA.

11.2 Dilataciones y esfuerzos en distintos materiales

Según lo mencionado en el apartado anterior, los esfuerzos que se generan en las instalaciones por las dilataciones de las tuberías son dependientes del coeficiente de dilatación y del módulo elástico del material de las tuberías. El módulo elástico o de Young es precisamente el factor que relaciona el esfuerzo con el alargamiento, según la siguiente ecuación:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F/S}{\Delta L/L}$$

Donde:

- E** Es el módulo de elasticidad longitudinal. (MPa)
 σ Es la tensión sobre la sección transversal del tubo (MPa)
 ε Es la deformación unitaria del tubo
F Es la fuerza ejercida en (N)
S Es la superficie donde se aplica la fuerza en (mm²)
 ΔL Incremento de longitud en (m)
L Longitud en (m)

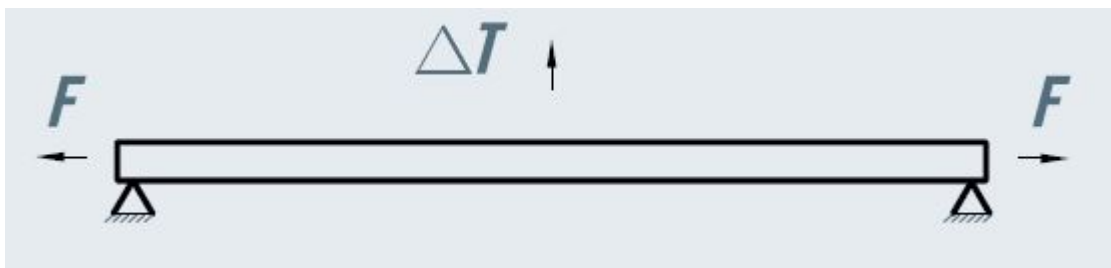


imagen 11.2 cálculo de la elasticidad

Así, en el caso de dilatación de una tubería entre dos puntos, el esfuerzo que se produce en los anclajes viene definido por la propia ecuación, al querer el tubo dilatar longitudinalmente, pero no permitiéndose los puntos fijos y no poder flexionar lateralmente. Desarrollando las ecuaciones anteriores se obtiene la fórmula que relaciona la fuerza transmitida a los anclajes en un tubo por un incremento de temperatura T :

$$\sigma = E * \Delta L \rightarrow F = E * \Delta L * S = E * \alpha * \Delta T * S$$

Donde

F es la fuerza que se genera sobre los apoyos (N)

α es el coeficiente de dilatación térmica lineal (mm/m °K) \rightarrow 0.13 para el PB

ΔT es el incremento de la temperatura (°K)

S es la sección del espesor de la tubería (mm²)

Material	E (Mpa)	α (mm/m k)	D (mm)	e (mm)	F (N)
PB	450	0,13	25	2,3	480
PEX	950	0,20	25	2,8	2245
PP	900	0,15	25	3,5	1595
PVC-C	3500	0,08	25	2,8	2734
Acero	210000	0,012	26,9	2,65	25437
Cu	120000	0,018	22	1.2	8468

Tabla 11.2 comparación de distintas tuberías comerciales

11.3 Técnicas de instalación

Existen diferentes tipos o métodos de instalación para corregir tanto los esfuerzos como el efecto estético de las dilataciones producidas en una instalación. La elección de un tipo u otro dependerá de la situación y posibilidades constructivas, así como de los diámetros de cada tramo y los esfuerzos que se prevean.

Básicamente, existen dos diferentes métodos de instalación, que a su vez pueden dividirse según la forma de aplicación, y que se detallan en la norma ENV 12108 de prácticas recomendadas:

- Los que permiten dilatación “longitudinal” de la tubería (brazo de flexión o lira). Este método no produce efecto estético negativo pero hay que ser muy cuidadoso en la selección y ejecución de los puntos fijos (sólo uno en caso del brazo) y/o abrazaderas deslizantes para orientar la dilatación. Además es necesario contar con el espacio necesario para alojar las liras o brazos de flexión.
- Los que no permiten dilatación lineal de la tubería: la dilatación se manifiesta bien mediante curvatura o “serpenteo” de la tubería, o bien corrigiéndola mediante medias cañas o soportes continuos que provoquen la dilatación en diámetro de la tubería y compresión de la misma.

11.4 Colocación de los puntos de anclaje

Se permite la dilatación longitudinal de la tubería, mediante la ejecución de un solo punto fijo en el tramo que se estudia y la libre dilatación del extremo opuesto mediante brazo de dilatación o lira.

La selección y colocación de los puntos de anclaje se utiliza para direccionar y limitar la proporción de la dilatación térmica. Los puntos de anclaje o fijos pueden colocarse de forma que las variaciones de longitud por efectos de la temperatura puedan repartirse en diferentes direcciones.

Los puntos de anclaje o puntos fijos deben realizarse con abrazaderas adecuadas que sean capaces de impedir el movimiento de la tubería y a su vez no dañarla. Se recomienda el uso de abrazaderas con junta de goma bien apretadas.

11.5 Cálculo del brazo de flexión

Este método consiste en prever espacio para dejar un brazo de flexión que permita dilatar a la tubería. Las abrazaderas guía deben por tanto permitir el movimiento de dilatación de la tubería de tal forma que el brazo de flexión se produzca donde hemos previsto. A continuación se explica como calcular los brazos de flexión.

$$BF = C * \sqrt{\Delta L * \phi}$$

Donde: La constante **C** depende del material del tubo: C = 10 para el PB
C = 20 para el PP – R
C = 34 para el PVC - C
C = 12 para el PEX

ΔL = Incremento de la longitud por variación de la temperatura (mm)

\emptyset = Diámetro exterior de la tubería

Ejemplo de cálculo del brazo de flexión:

Datos de partida:

- Longitud de la tubería(L_0) = 10 m
- Incremento de temperatura(ΔT)= 50°C
- Diámetro del tubo(\emptyset)= 40 mm
- Coeficiente de dilatación térmica del PB: 0.13 mm/m °K

Primero se calcula el incremento de longitud que presenta la tubería al aumentar su temperatura 50 °C utilizando la fórmula explicada.

$$\Delta L = \alpha * L_0 * \Delta T = 0.13 * 10 * 50 = 65 \text{ mm}$$

Aplicando la fórmula del brazo de flexión:

$$Bf = C \sqrt{\Delta L * \phi} = 10 \sqrt{(65 * 40)} = 509,9 \text{ mm}$$

En el caso anterior de un tubo de 10 m con un diámetro de 40mm y una variación térmica de 50° C los brazos de flexión requeridos para distintos materiales son de:



Gráfico 11.5 valores de brazo de flexión obtenidos por distintos fabricantes

11.6 Cálculo de la longitud de lira

Las liras se intercalan en la instalación cuando no es posible utilizar brazos de flexión. Esta técnica consiste en interrumpir los tramos rectos de tubería que dilatan intercalando un brazo de flexión artificial.

Para que la lira funcione correctamente es imprescindible que las abrazaderas deslizantes permitan que la tubería deslice a través de ellas desde los puntos fijos hacia la lira.

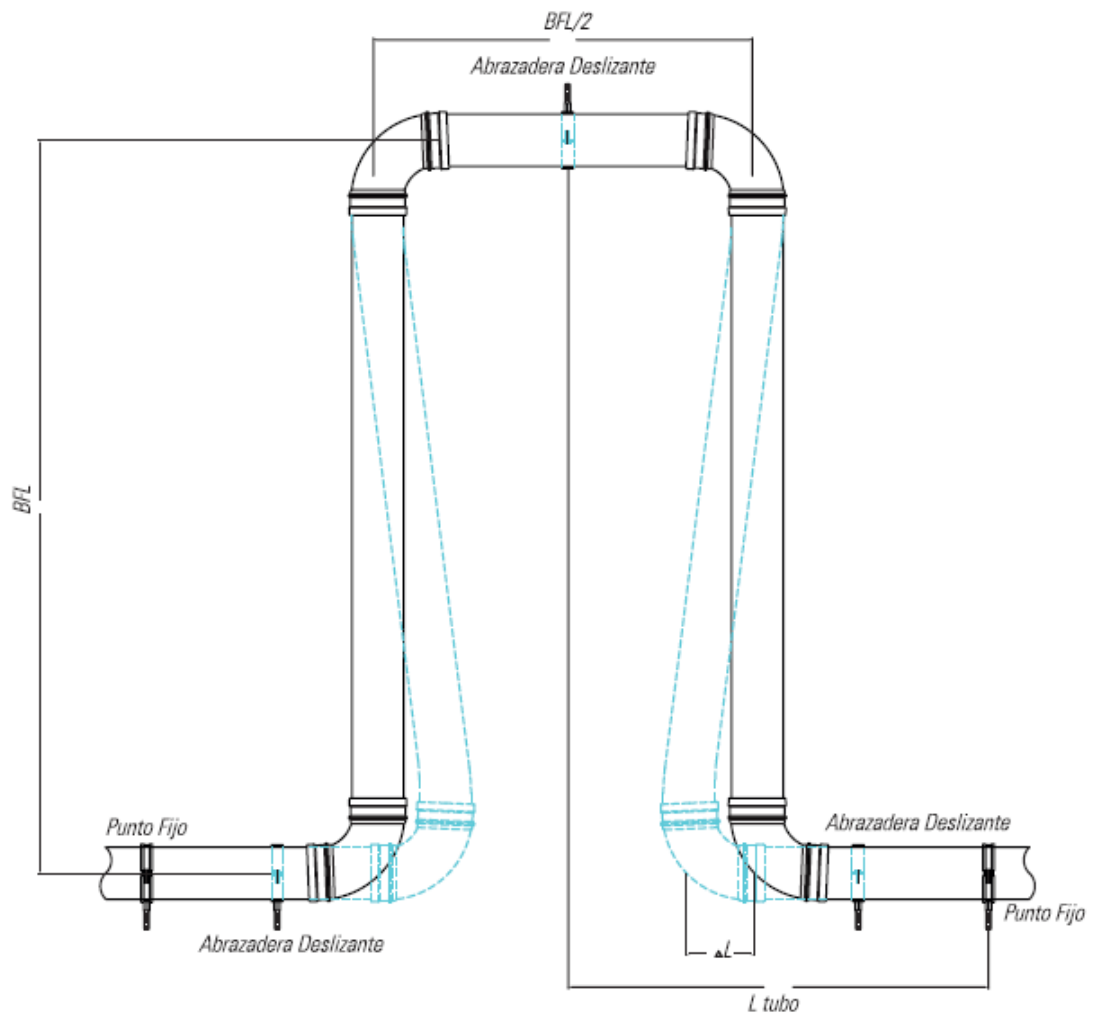


Imagen 11.6 ejemplo de una Lira de dilatación

Cálculo de la lira: El cálculo de la lira es similar al del brazo de flexión.

$$BF = C * \sqrt{\Delta L * \phi}$$

Por tanto, la longitud de lira total será:

$$L_{total} = BF_L + BF_{L2} + BF_L$$

Se recomienda que para el diseño del bucle de dilatación el brazo perpendicular tenga el doble de longitud que el paralelo, tal y como se muestra en el dibujo.

En el caso de que la lira no se coloque en la mitad del tramo de tubería, se utilizará el tramo más largo para calcular el incremento de longitud por dilatación.

Ejemplo de cálculo:

Supongamos que tenemos un tramo recto de tubería de D40 mm y 15 m de longitud situada entre 2 puntos fijos:

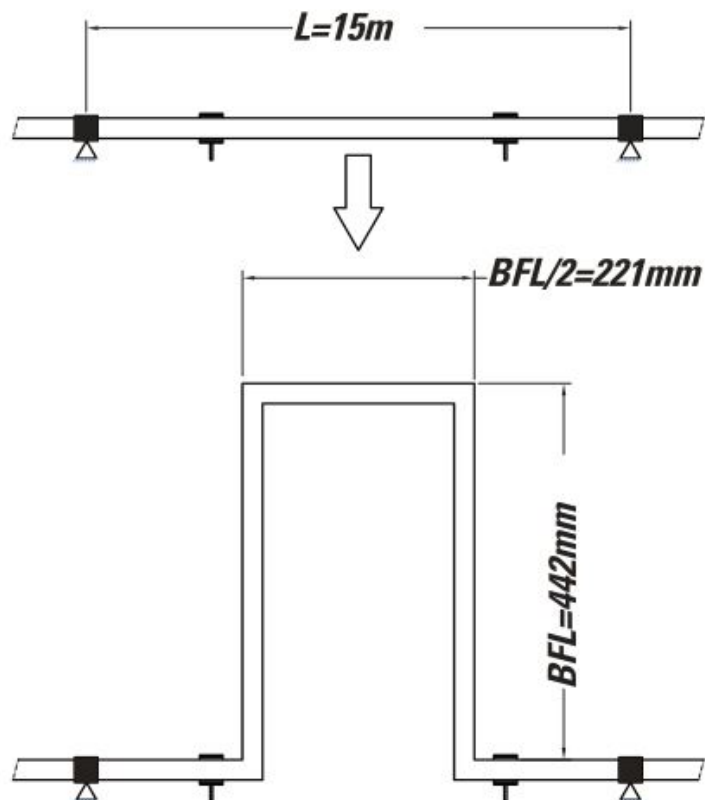


Imagen 11.6.1 ejemplo de cálculo una Lira de dilatación

Primero calculamos el incremento de longitud de cada tramo debido a la dilatación (ΔL) suponiendo que colocamos la lira en la mitad del tramo de tubería.

$$\Delta L = \alpha * L_0 * \Delta T = 0,13 * 7,5 * 50 = 48,75mm$$

A continuación se calcula en BFL:

$$\Delta L = \alpha * L_0 * \Delta T = 0,13 * 7,5 * 50 = 48,75mm$$

En el caso de situar la lira descentrada en el tramo de tubería, los cálculos se realizarán con la longitud del tramo más largo.

Ejemplos de absorción de dilataciones utilizando brazos de flexión y liras:

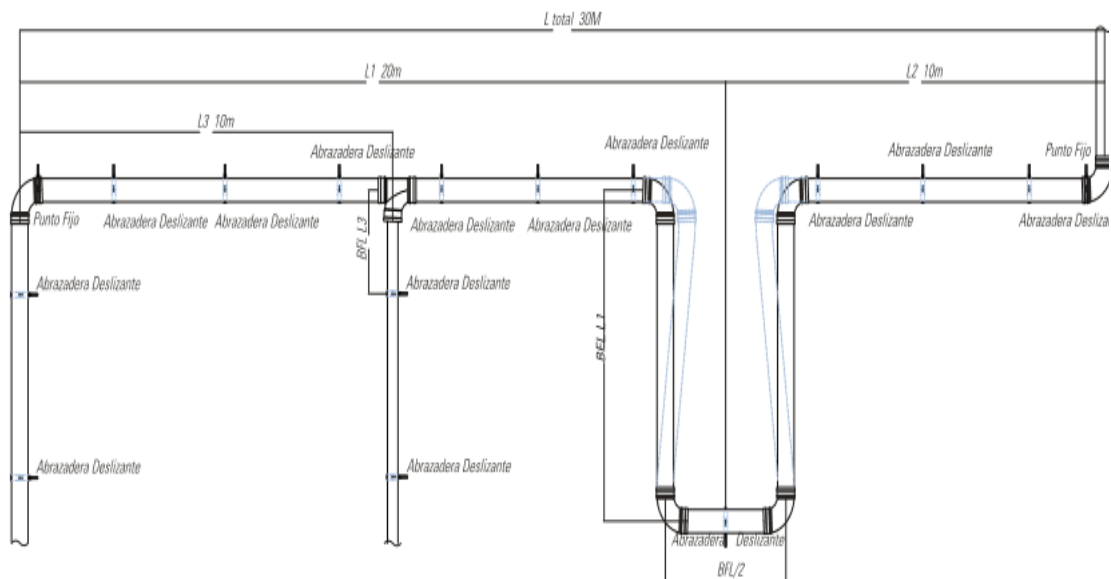


imagen 11.6.2 ejemplo completo, brazo de flexión y lira de dilatación

$$\Delta L(BF_{L3}) = \alpha * L_0 * \Delta T = 0,13 * 10 * 50 = 65 mm$$

$$\Delta L(BF_{L3}) = \alpha * L_0 * \Delta T = 0,13 * 20 * 50 = 130 mm$$

Suponemos el incremento de temperatura 50°C

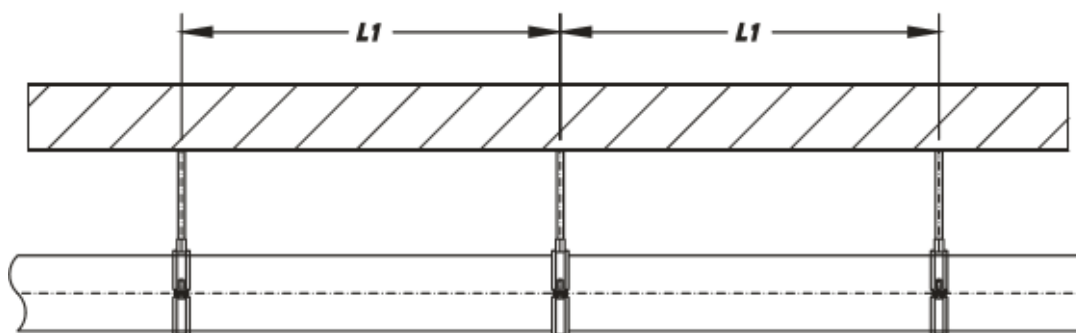
$$BF_{L1} = C\sqrt{\Delta L * \phi} = 10\sqrt{(130 * 90)} = 1081,66mm$$

$$BF_{L3} = C\sqrt{\Delta L * \phi} = 10\sqrt{(65 * 40)} = 509,9mm$$

11.7 Instalación de abrazaderas y sujeción

Instalación de abrazaderas para instalaciones que permiten la variación de longitud de las tuberías.

A continuación se indican las distancias recomendadas para colocar las abrazaderas deslizantes y evitar la curvatura de la tubería por dilatación, permitiendo que el incremento de longitud se transmita a los brazos de flexión y liras



Diámetro (mm)	Agua fría L1 (mm)	Agua caliente(60-70°C) L1 (mm)
16mm	750	400
20/22mm	800	500
25/28mm	850	600
32mm	1000	650
40mm	1100	800
50mm	1250	1000
63mm	1400	1100
75mm	1500	1200
90mm	1650	1300
110mm	1900	1600

Tabla 11.6 distancia entre abrazaderas para tuberías de PB

Para la instalación vertical se multiplicará por 1,3

12 Aislamiento térmico de tuberías

Todo fluido que circula por una tubería intercambia calor con ella y esta a su vez intercambia calor con el ambiente. La cantidad de calor que se intercambia generalmente se expresa en Vatios por metro de tubería (W/m) y depende de varios factores:

- Temperatura del fluido
- Temperatura externa del aire (en general condiciones exteriores)
- Caudal transportado
- Conductividad térmica del material de la tubería y del aislante
- Diámetro de la tubería y del aislante
- Espesor de tubería y capa de aislante

En la mayoría de las situaciones, es necesario aislar térmicamente las tuberías para conseguir un suministro adecuado con las mínimas pérdidas de energía. En cada instalación se debe calcular el espesor de aislante necesario para cumplir las exigencias en cuanto a eficiencia energética y calidad de suministro.

D exterior(mm)	Espesor (mm)	D interior (mm)	Potencia (kcal/h)	Potencia (kW)
15	1,7	11,6	7609	9
16	1,8	12,4	8695	10
20	2,3	15,4	13411	16
22	2,0	18,0	18321	21
25	2,3	20,4	23533	27
28	2,5	23,0	29913	35
32	2,9	26,2	38816	45
40	3,7	32,6	60096	70
50	4,6	40,8	9413	109
63	5,8	51,4	149395	173
75	6,8	61,4	213180	247
90	8,2	73,6	306313	354
110	10,0	90,0	458031	530
125	11,4	102,2	590624	683
160	14,6	130,8	967442	1119

Tabla 12 Potencias capaces de transportar por las tuberías de PB

Parámetros utilizados para los cálculos:

- Velocidad del fluido (agua): 1 m/s
- Salto térmico: 20 °C

La velocidad del fluido podría aumentarse hasta 2 m/s debido a la baja rugosidad de las superficies plásticas, lo que incrementaría el valor de potencia transportada.

Suministro de agua caliente y calefacción:

- Se recomienda aislar todas las tuberías por donde el fluido está circulando continuamente, como circuitos de calefacción y suministro de agua caliente con recirculación.
- Las tuberías de pequeño diámetro que no tienen fluido en movimiento continuamente no es necesario aislar, como por ejemplo las tuberías suministro de ACS hasta los grifos. Esto es posible debido a que el PB es un material aislante térmico.

Suministro de agua fría:

- En general se recomienda aislar las tuberías que transportan agua fría para evitar que esta se caliente hasta el punto donde pueda aparecer la legionela. Se tendrán en cuenta los posibles focos térmicos que pueden afectar a las conducciones.
- Respecto a las condensaciones, la tubería de PB no tiene problemas de condensación debido a condición de material aislante.

Congelación:

- Debido a la flexibilidad del PB, las tuberías son capaces de absorber elásticamente el aumento de volumen del hielo respecto al del agua líquida sin romperse, además el carácter aislante del PB hace que el agua en su interior pierda menos calor que en una tubería metálica, por lo que la congelación será más difícil.
- En este caso no se pueden dar unas recomendaciones generales, ya que todo dependerá del clima de la zona y del grado de exposición de las tuberías. En cada caso el proyectista deberá decidir si aísla o no las tuberías, teniendo en cuenta que aunque el material pueda aguantar sin romperse las congelaciones, estas suponen un corte en el suministro de agua, que en la mayoría de los casos es inadmisibles, por lo que se recomienda ser conservador.

13 Construcción sostenible y legislación

La necesidad de conversión del mercado hacia una construcción sostenible va a resultar una realidad independiente de motivaciones políticas y coyunturas económicas. La futura escasez de recursos, el legítimo acceso a nuevas comodidades de población hasta ahora en subdesarrollo, y la progresiva concienciación de los diferentes actores del mercado (vía legislación, vía económica o vía mercado) va a obligar a la selección de los materiales más adecuados para la construcción. En ese escenario, resulta evidente que los materiales que resulten óptimos para la aplicación, consuman menos recursos para su fabricación y tengan la posibilidad de reciclado serán los productos más recomendables.

14 Elementos de la instalación

A continuación se detallan brevemente los elementos de la instalación a la cual se le presupuestará el sistema de tuberías detallado durante todo este proyecto. La valvulería se intentará que sea del mismo material, pero también se acoplarán elementos de otros materiales.

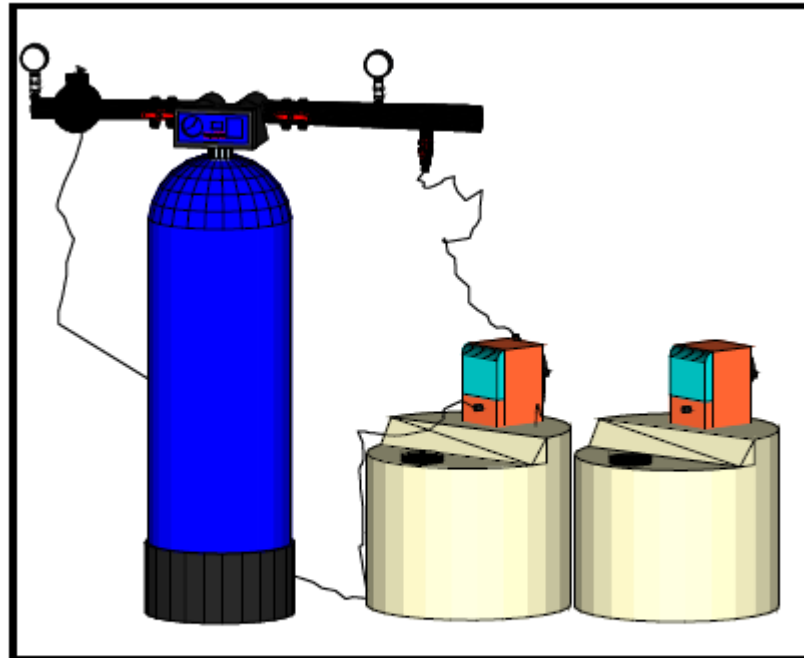


GRÁFICO 3D
FILTRO BICAPA Y TANQUES DE ADITIVOS
Escala: 1:30

Imagen 14 filtro bicapa y tanque de aditivos

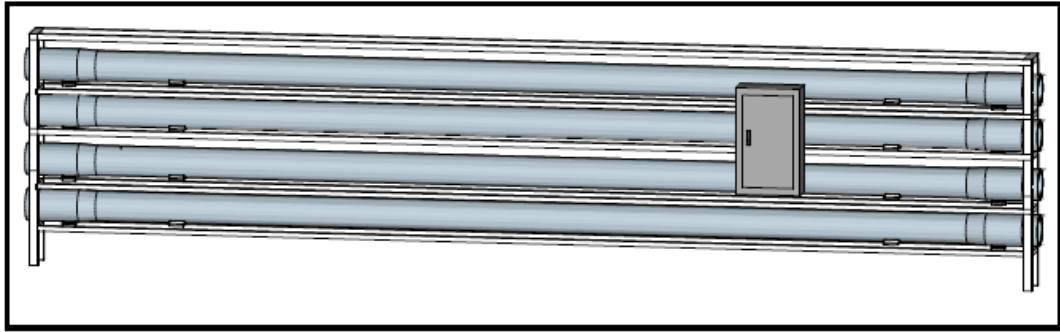


GRÁFICO 3D
CARCASA DE MEMBRANAS "CODELINE"
Escala: 1:30

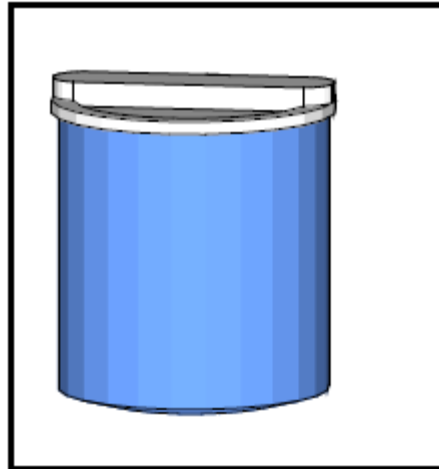
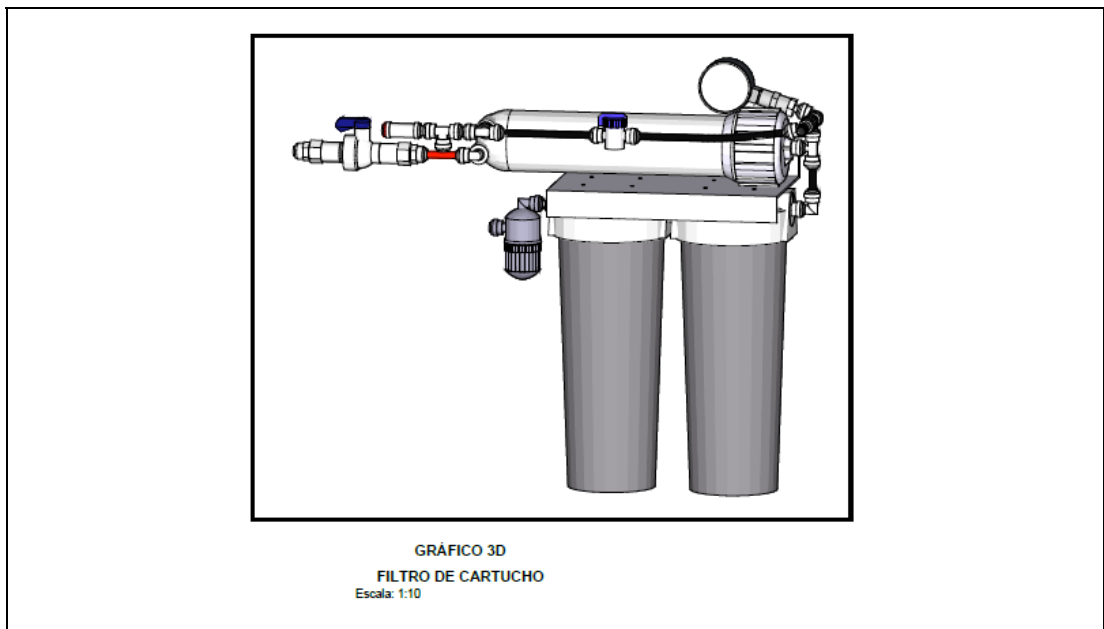
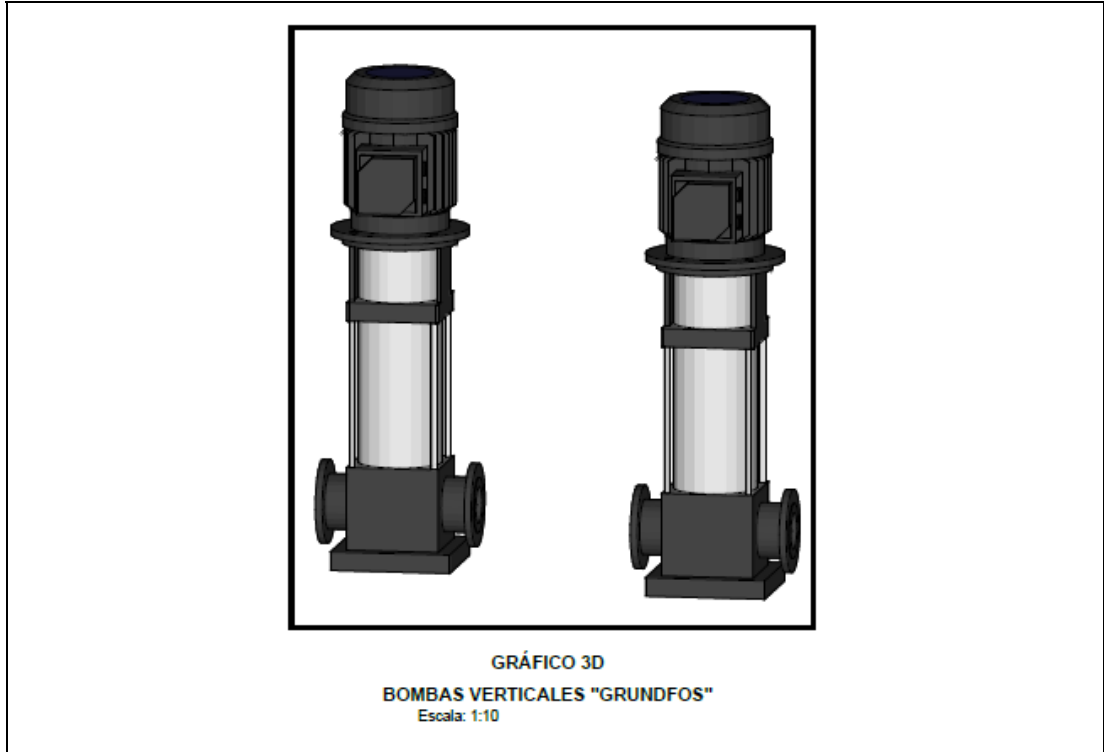


GRÁFICO 3D
TANQUE DE BARRIDO 500 Lts
Escala: 1:30





ANEXOS



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: SEPTIEMBRE 2015

AUTOR: Diego García Lema

Fdo.: Diego García Lema

Índice de contenidos:

15	ANEXOS.....	70
	15.2 Documentos anexos.....	72

15.2 Documentos anexos

Anexo 1: Curvas de regresión de varios materiales

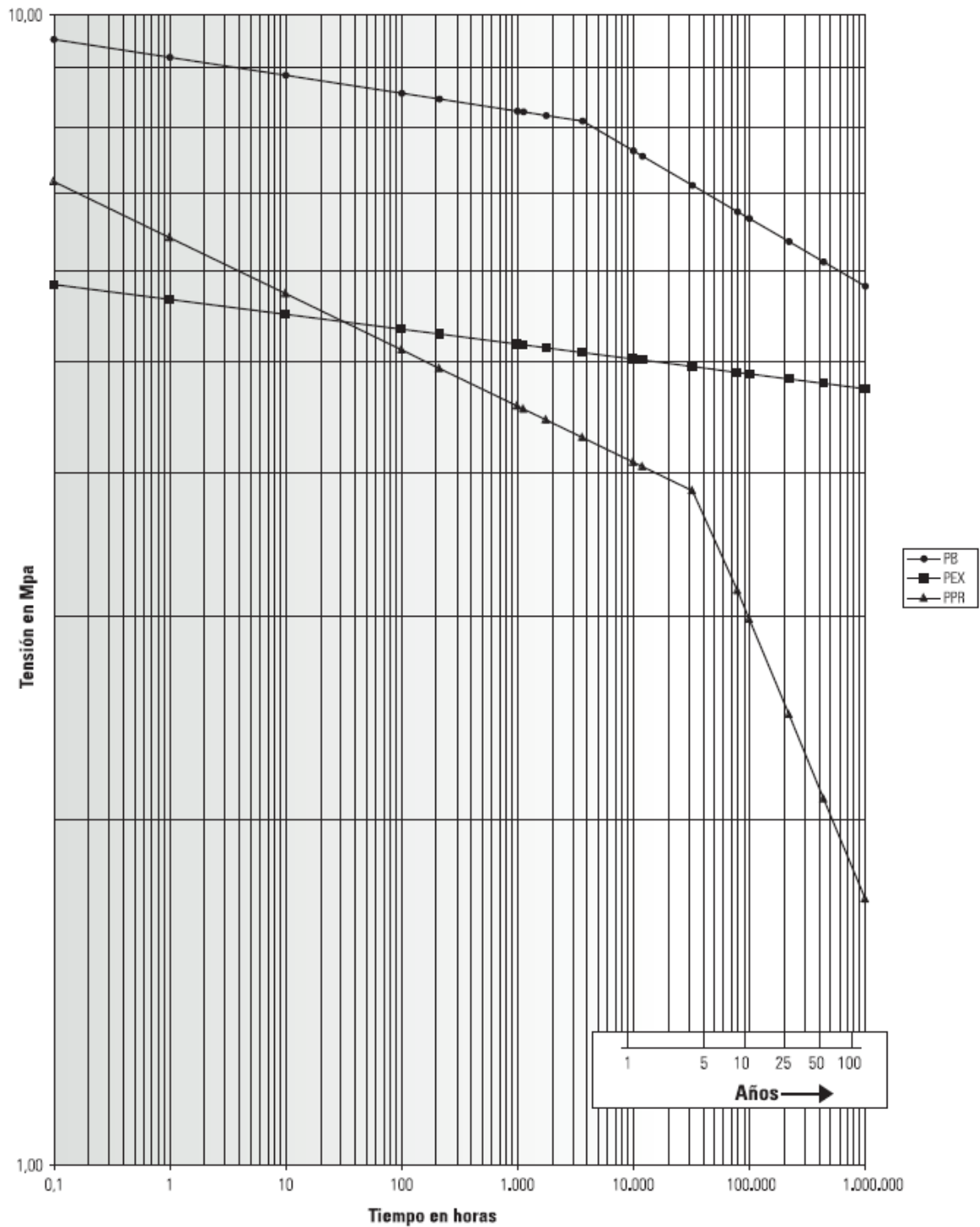


Imagen 15.2 curvas de regresión de diferentes materiales

Anexo 2 Tabla de resistencia de agentes químicos del PB

TABLA DE RESISTENCIA A AGENTES QUÍMICOS DEL PB					
ELEMENTO QUÍMICO	A TEMPERATURA		ELEMENTO QUÍMICO	A TEMPERATURA	
	23°C	60°C		23°C	60°C
Aceite bruto. Ácido	1	0	Ácido crómico 30%	2	2
Aceite bruto. Dulce	1	0	Ácido crómico 40%	2	-
Aceite de coco	2	2	Ácido crómico 50%	2	-
Aceite de grano de algodón	2	2	Ácido diglicólico	2	2
Aceite de hueso de fruta	2	2	Ácido Estearico	2	2
Aceite de linaza	2	2	Ácido Fluorbórico	2	2
Aceite de manteca	2	1	Ácido Fluorbórico 4%	2	2
Aceite de ricino	2	2	Ácido Fluorbórico 10%	2	2
Aceite de engrase	2	2	Ácido Fluorbórico 48%	2	2
Aceite minerales	1	0	Ácido Fluorbórico 60%	2	2
Aceite y grasas	2	2	Ácido Fluorsilícico	2	2
Acetaldehído	1	0	Ácido Fórmico	2	2
Acetato de amilo	2	-	Ácido Fosfórico 0-25%	2	2
Acetato de butilo	1	0	Ácido Fosfórico 25-50%	2	2
Acetato de etilo	1	0	Ácido Fosfórico 50-75%	2	1
Acetato de níquel	2	2	Ácido gálico	2	2
Acetato de plomo	2	2	Ácido glicoso	2	2
Acetato de sodio	2	2	Ácido hidro fluosilícico	2	2
Acetileno	1	0	Ácido hipocloroso	2	2
Acetona	2	2	Ácido láctico	2	2
Ácido Acético 0-10%	2	2	Ácido linoleico	2	1
Ácido Acético 10-20%	2	2	Ácido maeleico	2	2
Ácido Acético 20-30%	2	2	Ácido málico	2	2
Ácido Acético 30-60%	2	1	Ácido Metilsulfúrico	2	2
Ácido Acético 80%	2	-	Ácido nicotínico	2	2
Ácido Acético Glacial	1	0	Ácido nítrico 10%	1	0
Ácido Acético vapores	2	1	Ácido nítrico 20%	0	0

TABLA DE RESISTENCIA A AGENTES QUÍMICOS DEL PB					
ELEMENTO QUÍMICO	A TEMPERATURA		ELEMENTO QUÍMICO	A TEMPERATURA	
	23°C	60°C		23°C	60°C
Ácido adípico	2	1	Ácido nítrico 35%	0	0
Ácido antraquinon sulfónico	1	0	Ácido nítrico 40%	0	0
Ácido arsénico	2	2	Ácido nítrico 60%	0	0
Ácido benzoico	2	2	Ácido nítrico 68%	0	0
Ácido bórico	2	2	Ácido nítrico anhidro	0	0
Ácido bromhídrico 20%	2	2	Ácido oxálico	2	2
Ácido brómico	2	2	Ácido perclórico 10%	1	0
Ácido butírico	2	1	Ácido perclórico 70%	0	0
Ácido carbónico	2	2	Ácido pícrico	2	1
Ácido cianhídrico	2	2	Ácido selénico	2	2
Ácido cítrico	2	2	Ácido silícico	2	2
Ácido clorhídrico 0-25%	2	2	Ácido sulfúrico 0-10%	2	2
Ácido clorhídrico 25-40%	2	2	Ácido sulfúrico 10-30%	2	2
Ácido cloracético	0	0	Ácido sulfúrico 30-50%	2	2
Ácido clorosulfónico	2	0	Ácido sulfúrico 50-75%	1	0
Ácido cresílico 50%	2	0	Ácido sulfúrico 75-90%	1	0
Ácido crómico 10%	2	2	Ácido sulfúrico 95%	0	0
Ácido crómico 25%	2	2	Ácido sulfuroso	2	2
Ácido tartárico	1	2	Ácido tánico	2	2
Ácidos grasos	2	2	Benzoato de sodio	2	2
Ácido de bromo	2	0	Benzol	0	0
Ácido de cloro	2	2	Bicarbonato de potasio	2	2
Agua de bromo	1	0	Bicarbonato de sodio	2	2
Agua de cloro	2	2	Bicromato de potasio	1	2
Agua desmineralizada	2	2	Bifluoruro de amonio	2	2
Agua destilada	2	2	Bisulfato de sodio	2	2
Agua fresca	2	2	Bisulfato de calcio	2	2

TABLA DE RESISTENCIA A AGENTES QUÍMICOS DEL PB					
ELEMENTO QUÍMICO	A TEMPERATURA		ELEMENTO QUÍMICO	A TEMPERATURA	
	23°C	60°C		23°C	60°C
Agua oxigenada 50%	0	0	Bisulfito de carbono	0	0
Agua oxigenada 90%	0	0	Bisulfito de sodio	2	2
Agua regia	0	0	Bisulfito de potasio 1%	2	2
Agua salada	2	2	Bórax	2	2
Aguarrás	0	2	Bromato de potasio 10%	2	2
Alcohol alílico	2	2	Bromo líquido	0	0
Alcohol butílico	2	2	Bromuro de etileno	0	0
Alcohol de amilo	2	2	Bromuro de potasio	2	2
Alcohol de etilo 0-50%	2	2	Bromuro de sodio	2	2
Alcohol de etilo 50-98%	2	2	Butano	0	0
Alcohol isopropílico	2	2	Butanol primario	2	2
Alcohol metálico	2	2	Butanol secundario	2	2
Alcohol propílico	2	2	Carbonato de amonio	2	2
Alimentos en bolas para ganado-derivados de pescado	2	2	Carbonato de bario	2	2
			Carbonato de bismuto	2	2
Alumbre	1	0	Carbonato de calcio	2	2
Alumbre de cromo	2	2	Carbonato de magnesio	2	2
Amoniaco (gas seco)	2	2	Carbonato de potasio	-	-
Amoniaco (líquido)	2	1	Carbonato de sodio	2	2
Anhídrico acético	0	0	Cenizas de sosa	2	2
Anhídrico carbónico	2	2	Caseína	2	2
Anilina	1	1	Cellosolve	2	2
Antimoniato de sodio	2	2	Cerveza	2	2
Antraquinona	1	0	Cianuro de cobre	2	2
Arsénico de sodio	2	2	Cianuro de mercurio	2	2
Asfalto	2	2	Cianuro de plata	2	2
Azufre de cal	2	2	Cianuro de potasio	2	2

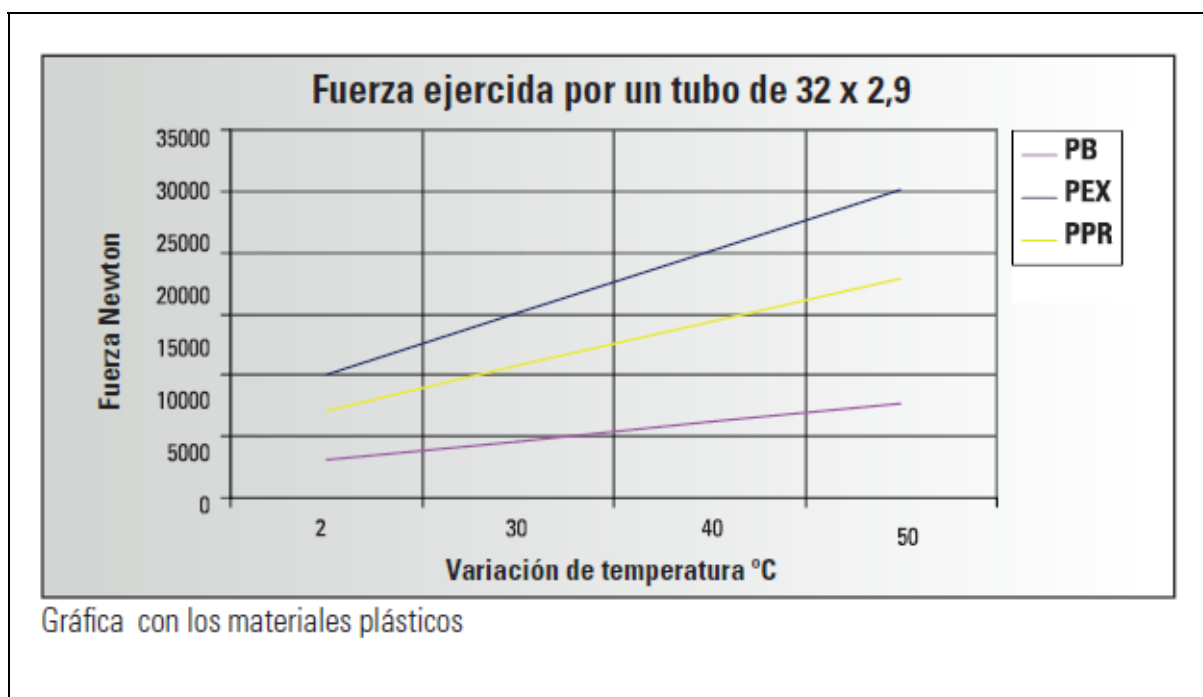
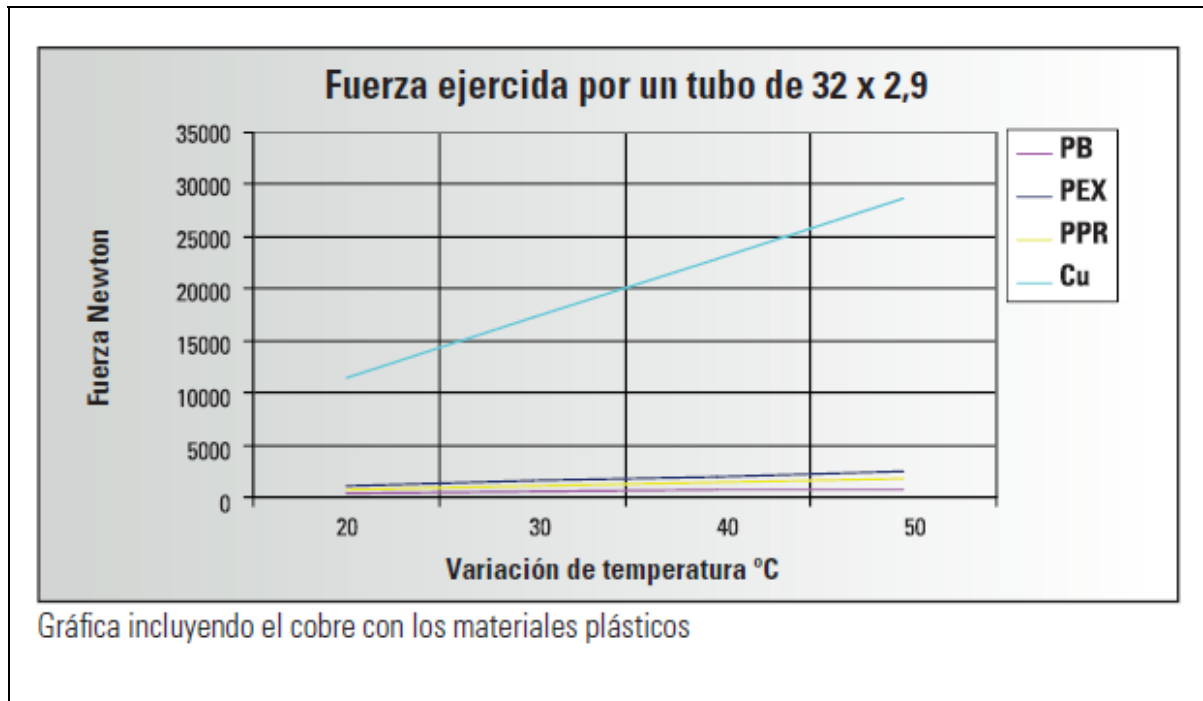
TABLA DE RESISTENCIA A AGENTES QUÍMICOS DEL PB					
ELEMENTO QUÍMICO	A TEMPERATURA		ELEMENTO QUÍMICO	A TEMPERATURA	
	23°C	60°C		23°C	60°C
Azúfre	-	-	Cianuro de sodio	2	2
Baño de coagulación	2	2	Cianuro de zinc	2	2
Beceno	0	0	Ciclohexanona	0	0
Benzaldehido	0	0	Cloruro de calcio	2	2
Cloruro de aluminio	2	2	Clorato de potasio	2	2
Cloruro de amilo	1	1	Clorato de sodio	2	2
Cloruro de amonio	2	2	Clohidrato de anilina	0	0
Cloruro de bario	2	2	Clorhídrica de etileno	0	0
Cloruro de calcio	2	2	Clorobenceno	0	0
Cloruro de cobre	2	2	Cloroformo	1	0
Cloruro de ladrillo	2	1	Cloruro de alilo	2	2
Cloruro de magnesio	2	2	Fosfato de amonio	2	2
Cloruro de mercurio	2	1	Fosfato de amonio neutro	2	2
Cloruro de metileno	0	0	Fosfato disódico	2	2
Cloruro de níquel	2	2	Fosfato trisódico	2	2
Cloruro de potasio	2	2	Fosfuro de hidrógeno	2	2
Cloruro de sodio	2	2	Freon 12	2	2
Cloruro de tionilo	2	2	Fructosa	2	2
Cloruro estañoso	2	2	Ftato de hidrogeno	1	0
Cloruro estannico	2	2	Fuel oil contenido h2so4	0	0
Cloruro férrico	2	2	Gas ciudad	2	1
Cloruro ferroso	2	2	Gas de cloro (húmedo)	0	0
Comestibles lácteos	2	2	Gas de cloro (seco)	0	0
melazas, aceites de ensalada	2	2	Gas de horno COK	2	1
Cresol	0	0	Gas natural (húmedo)	2	1
Cromato de potasio 40%	2	2	Gas natural (seco)	2	1
cromato de zinc	2	2	Gasolina (bruta)	0	0

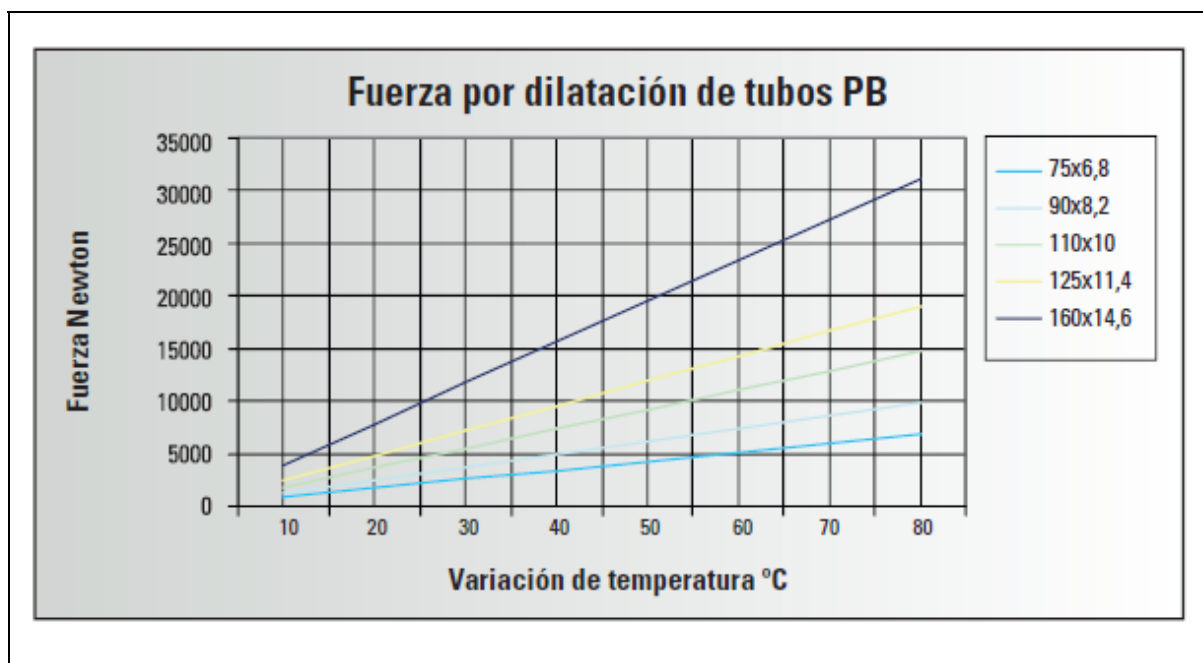
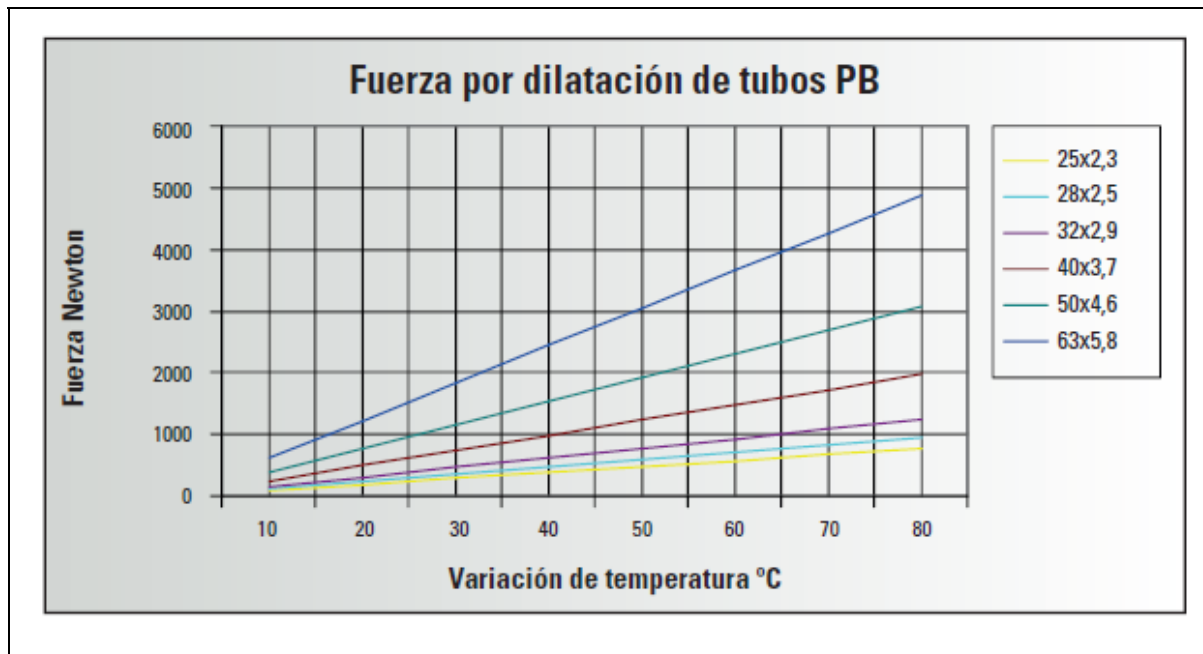
TABLA DE RESISTENCIA A AGENTES QUÍMICOS DEL PB					
ELEMENTO QUÍMICO	A TEMPERATURA		ELEMENTO QUÍMICO	A TEMPERATURA	
	23°C	60°C		23°C	60°C
Cuprocianuros de potasio	2	2	Gasolina refinada	0	0
Dextrina	2	2	Gasolina blanca	0	0
Dextrosa	2	2	Gelatina	2	2
Dicloroetileno	2	2	Glicerina	2	2
Dicromato de potasio 40%	2	2	Glicol	2	2
Dicromato de sodio	2	2	Glico de etileno	2	2
Dimetalamina	0	0	Glucosa	2	2
Eter etílico	1	0	Heptano	0	0
Éteres	0	0	Hexano	0	0
Fenol	2	1	Hexano terciario	2	2
Ferricianuro de potasio	2	2	Hidreato de cloral	0	0
Ferricianuro de sodio	2	2	Hidrocloreuro de anilina	0	0
Ferrocianuro de sodio	2	2	Hidrógeno	2	2
Fluor gaseoso- seco	1	0	Hidroquinona	2	2
Fluoruro de aluminio	2	2	Hidróxido de aluminio	2	2
Fluoruro de amonio 25%	2	1	Hidróxido de amonio 28%	2	2
Fluoruro de cobre 2%	2	2	Hidróxido de bario	2	2
Fluoruro de potasio	2	2	Hidróxido de calcio	2	2
Fluoruro de sodio	2	2	Hidróxido de magnesio	2	2
Formaldehido	2	2	Hidróxido de potasio 10%	2	2
Fosfato Ácido de sodio	2	2	Hidróxido de potasio 20%	2	2

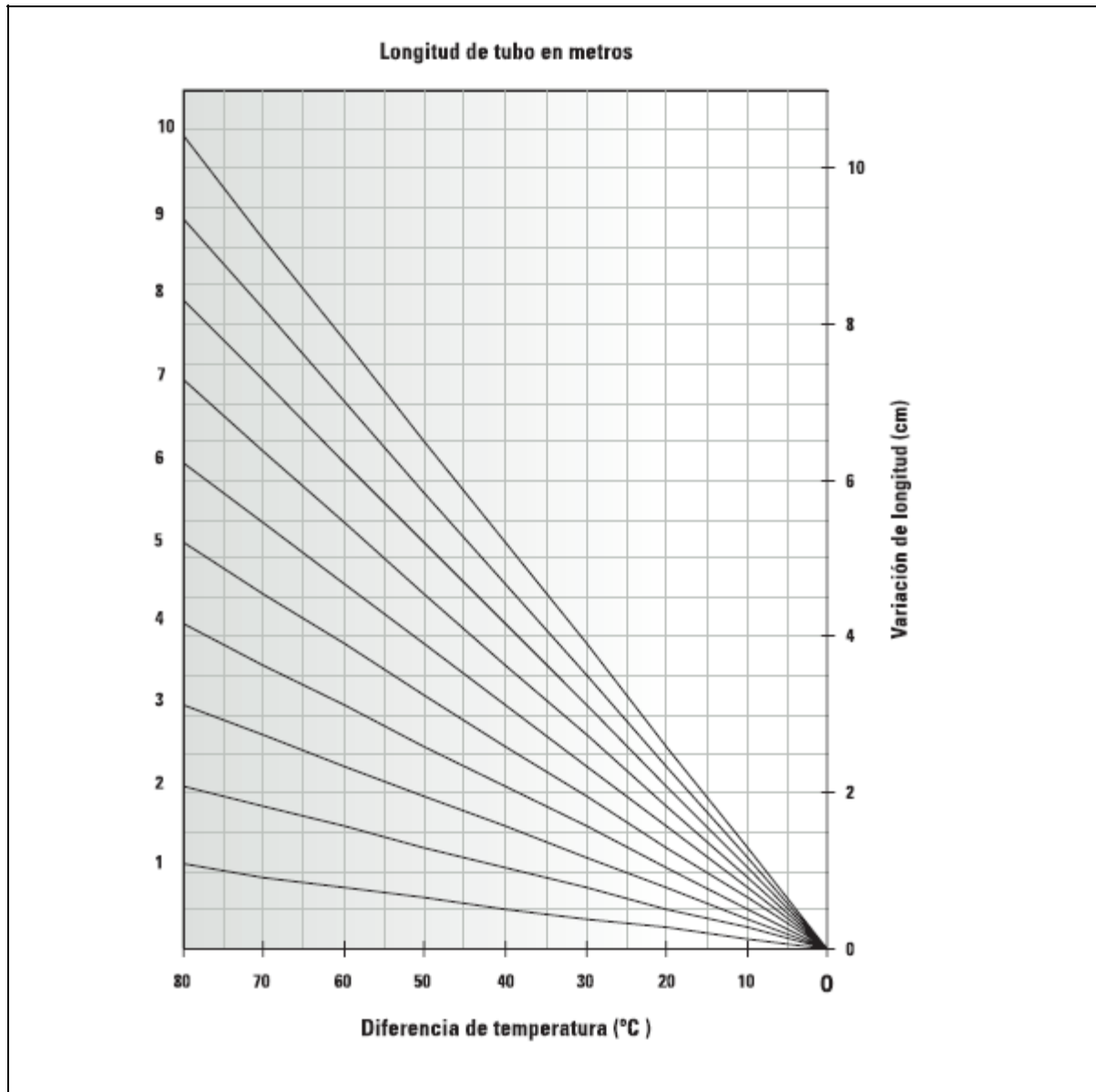
Tablas anexo 2 resistencia a agentes químicos

CLAVE RESISTENCIA
0= NO RECOMENDABLE USAR. Efectos severos.
1= RESISTENCIA LIMITADA. Efectos notables.
2= USO SATISFACTORIO. Ningún efecto.

Anexo 3: Gráfico para determinar la fuerza de dilatación





Anexo 4 : Gráfico para el cálculo de la dilatación de tubos de PB



PLANOS



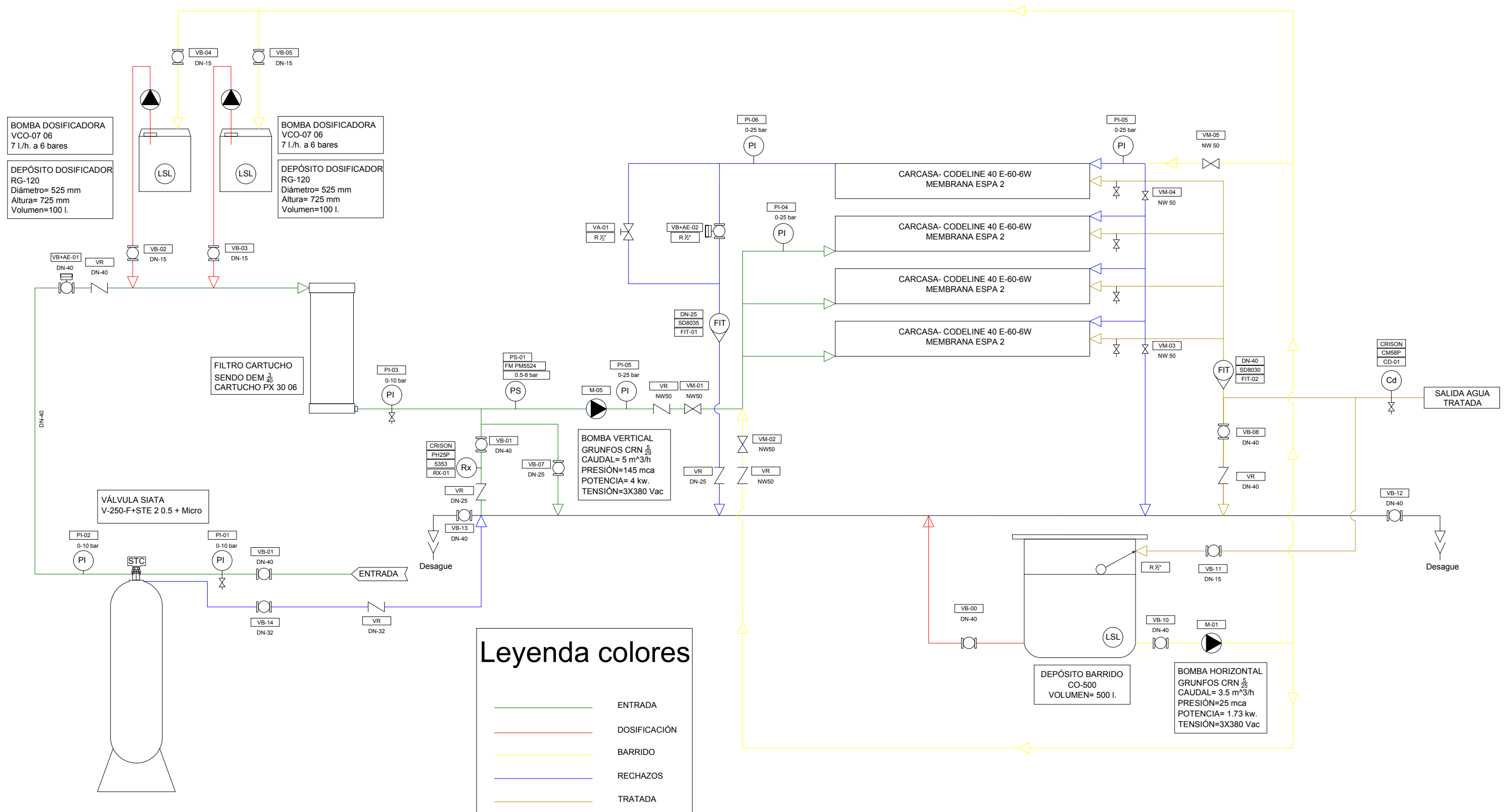
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: SEPTIEMBRE 2015

AUTOR: Diego García Lema

Fdo.: Diego García Lema



Leyenda colores

- ENTRADA
- DOSIFICACIÓN
- BARRIDO
- RECHAZOS
- TRATADA

FILTRO BICAPA
 Botella: 30.72 4/4
 Grava: 150 kg.
 Silix: 350 kg.
 Diámetro: 1.040 mm
 Altura: 2.410 mm
 Volumen: 1.360 l.

INSTRUMENTACIÓN		EQUIPOS	
Ph	MEDIDOR DE PH	PI	INDICADOR DE PRESIÓN
Rx	MEDIDOR REDOX	PT	TRASMISOR DE PRESIÓN
Cd	MEDIDOR CONDUCTIVIDAD	PS	PRESOSTATO
LSL	MEDIDOR DE NIVEL MÍNIMO	LSM	CONTACTOR NIVEL MÁXIMO
FI	INDICADOR DE CAUDAL ROTÁMETRO	FIT	INDICADOR - TRANSMISIÓN DE CAUDAL
			EQUIPOS
			VÁLVULAS
			BOMBA
			CONTADOR-EMISOR
			VÁLVULA MARIPOSA
			VÁLVULA DE AGUA
			VÁLVULA ANTIRRETORNO
			VÁLVULA DE BOLA
			VÁLVULA DE BOLA + ACTUADOR ELÉCTRICO
			ELECTROVÁLVULA

escudo_ETS CORUÑA.jpg

Título general:
EJEMPLO DE INSTALACION DE APLICACIÓN DE POLIBUTILENO

Plano:
ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE OSMÓSIS INVERSA

Universidade da Coruña

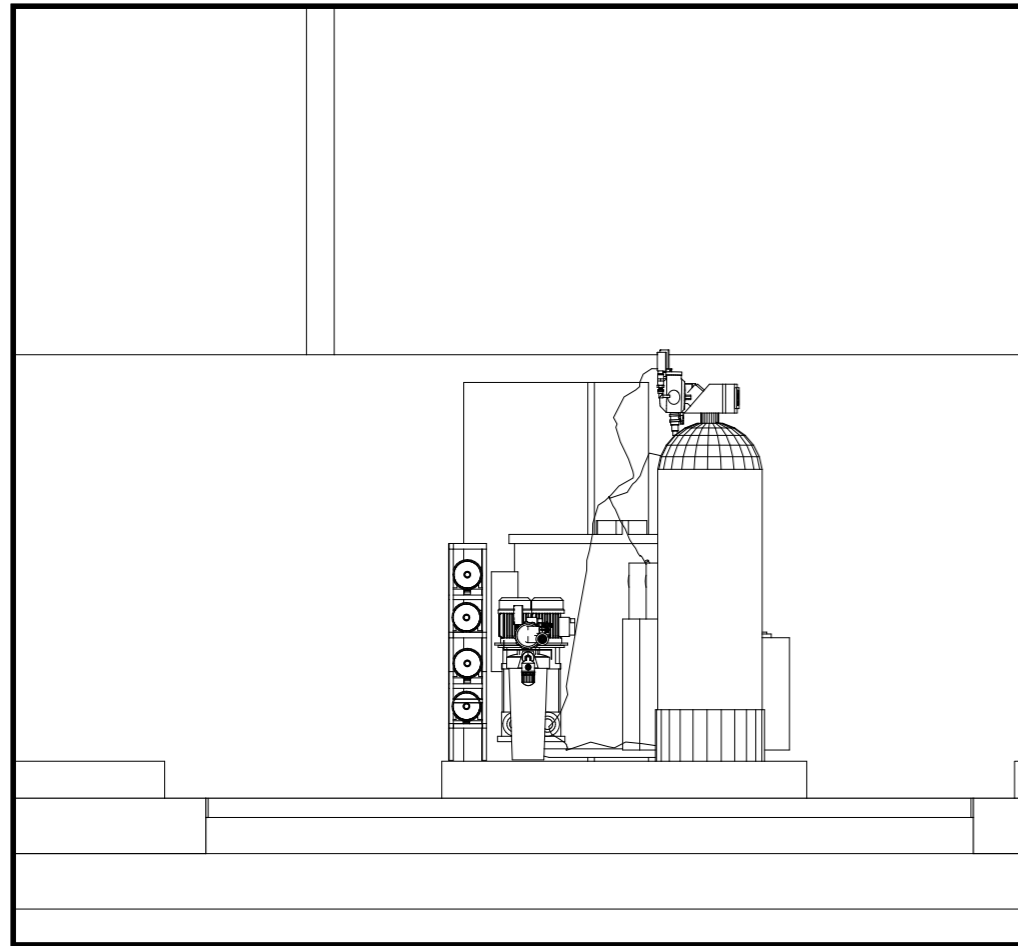
E.T.S. De Náutica e máquinas

Fecha: Septiembre 2016 | Escala: 1 : 650 | Referencia gráfica: T.F.G.

Alumno: D. Diego García Lema

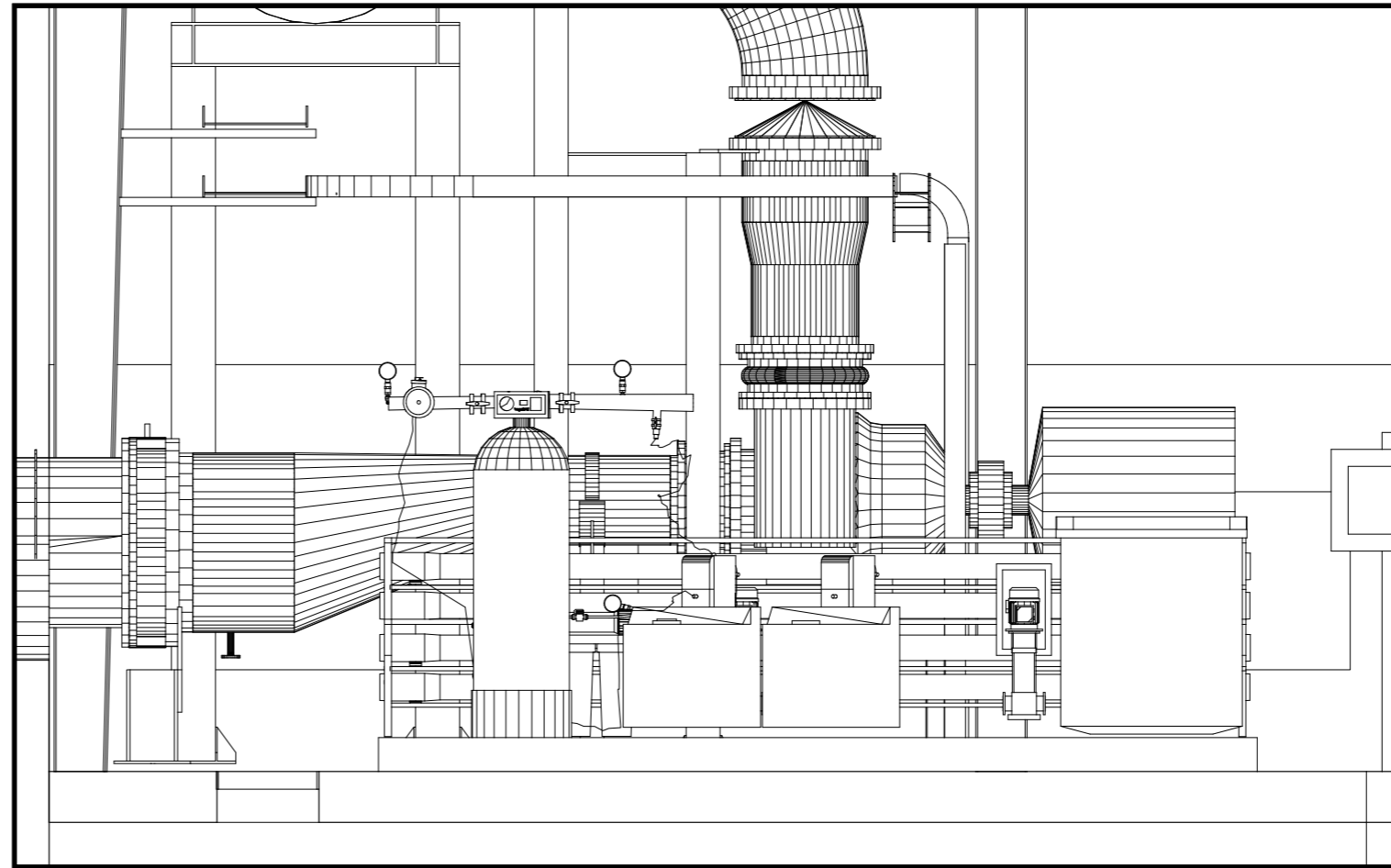
Tutor: D. Alberto de Miguel Catoira

Plano Nº: **1/3**



SECCIÓN TRANSVERSAL

Escala: 1:50



SECCIÓN LONGITUDINAL

Escala: 1:50

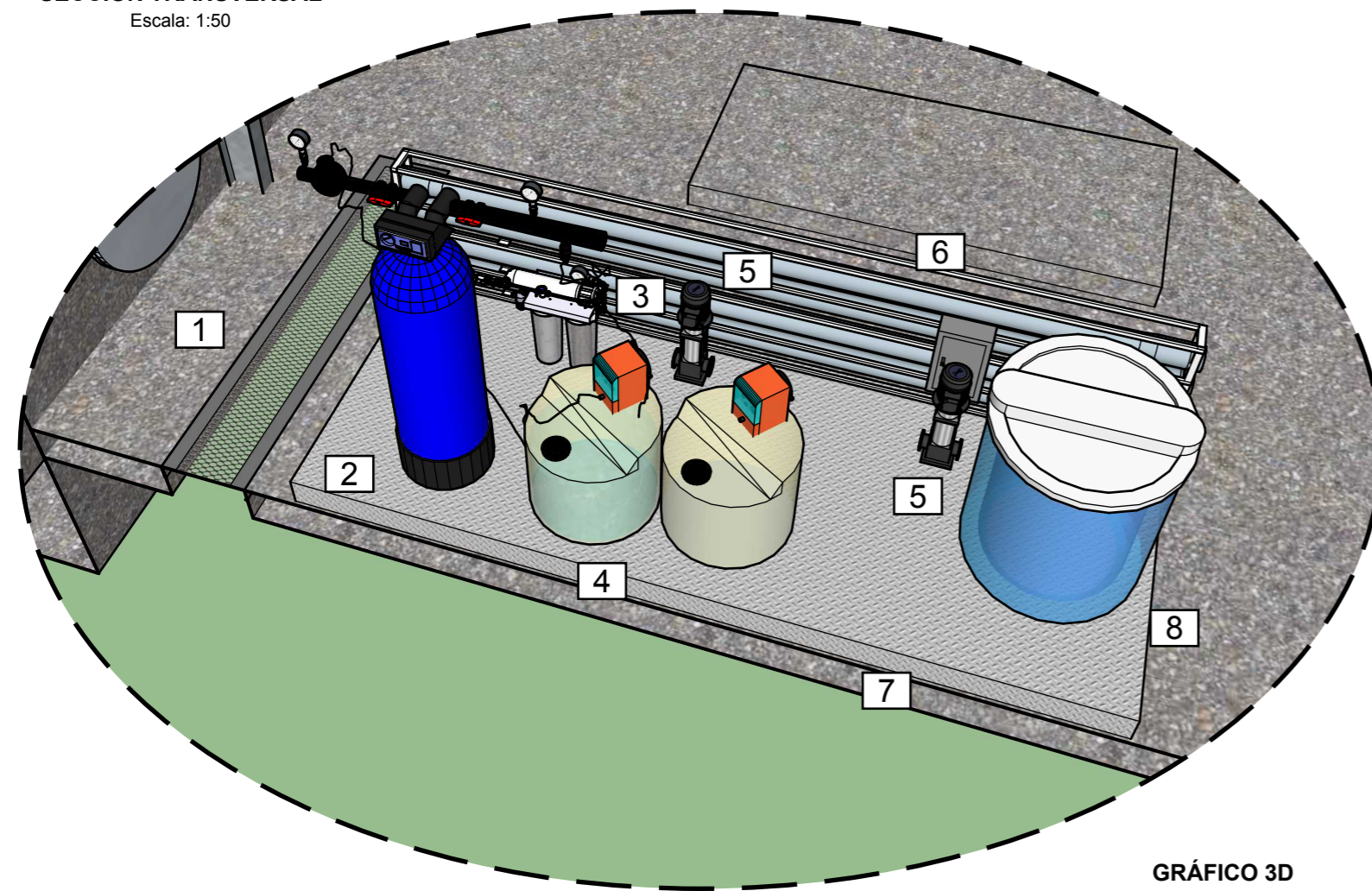


GRÁFICO 3D

Escala: S.E.

1. Rejilla desague.
2. Filtro bicapa.
3. Filtro de cartuchos.
4. Tanques de aditivos.
5. Bombas verticales.
6. Carcasa de membranas.
7. Plataforma metálica.
8. Tanque de barrido.

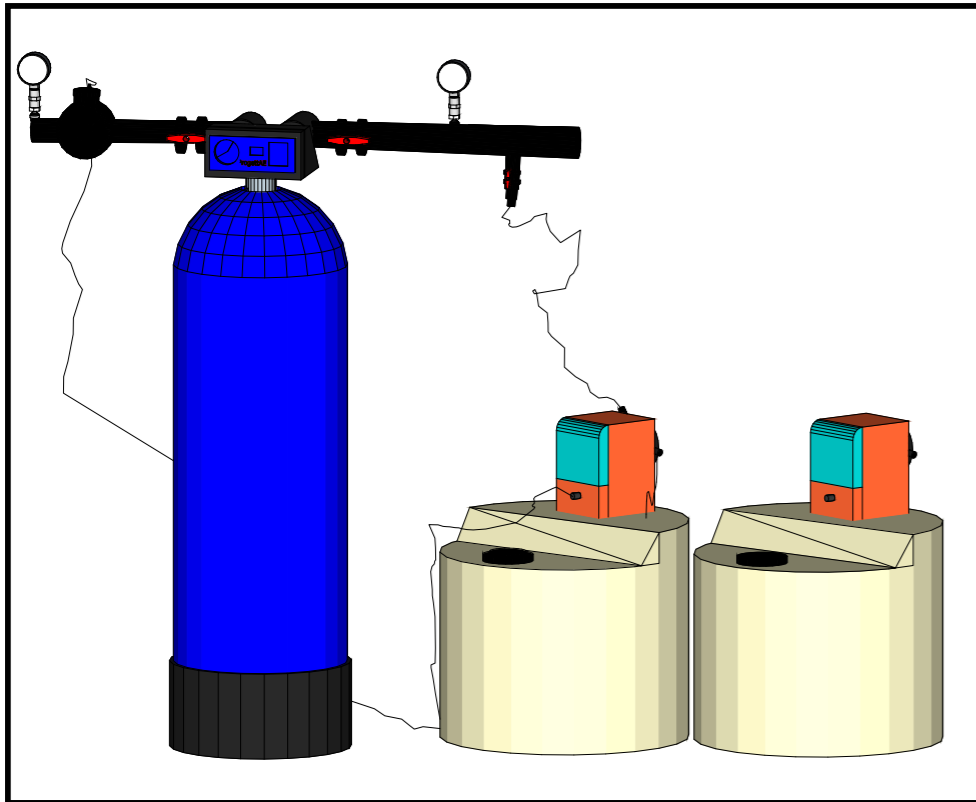


GRÁFICO 3D
FILTRO BICAPA Y TANQUES DE ADITIVOS
Escala: 1:30

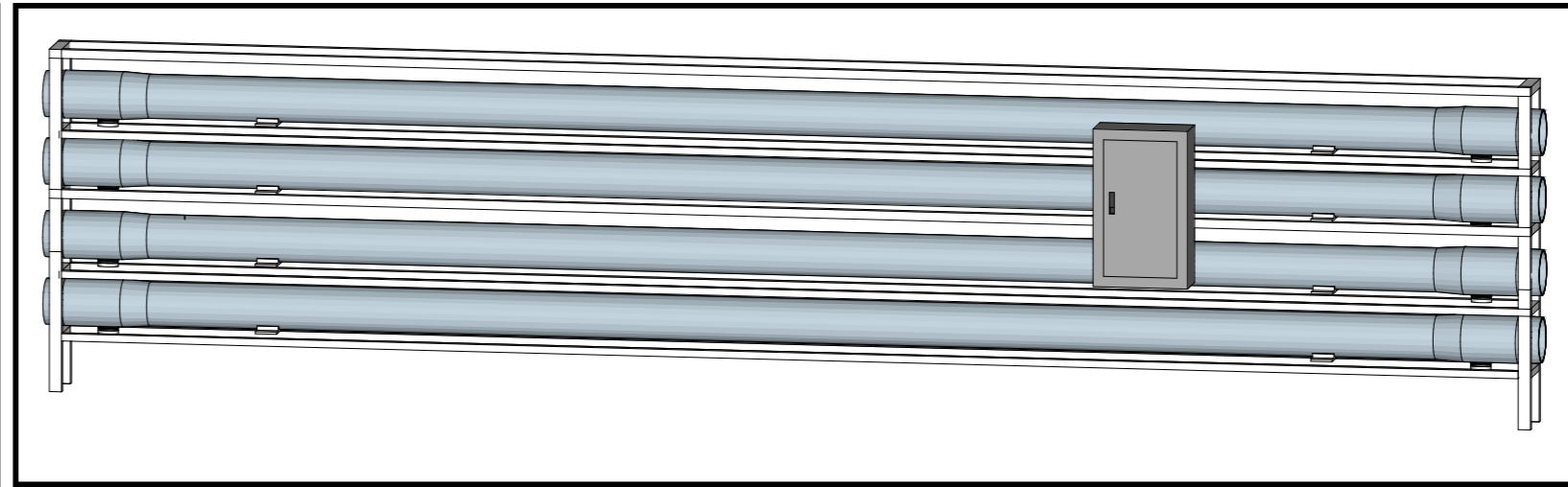


GRÁFICO 3D
CARCASA DE MEMBRANAS "CODELINE"
Escala: 1:30

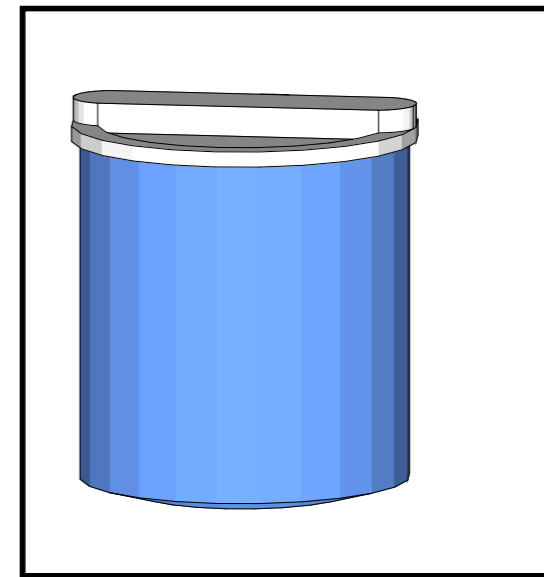


GRÁFICO 3D
TANQUE DE BARRIDO 500 Lts
Escala: 1:30

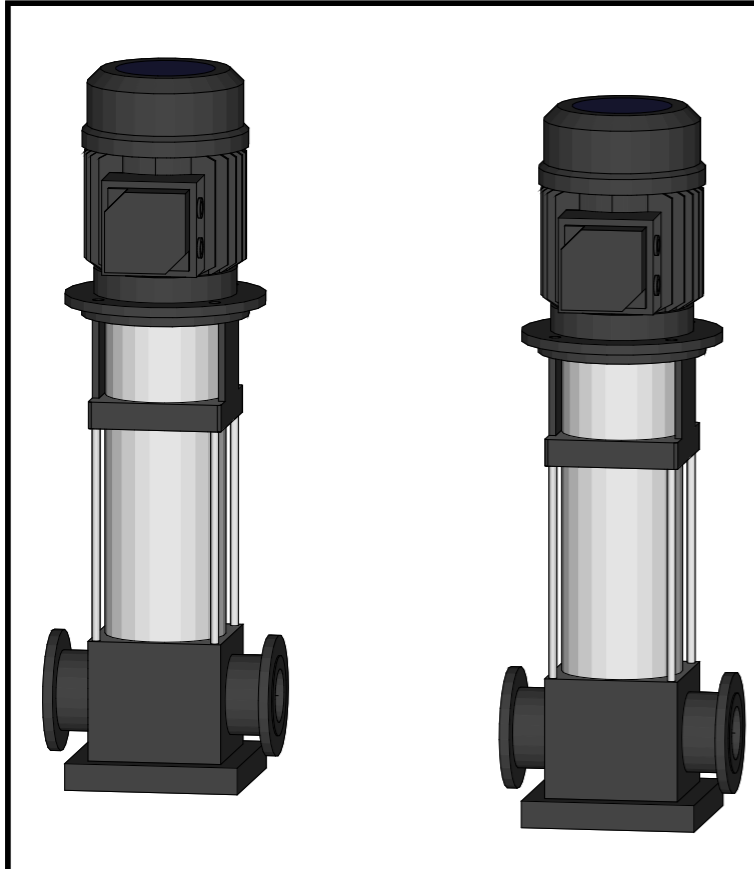


GRÁFICO 3D
BOMBAS VERTICALES "GRUNDFOS"
Escala: 1:10

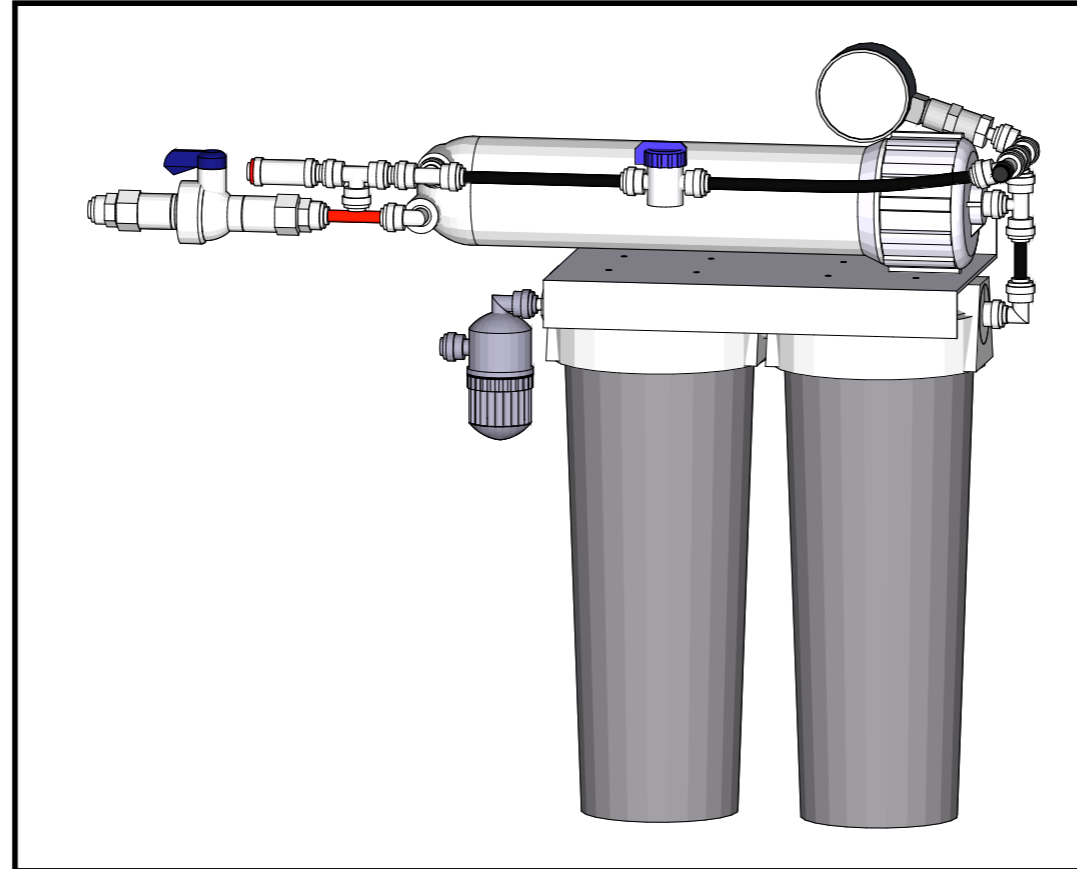


GRÁFICO 3D
FILTRO DE CARTUCHO
Escala: 1:10



DISPOSICIONES LEGALES Y NORMATIVA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: SEPTIEMBRE 2015

AUTOR: Diego García Lema

Fdo.: Diego García Lema

17	DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS.....	87
	17.1 Normativa internacional para sistemas de PB: UNE-EN ISO 15876	87
	17.2 Campo de aplicación.....	90
	17.3 Requisitos generales.....	90

17 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS

El famoso tratado de Maastricht del año 1992 y la reinvencción de la unión europea, supuso a la vez que la supresión de fronteras y monedas nacionales, la eliminación de las normas de producto locales, mediante la elaboración de una normativa única que afectara a todos los países miembros. Así, al mismo tiempo que desapareció la peseta, el marco, el franco y demás monedas nacionales, dejaron de existir las normas particulares de cada país. En el caso de los sistemas de PB, la UNE 53415 para España, la BS 7291 para Gran Bretaña, la DIN 16969 para Alemania, y tantas otras normas, se derogaron por la nueva EN ISO 15876.

17.1 Normativa internacional para sistemas de PB: UNE-EN ISO 15876

Se han elaborado un conjunto de normas aplicables, de modo genérico, a sistemas de canalización en materias plásticas para agua caliente y fría. Para cada material (PB, PEX, PPR, PVC-C y PE-RT) se ha desarrollado una norma. Cada norma está constituida por cinco partes:

- Parte 1: general, donde se definen fundamentalmente las condiciones de servicio de estos sistemas que son las mismas para todos los materiales.
- Parte 2: tubos, donde se define el método de cálculo (el mismo en todos los casos), las dimensiones resultantes y las características físicas de los tubos de cada material.
- Parte 3: accesorios, donde se define las dimensiones resultantes y las características físicas de los accesorios de cada material.
- Parte 5: sistema, donde se definen los ensayos funcionales del sistema completo (tubos más accesorios) de cada material, incluyendo la unión entre ambos.
- Parte 7: certificación, métodos y exigencias para obtener la certificación en cada material.

Certificación de Producto - Marca AENOR de producto:

La Marca de AENOR es un marca de conformidad con la correspondiente norma de producto. Con ella se certifica que los productos a los que se les concede superan las evaluaciones y controles que se establecen en los sistemas de certificación, garantizando así al usuario un Producto de Calidad.

“AENOR es miembro constituyente de CEN (Comité Europeo de Normalización) que agrupa a los organismos nacionales de normalización de más de 30 países europeos. Es por ello una marca reconocida internacionalmente y de prestigio por su exigencia y presencia en el mercado.”

Legislación:

Las normativa mencionada es voluntaria a no ser que se especifiquen en la legislación nacional, en cuyo caso será de obligatorio cumplimiento.

Seguidamente enumeramos los documentos nacionales legislativos actualmente vigentes.

- CTE: Código Técnico de la Edificación.
- RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios.
- CPD 89/106/CEE: Directiva Europea de Productos de Construcción.
- Real Decreto 1630/1992 por el que se dictan las disposiciones para la libre circulación de productos de construcción en aplicación de la directiva 89/106/CEE
- DWD 98/83/CEE: Directiva Europea de Agua Potable.
- Real Decreto 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
- Real Decreto 865/2003 por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la Legionelosis.

Marcado CE:

Los tubos y accesorios plásticos para la conducción de agua están sujetos a las disposiciones de la Directiva Europea de Productos de Construcción (CPD 89/106/CEE). Las normas armonizadas donde deben recogerse todos los aspectos relativos al cumplimiento de estos productos con las exigencias de dicha directiva aún no han sido implementadas.

Por lo tanto, actualmente los tubos y accesorios plásticos para la conducción de agua no pueden ni deben llevar el Marcado CE.

Una vez sean publicadas estas normas y referenciadas en el Diario Oficial de la Unión Europea se iniciará un periodo de coexistencia de 2 años donde convivirán tubos y accesorios con Marcado CE y sin Marcado CE. Solamente concluido este periodo de tiempo, todos los tubos y accesorios plásticos comercializados en la Unión Europea deberán llevar el Marcado CE

Relación de normas de aplicación y legislación

- UNE-EN ISO 15876: Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Polibutileno (PB).
- UNE-EN 12165: Cobre y aleaciones de cobre. Productos y semiproductos de forja
- UNE-EN 805: Abastecimiento de agua. Especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes.
- UNE-EN 806: Especificaciones para instalaciones de conducción de agua destinada al consumo humano en el interior del edificio .
- UNE-EN 1264: Calefacción por suelo radiante. Sistemas y componentes.
- UNE-CEN/TR 12108: Sistemas de canalización en materiales plásticos. Práctica recomendada para instalación en el interior de edificios de sistemas de canalización a presión de agua caliente y fría destinada al consumo humano.
- UNE 53389 IN: Tubos y accesorios de materiales plásticos. Tabla de clasificación de la resistencia química.
- UNE 53959 IN: Plásticos. Tubos y accesorios de material termoplástico para el transporte de líquidos a presión. Cálculo de pérdida de carga.
- UNE 149201: Abastecimiento de agua. Dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios.
- UNE-EN ISO 15494: Sistemas de canalización en materiales plásticos para aplicaciones industriales. Polibutileno (PB), polietileno (PE) y Polipropileno (PP). Especificaciones para componentes y el sistema.

17.2 Campo de aplicación

La norma se aplica a los sistemas de canalización de polibutileno (PB) destinadas a su utilización en instalaciones de agua caliente y fría en el interior de la estructura de los edificios, para la conducción de agua destinada o no a consumo humano (sistema domésticos) y para instalaciones de calefacción, a las presiones y temperaturas de diseño de acuerdo con la clase de aplicación.

Esta norma cubre una amplia variedad de condiciones de servicio (clases de aplicación) y de clases de presión de diseño, y de dimensiones de tubo.

17.3 Requisitos generales

La norma define cuatro diferentes clases de servicio siendo cada una de ellas una combinación de temperaturas y duraciones (perfiles de utilización) y no como en el caso de la anterior norma española que se definían presiones de trabajo a cada temperatura determinada.

Cada clase se refiere a una duración de diseño de 50 años. Esta clasificación es única e idéntica para todos los materiales.

Para entender esta clasificación conviene definir unos conceptos que en ellas se utilizan:

- Presión de operación (PD): presión de uso para la que se ha diseñado el sistema.
- Temperatura de operación (T_{Op}): temperatura o combinación de temperaturas de uso del agua para las que se ha diseñado el sistema.
- Máxima temperatura de operación (T_{max}): temperatura más elevada que puede alcanzar la operación pero sólo durante cortos periodos de tiempo.
- Temperatura de malfuncionamiento (T_{mal}): temperatura más elevada que puede ser alcanzada si se exceden los límites de control. (El tiempo durante el cual puede darse esta circunstancia se limita a 100 horas sobre un periodo de 50 años)
- Temperatura de agua fría (T_{cold}): temperatura de circulación del agua fría de aproximadamente 20° C.

CLASE DE APLICACIÓN	TOP °C	TIEMPO TOP años	T Max °C	Tiempo T max años	T mal °C	Tiempo T mal horas
1	60°	49	80°	1	95°	100
2	70°	49	80°	1	95°	100
4	20° 40° 60°	2,5 20 25	70°	2,5	100°	100
5	20° 60° 80°	14 25 10	90°	1	100°	100

Tabla 17.3 clasificación de las condiciones de servicio

Exigencias:

- Cada clase se puede combinar con presiones de operación de 4, 6, 8 ó 10 bar. Por tanto y a diferencia de la anterior norma española las presiones de trabajo están ya prefijadas para todos los materiales. Se entiende que dada una instalación, por ejemplo una de agua caliente sanitaria, sus condiciones de trabajo diseñadas son independientes del material de los tubos y éstos tienen que cumplir esas condiciones.
- Todos los sistemas que satisfagan una de esas clases deben también ser útiles para el suministro de agua fría durante 50 años con presión de operación de 10 bar.
- La clase 4 comprende 2.5 años a 20° C, más 20 años a 40° C, más 25 años a 60° C.
- La clase 5 comprende 14 años a 20° C, más 25 años a 60° C, más 10 años a 80° C.



PRESUPUESTO



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: SEPTIEMBRE 2015

AUTOR: Diego García Lema

Fdo.: Diego García Lema

Cuadro de mano de obra

Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad (Horas)	Total (Euros)
1	Oficial 1ª electricista.	16,870	0,245 h	4,13
2	Oficial 1ª calefactor.	16,870	1,751 h	29,54
3	Oficial 1ª fontanero.	16,870	22,756 h	383,89
4	Ayudante electricista.	15,630	0,245 h	3,83
5	Ayudante calefactor.	15,630	1,751 h	27,37
6	Ayudante fontanero.	15,630	22,756 h	355,68
			Importe total:	804,44
	A Coruña, 29 de julio de 2016 Ingeniero Marino			
	Diego García Lema			

Cuadro de materiales

Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad Empleada	Total (Euros)
1	codo polibutileno 15mm de 90	7,500	14,000 ud	105,00
2	codo polibutileno 25mm de 90	7,800	8,000 ud	62,40
3	Idicador - transmision de caudal	75,400	1,000 Ud	75,40
4	Medidor de nivel mínimo LSL	173,220	3,000 ud	519,66
5	Medidor portátil de conductividad, salinidad, TDS y temperatura. Crison	615,000	1,000 Ud	615,00
6	Medidor de Ph	85,300	1,000 Ud	85,30
7	Medidor Redox	75,300	1,000 ud	75,30
8	Tubo rígido de PB1, enchufable, curvable en caliente, de color negro, de 16 mm de diámetro nominal, para canalización fija en superficie. Resistencia a la compresión 1250 N, resistencia al impacto 2 julios, temperatura de trabajo -5°C hasta 60°C, con grado	0,850	5,000 m	4,25
9	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 1,5 mm ² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 450/750 V. Según UNE 211025.	0,410	10,000 m	4,10
10	Válvula de aguja, de 1/2" de diámetro, con maneta y embellecedor de acero inoxidable.	8,830	1,000 Ud	8,83
11	Válvula de esfera de PVC para roscar de DN 15.	5,180	5,000 Ud	25,90
12	Válvula de esfera de PVC para roscar de DN 25.	8,500	1,000 Ud	8,50
13	Válvula de esfera de PVC para roscar de DN 32.	13,440	1,000 Ud	13,44
14	Válvula de esfera de PVC para roscar de DN 40.	18,180	8,000 Ud	145,44
15	Válvula de antiretorno de DN 32	7,800	2,000 Ud	15,60
16	Tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 15 mm de diámetro exterior, PN=10 bares (serie 4) y 2,3 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15876-2, con el precio incrementado el 15% en concepto de accesorios y piezas especiales.	2,860	34,500 m	98,67
17	Tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 25 mm de diámetro exterior, PN=16 atm (serie 5) y 2,3 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15876-2, con el precio incrementado el 15% en concepto de accesorios y piezas especiales.	3,640	18,400 m	66,98
18	Tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 32 mm de diámetro exterior, PN=16 atm (serie 5) y 2,9 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15876-2, con el precio incrementado el 15% en concepto de accesorios y piezas especiales.	5,890	16,250 m	95,71
19	Tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 40 mm de diámetro exterior, PN=16 atm (serie 5) y 3,7 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15876-2, con el precio incrementado el 15% en concepto de accesorios y piezas especiales.	9,280	14,800 m	137,34
20	Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de polibutileno (PB), de 15 mm de diámetro exterior.	0,120	74,500 Ud	8,94
21	Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de polibutileno (PB), de 25 mm de diámetro exterior.	0,160	18,400 Ud	2,94
22	Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de polibutileno (PB), de 32 mm de diámetro exterior.	0,260	16,250 Ud	4,23
23	Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de polibutileno (PB), de 40 mm de diámetro exterior.	0,400	14,800 Ud	5,92

Cuadro de materiales

Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad Empleada	Total (Euros)
24	Material auxiliar para instalaciones de fontanería.	1,400	8,000 Ud	11,20
25	Válvula motorizada de zona de 2 vías, de 1/2", modelo Zonasol 301122 "LUMELCO", alimentación a 230 V y 50 Hz, para una temperatura de trabajo de -20°C a +160°C.	121,000	1,000 Ud	121,00
26	Válvula de 2 vías de 2", todo/nada, con motor eléctrico de 220 V.	131,680	1,000 Ud	131,68
27	Material auxiliar	2,100	1,700 Ud	3,57
28	Presostato de supervisión de alta y baja presión con dos contactos NA/NC, rango de regulación de 0,7 a 12,1 bar, para una presión máxima de trabajo de 17,2 bar.	124,130	1,000 Ud	124,13
29	Válvula de mariposa de palanca y asiento de EPDM, unión con bridas, de DN 40	63,790	5,000 Ud	318,95
30	Manómetro con baño de glicerina, para montaje roscado, escala de presión de 0 a 10 bar.	35,390	7,000 Ud	247,73
31	Material auxiliar	1,400	5,000 Ud	7,00
32	Bomba dosificadora electrónica de sulfato de alúmina, incluso accesorios.	608,220	1,000 Ud	608,22
33	Depósito de polietileno de 200 litros.	50,290	1,000 Ud	50,29
34	Tubos, accesorios y material auxiliar.	38,930	7,000 Ud	272,51
35	Válvula antirretorno de DN 25	6,250	4,000 ud	25,00
36	Válvula de antirretorno de DN 40	9,350	1,000 ud	9,35
			Importe total:	4.115,48
<p>A Coruña, 29 de julio de 2016 Ingeniero Marino</p> <p>Diego García Lema</p>				

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
1 INSTALACIÓN DE OSMÓISIS				
1.1 EQUIPOS				
1.1.1 Tuberías y codos				
1.1.1.1	IFM005h	m	Tubería para instalación de tratamiento de aguas, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 15 mm de diámetro exterior, PN=20 atm	
	mt37tpt400o	1,000 Ud	Material auxiliar para montaje y sujeción...	0,120
	mt37tpt010od	1,000 m	Tubo de polibutileno (PB), para unión p...	2,860
	mo007	0,041 h	Oficial 1ª fontanero.	16,870
	mo105	0,041 h	Ayudante fontanero.	15,630
	%	2,000 %	Medios auxiliares	4,310
		3,000 %	Costes indirectos	4,400
Precio total por m				4,53
Son cuatro Euros con cincuenta y tres céntimos				
1.1.1.2	IFM005d	m	Tubería para montante de fontanería, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 25 mm de diámetro exterior, PN=16 atm (serie 5).	
	mt37tpt400p	1,000 Ud	Material auxiliar para montaje y sujeción...	0,160
	mt37tpt010pd	1,000 m	Tubo de polibutileno (PB), para unión p...	3,640
	mo007	0,051 h	Oficial 1ª fontanero.	16,870
	mo105	0,051 h	Ayudante fontanero.	15,630
	%	2,000 %	Medios auxiliares	5,460
		3,000 %	Costes indirectos	5,570
Precio total por m				5,74
Son cinco Euros con setenta y cuatro céntimos				
1.1.1.3	IFM005g	m	Tubería para instalación de tratamiento de aguas, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 32 mm de diámetro exterior, PN=16 atm	
	mt37tpt400r	1,000 Ud	Material auxiliar para montaje y sujeción...	0,260
	mt37tpt010rd	1,000 m	Tubo de polibutileno (PB), para unión p...	5,890
	mo007	0,061 h	Oficial 1ª fontanero.	16,870
	mo105	0,061 h	Ayudante fontanero.	15,630
	%	2,000 %	Medios auxiliares	8,130
		3,000 %	Costes indirectos	8,290
Precio total por m				8,54
Son ocho Euros con cincuenta y cuatro céntimos				
1.1.1.4	IFM005f	m	Tubería para instalación de tratamiento de aguas, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 40 mm de diámetro exterior, PN=16 atm	
	mt37tpt400s	1,000 Ud	Material auxiliar para montaje y sujeción...	0,400
	mt37tpt010sd	1,000 m	Tubo de polibutileno (PB), para unión p...	9,280
	mo007	0,072 h	Oficial 1ª fontanero.	16,870
	mo105	0,072 h	Ayudante fontanero.	15,630
	%	2,000 %	Medios auxiliares	12,020
		3,000 %	Costes indirectos	12,260
Precio total por m				12,63
Son doce Euros con sesenta y tres céntimos				

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
1.1.1.5	codo01	ud	vgfhgfh	
	Cod45	1,000 ud	codo polibutileno 15mm de 90	7,500
	mt37tpt400o	1,000 Ud	Material auxiliar para montaje y sujeción...	0,120
	mo007	0,041 h	Oficial 1ª fontanero.	16,870
	mo105	0,041 h	Ayudante fontanero.	15,630
		3,000 %	Costes indirectos	8,950
			Precio total por ud	9,22
			Son nueve Euros con veintidos céntimos	
1.1.1.6	codo02	ud	z	
	cod02	1,000 ud	codo polibutileno 25mm de 90	7,800
	mt37tpt400o	1,000 Ud	Material auxiliar para montaje y sujeción...	0,120
	mo007	0,041 h	Oficial 1ª fontanero.	16,870
	mo105	0,041 h	Ayudante fontanero.	15,630
		3,000 %	Costes indirectos	9,250
			Precio total por ud	9,53
			Son nueve Euros con cincuenta y tres céntimos	
1.1.1.7	codo03	ud	Codo para instalación de tratamiento de aguas, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 32 mm de diámetro exterior, PN=16 atm	
	mt37tpt400o	1,000 Ud	Material auxiliar para montaje y sujeción...	0,120
	mo007	0,041 h	Oficial 1ª fontanero.	16,870
	mo105	0,041 h	Ayudante fontanero.	15,630
		3,000 %	Costes indirectos	1,450
			Precio total por ud	1,49
			Son un Euro con cuarenta y nueve céntimos	
1.1.1.8	codo04	ud	Codo para instalación de tratamiento de aguas, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 32 mm de diámetro exterior, PN=16 atm	
	mt37tpt400o	1,000 Ud	Material auxiliar para montaje y sujeción...	0,120
	mo007	0,041 h	Oficial 1ª fontanero.	16,870
	mo105	0,041 h	Ayudante fontanero.	15,630
		3,000 %	Costes indirectos	1,450
			Precio total por ud	1,49
			Son un Euro con cuarenta y nueve céntimos	
			1.1.2 Valvulería	
			1.1.2.1 Válvulas de esfera	
1.1.2.1.1	ICS075g	Ud	Válvula de esfera de PVC para roscar de 1/2".	
	mt37sve020a	1,000 Ud	Válvula de esfera de PVC para roscar d...	5,180
	mt38www012	0,100 Ud	Material auxiliar	2,100
	mo003	0,103 h	Oficial 1ª calefactor.	16,870
	mo101	0,103 h	Ayudante calefactor.	15,630
	%	2,000 %	Medios auxiliares	8,740
		3,000 %	Costes indirectos	8,910
			Precio total por Ud	9,18
			Son nueve Euros con dieciocho céntimos	

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
1.1.2.1.2 ICS075h Ud Válvula de esfera de PVC para roscar de 1".				
	mt37sve020c	1,000 Ud	Válvula de esfera de PVC para roscar d...	8,500
	mt38www012	0,100 Ud	Material auxiliar	2,100
	mo003	0,103 h	Oficial 1ª calefactor.	16,870
	mo101	0,103 h	Ayudante calefactor.	15,630
	%	2,000 %	Medios auxiliares	12,060
		3,000 %	Costes indirectos	12,300
Precio total por Ud				12,67
Son doce Euros con sesenta y siete céntimos				
1.1.2.1.3 ICS075i Ud Válvula de esfera de PVC para roscar de 1 1/2".				
	mt37sve020e	1,000 Ud	Válvula de esfera de PVC para roscar d...	13,440
	mt38www012	0,100 Ud	Material auxiliar	2,100
	mo003	0,103 h	Oficial 1ª calefactor.	16,870
	mo101	0,103 h	Ayudante calefactor.	15,630
	%	2,000 %	Medios auxiliares	17,000
		3,000 %	Costes indirectos	17,340
Precio total por Ud				17,86
Son diecisiete Euros con ochenta y seis céntimos				
1.1.2.1.4 ICS075j Ud Válvula de esfera de PVC para roscar de 2".				
	mt37sve020f	1,000 Ud	Válvula de esfera de PVC para roscar d...	18,180
	mt38www012	0,100 Ud	Material auxiliar	2,100
	mo003	0,103 h	Oficial 1ª calefactor.	16,870
	mo101	0,103 h	Ayudante calefactor.	15,630
	%	2,000 %	Medios auxiliares	21,740
		3,000 %	Costes indirectos	22,170
Precio total por Ud				22,84
Son veintidos Euros con ochenta y cuatro céntimos				
1.1.2.2 Válvulas antiretorno				
1.1.2.2.1 IFW040d Ud Válvula de antiretorno de DN 25				
	mtva02	1,000 ud	Válvula antirretorno de DN 25	6,250
	mt37www010	1,000 Ud	Material auxiliar para instalaciones de fo...	1,400
	mo007	0,153 h	Oficial 1ª fontanero.	16,870
	mo105	0,153 h	Ayudante fontanero.	15,630
	%	2,000 %	Medios auxiliares	12,620
		3,000 %	Costes indirectos	12,870
Precio total por Ud				13,26
Son trece Euros con veintiseis céntimos				
1.1.2.2.2 IFW040e Ud Válvula de antiretorno de DN 32				
	mt37svr010e	1,000 Ud	Válvula de antiretorno de DN 32	7,800
	mt37www010	1,000 Ud	Material auxiliar para instalaciones de fo...	1,400
	mo007	0,153 h	Oficial 1ª fontanero.	16,870
	mo105	0,153 h	Ayudante fontanero.	15,630
	%	2,000 %	Medios auxiliares	14,170
		3,000 %	Costes indirectos	14,450
Precio total por Ud				14,88
Son catorce Euros con ochenta y ocho céntimos				

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
1.1.2.2.3 IFW040f Ud Válvula de antiretorno de DN 40				
	mtvr02	1,000 ud	Válvula de antiretorno de DN 40	9,350
	mt37www010	1,000 Ud	Material auxiliar para instalaciones de fo...	1,400
	mo007	0,153 h	Oficial 1ª fontanero.	16,870
	mo105	0,153 h	Ayudante fontanero.	15,630
	%	2,000 %	Medios auxiliares	15,720
		3,000 %	Costes indirectos	16,030
Precio total por Ud				16,51
Son dieciseis Euros con cincuenta y un céntimos				
1.1.2.3 Válvula de mariposa				
1.1.2.3.1 IOB025b Ud Válvula de mariposa de palanca y asiento de EPDM, unión con bridas, de DN 40				
	mt41svc030a	1,000 Ud	Válvula de mariposa de palanca y asien...	63,790
	mt41www030	1,000 Ud	Material auxiliar	1,400
	mo007	0,205 h	Oficial 1ª fontanero.	16,870
	mo105	0,205 h	Ayudante fontanero.	15,630
	%	2,000 %	Medios auxiliares	71,850
		3,000 %	Costes indirectos	73,290
Precio total por Ud				75,49
Son setenta y cinco Euros con cuarenta y nueve céntimos				
1.1.2.4 Válvula de aguja				
1.1.2.4.1 IFW010b Ud Válvula de aguja, de 1/2" de diámetro, con maneta y embellecedor de acero inoxidable.				
	mt37sva020a	1,000 Ud	Válvula de aguja, de 1/2" de diámetro, c...	8,830
	mt37www010	1,000 Ud	Material auxiliar para instalaciones de fo...	1,400
	mo007	0,102 h	Oficial 1ª fontanero.	16,870
	mo105	0,102 h	Ayudante fontanero.	15,630
	%	2,000 %	Medios auxiliares	13,540
		3,000 %	Costes indirectos	13,810
Precio total por Ud				14,22
Son catorce Euros con veintidos céntimos				
1.1.2.5 Válvula de esfera con accionamiento eléctrico				
1.1.2.5.1 ICS075 Ud Válvula motorizada de zona de 2 vías, de 1/2", modelo Zonasol 301122 "LUMELCO".				
	mt38csl350ad	1,000 Ud	Válvula motorizada de zona de 2 vías, d...	121,000
	mt38www012	0,100 Ud	Material auxiliar	2,100
	mo003	0,103 h	Oficial 1ª calefactor.	16,870
	mo101	0,103 h	Ayudante calefactor.	15,630
	%	2,000 %	Medios auxiliares	124,560
		3,000 %	Costes indirectos	127,050
Precio total por Ud				130,86
Son ciento treinta Euros con ochenta y seis céntimos				
1.1.2.5.2 ICS075b Ud Válvula de 2 vías de 2", todo/nada, con motor eléctrico de 220 V.				
	mt38vvg020f	1,000 Ud	Válvula de 2 vías de 2", todo/nada, con ...	131,680
	mt38www012	0,100 Ud	Material auxiliar	2,100
	mo003	0,103 h	Oficial 1ª calefactor.	16,870
	mo101	0,103 h	Ayudante calefactor.	15,630
	%	2,000 %	Medios auxiliares	135,240
		3,000 %	Costes indirectos	137,940
Precio total por Ud				142,08
Son ciento cuarenta y dos Euros con ocho céntimos				

1.1.3 Bombas

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción		Total
1.1.3.1	UPC010b	Ud	Equipo automático de clorado y sulfatado de agua con bomba dosificadora, para piscina.		
	mt47pec020	1,000 Ud	Bomba dosificadora electrónica de sulfa...	608,220	608,22
	mt47pec030	1,000 Ud	Depósito de polietileno de 200 litros.	50,290	50,29
	mt47pec040	1,000 Ud	Tubos, accesorios y material auxiliar.	38,930	38,93
	mo007	1,921 h	Oficial 1ª fontanero.	16,870	32,41
	mo105	1,921 h	Ayudante fontanero.	15,630	30,03
	%	2,000 %	Medios auxiliares	759,880	15,20
		3,000 %	Costes indirectos	775,080	23,25
			Precio total por Ud		798,33
			Son setecientos noventa y ocho Euros con treinta y tres céntimos		
			1.2 INSTRUMENTACIÓN		
1.2.1	UPC01	Ud	Medidor de Ph		
	mph01	1,000 Ud	Medidor de Ph	85,300	85,30
	mt47pec040	1,000 Ud	Tubos, accesorios y material auxiliar.	38,930	38,93
	mo007	1,921 h	Oficial 1ª fontanero.	16,870	32,41
	mo105	1,921 h	Ayudante fontanero.	15,630	30,03
		3,000 %	Costes indirectos	186,670	5,60
			Precio total por Ud		192,27
			Son ciento noventa y dos Euros con veintisiete céntimos		
1.2.2	UPC02	Ud	Medidor Redox, marca Crison		
	mre01	1,000 ud	Medidor Redox	75,300	75,30
	mt47pec040	1,000 Ud	Tubos, accesorios y material auxiliar.	38,930	38,93
	mo007	1,921 h	Oficial 1ª fontanero.	16,870	32,41
	mo105	1,921 h	Ayudante fontanero.	15,630	30,03
		3,000 %	Costes indirectos	176,670	5,30
			Precio total por Ud		181,97
			Son ciento ochenta y un Euros con noventa y siete céntimos		
1.2.3	UPC03	Ud	Medidor de caudal		
	mcon01	1,000 Ud	Medidor portátil de conductividad, salini...	615,000	615,00
	mt47pec040	1,000 Ud	Tubos, accesorios y material auxiliar.	38,930	38,93
	mo007	1,921 h	Oficial 1ª fontanero.	16,870	32,41
	mo105	1,921 h	Ayudante fontanero.	15,630	30,03
		3,000 %	Costes indirectos	716,370	21,49
			Precio total por Ud		737,86
			Son setecientos treinta y siete Euros con ochenta y seis céntimos		
1.2.4	UPC04	ud	Medidor de nivel mínimo		
	mt47pec040	1,000 Ud	Tubos, accesorios y material auxiliar.	38,930	38,93
	mo007	1,921 h	Oficial 1ª fontanero.	16,870	32,41
	mo105	1,921 h	Ayudante fontanero.	15,630	30,03
	m.lsl	1,000 ud	Medidor de nivel mínimo LSL	173,220	173,22
		3,000 %	Costes indirectos	274,590	8,24
			Precio total por ud		282,83
			Son doscientos ochenta y dos Euros con ochenta y tres céntimos		
1.2.5	IFO010	Ud	Manómetro con baño de glicerina, para montaje roscado, escala de presión de 0 a 10 bar.		
	mt41upo060a	1,000 Ud	Manómetro con baño de glicerina, para ...	35,390	35,39
	mo007	0,102 h	Oficial 1ª fontanero.	16,870	1,72
	mo105	0,102 h	Ayudante fontanero.	15,630	1,59
		3,000 %	Costes indirectos	38,700	1,16
			Precio total por Ud		39,86
			Son treinta y nueve Euros con ochenta y seis céntimos		

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
1.2.6	IFO011	ud	Manómetro con baño de glicerina, para montaje roscado, escala de presión de 0 a 25 bar	
	mt41upo060a	1,000 Ud	Manómetro con baño de glicerina, para ...	35,390
	mo007	0,102 h	Oficial 1ª fontanero.	16,870
	mo105	0,102 h	Ayudante fontanero.	15,630
		3,000 %	Costes indirectos	38,700
			Precio total por ud	39,86
			Son treinta y nueve Euros con ochenta y seis céntimos	
1.2.7	IOT022	Ud	Suministro e instalación de presostato de supervisión de alta y baja presión con dos contactos NA/NC, rango de regulación de 0,7 a 12,1 bar, para una presión máxima de trabajo de 17,2 bar. Incluso canalización eléctrica. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Replanteo de la situación del presostato y de la canalización eléctrica. Conexión a la red de distribución de agua. Tendido y fijación del tubo protector del cableado. Montaje y conexionado del cableado. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.	
	mt41pag010a	1,000 Ud	Presostato de supervisión de alta y baja...	124,130
	mt35aia090ma	5,000 m	Tubo rígido de PB1, enchufable, curvabl...	0,850
	mt35cun020a	10,000 m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), no prop...	0,410
	mo007	0,245 h	Oficial 1ª fontanero.	16,870
	mo105	0,245 h	Ayudante fontanero.	15,630
	mo002	0,245 h	Oficial 1ª electricista.	16,870
	mo100	0,245 h	Ayudante electricista.	15,630
	%	2,000 %	Medios auxiliares	148,400
		3,000 %	Costes indirectos	151,370
			Precio total por Ud	155,91
			Son ciento cincuenta y cinco Euros con noventa y un céntimos	
1.2.8	UPC05	ud	Indicador - transmisión de caudal	
	it01	1,000 Ud	Idicador - transmision de caudal	75,400
	mo007	0,102 h	Oficial 1ª fontanero.	16,870
	mo105	0,102 h	Ayudante fontanero.	15,630
		3,000 %	Costes indirectos	78,710
			Precio total por ud	81,07
			Son ochenta y un Euros con siete céntimos	

Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
	1 INSTALACIÓN DE OSMÓISIS		
	1.1 EQUIPOS		
	1.1.1 Tuberías y codos		
1.1.1.1	m Tubería para instalación de tratamiento de aguas, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 15 mm de diámetro exterior, PN=20 atm	4,53	CUATRO EUROS CON CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS
1.1.1.2	m Tubería para montante de fontanería, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 25 mm de diámetro exterior, PN=16 atm (serie 5).	5,74	CINCO EUROS CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
1.1.1.3	m Tubería para instalación de tratamiento de aguas, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 32 mm de diámetro exterior, PN=16 atm	8,54	OCHO EUROS CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
1.1.1.4	m Tubería para instalación de tratamiento de aguas, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 40 mm de diámetro exterior, PN=16 atm	12,63	DOCE EUROS CON SESENTA Y TRES CÉNTIMOS
1.1.1.5	ud vgfghf	9,22	NUEVE EUROS CON VEINTIDOS CÉNTIMOS
1.1.1.6	ud z	9,53	NUEVE EUROS CON CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS
1.1.1.7	ud Codo para instalación de tratamiento de aguas, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 32 mm de diámetro exterior, PN=16 atm	1,49	UN EURO CON CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
1.1.1.8	ud Codo para instalación de tratamiento de aguas, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 32 mm de diámetro exterior, PN=16 atm	1,49	UN EURO CON CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
	1.1.2 Valvulería		
	1.1.2.1 Válvulas de esfera		
1.1.2.1.1	Ud Válvula de esfera de PVC para roscar de 1/2".	9,18	NUEVE EUROS CON DIECIOCHO CÉNTIMOS
1.1.2.1.2	Ud Válvula de esfera de PVC para roscar de 1".	12,67	DOCE EUROS CON SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS
1.1.2.1.3	Ud Válvula de esfera de PVC para roscar de 1 1/2".	17,86	DIECISIETE EUROS CON OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS
1.1.2.1.4	Ud Válvula de esfera de PVC para roscar de 2".	22,84	VEINTIDOS EUROS CON OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
	1.1.2.2 Válvulas antiretorno		
1.1.2.2.1	Ud Válvula de antiretorno de DN 25	13,26	TRECE EUROS CON VEINTISEIS CÉNTIMOS
1.1.2.2.2	Ud Válvula de antiretorno de DN 32	14,88	CATORCE EUROS CON OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS

Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
1.1.2.2.3	Ud Válvula de antiretorno de DN 40	16,51	DIECISEIS EUROS CON CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS
	1.1.2.3 Válvula de mariposa		
1.1.2.3.1	Ud Válvula de mariposa de palanca y asiento de EPDM, unión con bridas, de DN 40	75,49	SETENTA Y CINCO EUROS CON CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
	1.1.2.4 Válvula de aguja		
1.1.2.4.1	Ud Válvula de aguja, de 1/2" de diámetro, con maneta y embellecedor de acero inoxidable.	14,22	CATORCE EUROS CON VEINTIDOS CÉNTIMOS
	1.1.2.5 Válvula de esfera con accionamiento eléctrico		
1.1.2.5.1	Ud Válvula motorizada de zona de 2 vías, de 1/2", modelo Zonasol 301122 "LUMELCO".	130,86	CIENTO TREINTA EUROS CON OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS
1.1.2.5.2	Ud Válvula de 2 vías de 2", todo/nada, con motor eléctrico de 220 V.	142,08	CIENTO CUARENTA Y DOS EUROS CON OCHO CÉNTIMOS
	1.1.3 Bombas		
1.1.3.1	Ud Equipo automático de clorado y sulfatado de agua con bomba dosificadora, para piscina.	798,33	SETECIENTOS NOVENTA Y OCHO EUROS CON TREINTA Y TRES CÉNTIMOS
	1.2 INSTRUMENTACIÓN		
1.2.1	Ud Medidor de Ph	192,27	CIENTO NOVENTA Y DOS EUROS CON VEINTISIETE CÉNTIMOS
1.2.2	Ud Medidor Redox, marca Crison	181,97	CIENTO OCHENTA Y UN EUROS CON NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS
1.2.3	Ud Medidor de caudal	737,86	SETECIENTOS TREINTA Y SIETE EUROS CON OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS
1.2.4	ud Medidor de nivel mínimo	282,83	DOSCIENTOS OCHENTA Y DOS EUROS CON OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS
1.2.5	Ud Manómetro con baño de glicerina, para montaje roscado, escala de presión de 0 a 10 bar.	39,86	TREINTA Y NUEVE EUROS CON OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS
1.2.6	ud Manómetro con baño de glicerina, para montaje roscado, escala de presión de 0 a 25 bar	39,86	TREINTA Y NUEVE EUROS CON OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS

Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
1.2.7	<p>Ud Suministro e instalación de presostato de supervisión de alta y baja presión con dos contactos NA/NC, rango de regulación de 0,7 a 12,1 bar, para una presión máxima de trabajo de 17,2 bar. Incluso canalización eléctrica. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Replanteo de la situación del presostato y de la canalización eléctrica. Conexión a la red de distribución de agua. Tendido y fijación del tubo protector del cableado. Montaje y conexionado del cableado.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	155,91	CIENTO CINCUENTA Y CINCO EUROS CON NOVENTA Y UN CÉNTIMOS
1.2.8	<p>ud Indicador - transmisión de caudal</p> <p align="center">A Coruña, 29 de julio de 2016 Ingeniero Marino</p> <p align="center">Diego García Lema</p>	81,07	OCHENTA Y UN EUROS CON SIETE CÉNTIMOS

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
	1 INSTALACIÓN DE OSMÓISIS		
	1.1 EQUIPOS		
	1.1.1 Tuberías y codos		
1.1.1.1	m Tubería para instalación de tratamiento de aguas, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 15 mm de diámetro exterior, PN=20 atm		
	<i>Mano de obra</i>	1,33	
	<i>Materiales</i>	2,98	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,09	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,13	
			4,53
1.1.1.2	m Tubería para montante de fontanería, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 25 mm de diámetro exterior, PN=16 atm (serie 5).		
	<i>Mano de obra</i>	1,66	
	<i>Materiales</i>	3,80	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,11	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,17	
			5,74
1.1.1.3	m Tubería para instalación de tratamiento de aguas, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 32 mm de diámetro exterior, PN=16 atm		
	<i>Mano de obra</i>	1,98	
	<i>Materiales</i>	6,15	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,16	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,25	
			8,54
1.1.1.4	m Tubería para instalación de tratamiento de aguas, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 40 mm de diámetro exterior, PN=16 atm		
	<i>Mano de obra</i>	2,34	
	<i>Materiales</i>	9,68	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,24	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,37	
			12,63
1.1.1.5	ud vgfghf		
	<i>Mano de obra</i>	1,33	
	<i>Materiales</i>	7,62	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,27	
			9,22
1.1.1.6	ud z		
	<i>Mano de obra</i>	1,33	
	<i>Materiales</i>	7,92	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,28	
			9,53
1.1.1.7	ud Codo para instalación de tratamiento de aguas, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 32 mm de diámetro exterior, PN=16 atm		
	<i>Mano de obra</i>	1,33	
	<i>Materiales</i>	0,12	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,04	
			1,49
1.1.1.8	ud Codo para instalación de tratamiento de aguas, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 32 mm de diámetro exterior, PN=16 atm		
	<i>Mano de obra</i>	1,33	
	<i>Materiales</i>	0,12	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,04	
			1,49

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
	1.1.2 Valvulería		
	1.1.2.1 Válvulas de esfera		
1.1.2.1.1	Ud Válvula de esfera de PVC para roscar de 1/2".		
	<i>Mano de obra</i>	3,35	
	<i>Materiales</i>	5,39	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,17	
	3 % <i>Costes indirectos</i>	0,27	
			9,18
1.1.2.1.2	Ud Válvula de esfera de PVC para roscar de 1".		
	<i>Mano de obra</i>	3,35	
	<i>Materiales</i>	8,71	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,24	
	3 % <i>Costes indirectos</i>	0,37	
			12,67
1.1.2.1.3	Ud Válvula de esfera de PVC para roscar de 1 1/2".		
	<i>Mano de obra</i>	3,35	
	<i>Materiales</i>	13,65	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,34	
	3 % <i>Costes indirectos</i>	0,52	
			17,86
1.1.2.1.4	Ud Válvula de esfera de PVC para roscar de 2".		
	<i>Mano de obra</i>	3,35	
	<i>Materiales</i>	18,39	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,43	
	3 % <i>Costes indirectos</i>	0,67	
			22,84
	1.1.2.2 Válvulas antiretorno		
1.1.2.2.1	Ud Válvula de antiretorno de DN 25		
	<i>Mano de obra</i>	4,97	
	<i>Materiales</i>	7,65	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,25	
	3 % <i>Costes indirectos</i>	0,39	
			13,26
1.1.2.2.2	Ud Válvula de antiretorno de DN 32		
	<i>Mano de obra</i>	4,97	
	<i>Materiales</i>	9,20	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,28	
	3 % <i>Costes indirectos</i>	0,43	
			14,88
1.1.2.2.3	Ud Válvula de antiretorno de DN 40		
	<i>Mano de obra</i>	4,97	
	<i>Materiales</i>	10,75	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,31	
	3 % <i>Costes indirectos</i>	0,48	
			16,51
	1.1.2.3 Válvula de mariposa		
1.1.2.3.1	Ud Válvula de mariposa de palanca y asiento de EPDM, unión con bridas, de DN 40		
	<i>Mano de obra</i>	6,66	
	<i>Materiales</i>	65,19	
	<i>Medios auxiliares</i>	1,44	
	3 % <i>Costes indirectos</i>	2,20	
			75,49
	1.1.2.4 Válvula de aguja		

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
1.1.2.4.1	Ud Válvula de aguja, de 1/2" de diámetro, con maneta y embellecedor de acero inoxidable. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	3,31 10,23 0,27 0,41	14,22
1.1.2.5.1	1.1.2.5 Válvula de esfera con accionamiento eléctrico Ud Válvula motorizada de zona de 2 vías, de 1/2", modelo Zonasol 301122 "LUMELCO". <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	3,35 121,21 2,49 3,81	130,86
1.1.2.5.2	Ud Válvula de 2 vías de 2", todo/nada, con motor eléctrico de 220 V. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	3,35 131,89 2,70 4,14	142,08
1.1.3.1	1.1.3 Bombas Ud Equipo automático de clorado y sulfatado de agua con bomba dosificadora, para piscina. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	62,44 697,44 15,20 23,25	798,33
1.2 INSTRUMENTACIÓN			
1.2.1	Ud Medidor de Ph <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	62,44 124,23 5,60	192,27
1.2.2	Ud Medidor Redox, marca Crison <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	62,44 114,23 5,30	181,97
1.2.3	Ud Medidor de caudal <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	62,44 653,93 21,49	737,86
1.2.4	ud Medidor de nivel mínimo <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	62,44 212,15 8,24	282,83
1.2.5	Ud Manómetro con baño de glicerina, para montaje roscado, escala de presión de 0 a 10 bar. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	3,31 35,39 1,16	39,86
1.2.6	ud Manómetro con baño de glicerina, para montaje roscado, escala de presión de 0 a 25 bar <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	3,31 35,39 1,16	39,86

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
1.2.7	<p>Ud Suministro e instalación de presostato de supervisión de alta y baja presión con dos contactos NA/NC, rango de regulación de 0,7 a 12,1 bar, para una presión máxima de trabajo de 17,2 bar. Incluso canalización eléctrica. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Replanteo de la situación del presostato y de la canalización eléctrica. Conexión a la red de distribución de agua. Tendido y fijación del tubo protector del cableado. Montaje y conexionado del cableado.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p><i>Mano de obra</i> 15,92 <i>Materiales</i> 132,48 <i>Medios auxiliares</i> 2,97 3 % <i>Costes indirectos</i> 4,54</p>		155,91
1.2.8	<p>ud Indicador - transmisión de caudal</p> <p><i>Mano de obra</i> 3,31 <i>Materiales</i> 75,40 3 % <i>Costes indirectos</i> 2,36</p>		81,07
<p>A Coruña, 29 de julio de 2016 Ingeniero Marino</p> <p>Diego García Lema</p>			

PRESUPUESTO Y MEDICION

PRESUPUESTO PARCIAL N° 1 INSTALACIÓN DE OSMÓISIS

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
1.1 EQUIPOS								
1.1.1 Tuberías y codos								
1.1.1.1	M. Tubería para instalación de tratamiento de aguas, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 15 mm de diámetro exterior, PN=20 atm					34,500	4,53	156,29
1.1.1.2	M. Tubería para montante de fontanería, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 25 mm de diámetro exterior, PN=16 atm (serie 5).					18,400	5,74	105,62
1.1.1.3	M. Tubería para instalación de tratamiento de aguas, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 32 mm de diámetro exterior, PN=16 atm					16,250	8,54	138,78
1.1.1.4	M. Tubería para instalación de tratamiento de aguas, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 40 mm de diámetro exterior, PN=16 atm					14,800	12,63	186,92
1.1.1.5	Ud. vgfghfgh					14,000	9,22	129,08
1.1.1.6	Ud. z					8,000	9,53	76,24
1.1.1.7	Ud. Codo para instalación de tratamiento de aguas, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 32 mm de diámetro exterior, PN=16 atm					6,000	1,49	8,94
1.1.1.8	Ud. Codo para instalación de tratamiento de aguas, colocada superficialmente, formada por tubo de polibutileno (PB), para unión por termofusión, de 32 mm de diámetro exterior, PN=16 atm					12,000	1,49	17,88
1.1.2 Valvulería								
1.1.2.1 Válvulas de esfera								
1.1.2.1.1	Ud. Válvula de esfera de PVC para roscar de 1/2".					5,000	9,18	45,90
1.1.2.1.2	Ud. Válvula de esfera de PVC para roscar de 1".					1,000	12,67	12,67
1.1.2.1.3	Ud. Válvula de esfera de PVC para roscar de 1 1/2".					1,000	17,86	17,86
1.1.2.1.4	Ud. Válvula de esfera de PVC para roscar de 2".					8,000	22,84	182,72
1.1.2.2 Válvulas antiretorno								
1.1.2.2.1	Ud. Válvula de antiretorno de DN 25					4,000	13,26	53,04
1.1.2.2.2	Ud. Válvula de antiretorno de DN 32					2,000	14,88	29,76
1.1.2.2.3	Ud. Válvula de antiretorno de DN 40					1,000	16,51	16,51
1.1.2.3 Válvula de mariposa								

Suma y sigue ... 1.178,21

PRESUPUESTO PARCIAL N° 1 INSTALACIÓN DE OSMÓISIS

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
1.1.2.3.1	Ud. Válvula de mariposa de palanca y asiento de EPDM, unión con bridas, de DN 40					5,000	75,49	377,45
1.1.2.4	Válvula de aguja							
1.1.2.4.1	Ud. Válvula de aguja, de 1/2" de diámetro, con maneta y embellecedor de acero inoxidable.					1,000	14,22	14,22
1.1.2.5	Válvula de esfera con accionamiento eléctrico							
1.1.2.5.1	Ud. Válvula motorizada de zona de 2 vías, de 1/2", modelo Zonasol 301122 "LUMELCO".					1,000	130,86	130,86
1.1.2.5.2	Ud. Válvula de 2 vías de 2", todo/nada, con motor eléctrico de 220 V.					1,000	142,08	142,08
1.1.3	Bombas							
1.1.3.1	Ud. Equipo automático de clorado y sulfatado de agua con bomba dosificadora, para piscina.					1,000	798,33	798,33
1.2	INSTRUMENTACIÓN							
1.2.1	Ud. Medidor de Ph					1,000	192,27	192,27
1.2.2	Ud. Medidor Redox, marca Crison					1,000	181,97	181,97
1.2.3	Ud. Medidor de caudal					1,000	737,86	737,86
1.2.4	Ud. Medidor de nivel mínimo					3,000	282,83	848,49
1.2.5	Ud. Manómetro con baño de glicerina, para montaje roscado, escala de presión de 0 a 10 bar.					3,000	39,86	119,58
1.2.6	Ud. Manómetro con baño de glicerina, para montaje roscado, escala de presión de 0 a 25 bar					4,000	39,86	159,44
1.2.7	Ud. Suministro e instalación de presostato de supervisión de alta y baja presión con dos contactos NA/NC, rango de regulación de 0,7 a 12,1 bar, para una presión máxima de trabajo de 17,2 bar. Incluso canalización eléctrica. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Replanteo de la situación del presostato y de la canalización eléctrica. Conexión a la red de distribución de agua. Tendido y fijación del tubo protector del cableado. Montaje y conexionado del cableado. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.					1,000	155,91	155,91
1.2.8	Ud. Indicador - transmisión de caudal					1,000	81,07	81,07

Total presupuesto parcial n° 1 ... 5.117,74

Proyecto: Planta de tratamiento de aguas. Filtración - Ósmosis

Capítulo	Importe
Capítulo 1 INSTALACIÓN DE OSMÓISIS	5.117,74
Capítulo 1.1 EQUIPOS	2.641,15
Capítulo 1.1.1 Tuberías y codos	819,75
Capítulo 1.1.2 Valvulería	1.023,07
Capítulo 1.1.2.1 Válvulas de esfera	259,15
Capítulo 1.1.2.2 Válvulas antiretorno	99,31
Capítulo 1.1.2.3 Válvula de mariposa	377,45
Capítulo 1.1.2.4 Válvula de aguja	14,22
Capítulo 1.1.2.5 Válvula de esfera con accionamiento eléctrico	272,94
Capítulo 1.1.3 Bombas	798,33
Capítulo 1.2 INSTRUMENTACIÓN	2.476,59
Presupuesto de ejecución material	5.117,74
13% de gastos generales	665,31
8% de beneficio industrial	409,42
Suma	6.192,47
21% IVA	1.300,42
Presupuesto de ejecución por contrata	7.492,89

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de SIETE MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y DOS EUROS CON OCHENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.

A Coruña, 29 de julio de 2016
Ingeniero Marino

Diego García Lema



Bibliografía e índice de tablas, imágenes y gráficos



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: SEPTIEMBRE 2015

AUTOR: Diego García Lema

Fdo.: Diego García Lema

Bibliografía:

- Símbolos y gráficos para esquemas de tuberías (en línea) . Empresa provincial de energía de Córdoba.
<http://www.epec.com.ar/docs/educativo/normasT/ET35.PDF>
- Acoples bridados Durman, (en línea) 25 de septiembre de 2012.
<http://www.durman.com.co/noticias/Sept%2025%202012.html>
- Standard.hidráulica (en línea) Poluplumb
http://standardhidraulica.com/uploads/manuales_old/Manual%20t%C3%A9cnico%20Sistema%20PB%202011.pdf
- Definición hdpe (en línea)
https://es.wikipedia.org/wiki/Polietileno_de_alta_densidad
- Ventajas de las tuberías multicapa PERT-Al-PERT
<http://www.blansol.es/soluciones-fontaneria-y-calefaccion/tuberias-pex-y-multicapa/ventajas-tuberias-multicapa-pert-al-pert>
- Caucho nitrilo (en línea) miércoles, 25 de enero de 2012
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.es/2012/01/el-caucho-nitrilo-tambien-conocido-como.html>
- Manual técnico de polibutileno Terrain SDP
- Polímero reticulado definición (en línea)
<https://es.wikipedia.org/wiki/Reticulaci%C3%B3n>
- Boletín PP-901 Febrero 2003 Chevron Phillips Chemical Company LP
http://www.tademex.com.mx/tademexinicio/pdf/parte_6.pdf
- Manuel Fernández. Las Poliolefinas (en línea)
<http://www.plasticseurope.es/que-es-el-plastico/tipos-de-plasticos/poliolefinas.aspx>
- El craqueo o “Cracking” Julio Borja 9/03/2011 (en línea)
<https://somechemistry.wordpress.com/2011/03/09/el-craqueo-o-cracking/>
- Aquatherm iberica (en línea) Madrid “Brazo de flexión”
<http://aquatherm.es/productos/aquatherm-green-pipe/criterios-de-instalacion/brazo-de-flexion/>

- TUBOS DE PVC-U, POLI(CLORURO DE VINILO), NO PLASTIFICADO PARA CONDUCCIONES A PRESIÓN (en línea)
<http://www.blogplastics.com/tubos-de-pvc-u-policloruro-de-vinilo-no-plastificado-para-conducciones-a-presion/>
- PVC clorado (CPVC) sábado, 23 de noviembre de 2013 (en línea)
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.es/2013/11/pvc-clorado-cpvc.html>



PROGRAMAS DE UTILIZADOS



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: SEPTIEMBRE 2015

AUTOR: Diego García Lema

Fdo.: Diego García Lema

- Editor de ecuaciones en línea: <http://www.wiris.com/editor/demo/es/>
- Realización de planos en dos dimensiones: AutoCAD_2016 (windows version)
- Realización de planos y bocetos en tres dimensiones: Sketchup pro 2016
<http://www.sketchup.com/es/products/sketchup-pro>
- Realización del presupuesto: <http://edu.cype.es/arquimedes/>
- Edición de texto en línea con Google docs