# Sistema de presión PVC

FERROPLAST

# Certificado del Sistema de Gestión de la Calidad

AENOR
ER
Empresa Registrada
ISO 9001

**ER-1304/2001**

AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación, certifica que la organización

## PLASTICOS FERRO, S.L.

dispone de un sistema de gestión de la calidad conforme con la Norma ISO 9001:2008

para las actividades: A) La producción y gestión de la distribución de tuberías y accesorios en materiales plásticos para conducciones y canalizaciones.
B) La producción y gestión de la distribución de tuberías y accesorios en materiales plásticos y latón para conducciones y canalizaciones.

que se realizan en: A) RÚA JOSÉ FERRO RODEIRO, 4. 27836 - MURAS (LUGO)
A y B) PO MARÍTIMO, 7 - 8 BAJO. 15002 - A CORUÑA
B) CR ATARFE A SANTA FE, S/N. 18230 - ATARFE (GRANADA)

Fecha de primera emisión: 2001-09-04
Fecha de última emisión: 2015-10-15
Fecha de expiración: 2018-10-15

AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación

Avelino BRITO MARQUINA
Director General de AENOR

ociación Española de Normalización y Certificación | Génova, 6. 28004 Madrid. España Tel. 902 102 201 – www.aenor.es

IQNet

IQNet®

THE INTERNATIONAL CERTIFICATION NETWORK

# CERTIFICATE

IQNet and
AENOR
hereby certify that the organization

**PLASTICOS FERRO, S.L.**

| A) | A y B) | B) |
|---|---|---|
| RÚA JOSÉ FERRO RODEIRO, 4<br>27836 - MURAS<br>(LUGO) | PO MARÍTIMO, 7 - 8 BAJO<br>15002 - A CORUÑA | CR ATARFE A SANTA FE, S/N<br>18230 - ATARFE<br>(GRANADA) |

for the following field of activities

**A) The production and management of the distribution of pipelines and accessories in plastic materials for conductions (drivings) and channelings.**
**B) The production and management of the distribution of pipelines and accessories in plastic materials and brass for conductions (drivings) and channelings.**

has implemented and maintains a

Quality Management System

which fulfills the requirements of the following standard

ISO 9001:2008

First issued on: 2001-09-04 Last issued: 2015-10-15 Validity date: 2018-10-15

*Registration Number:* **ES-1304/2001**

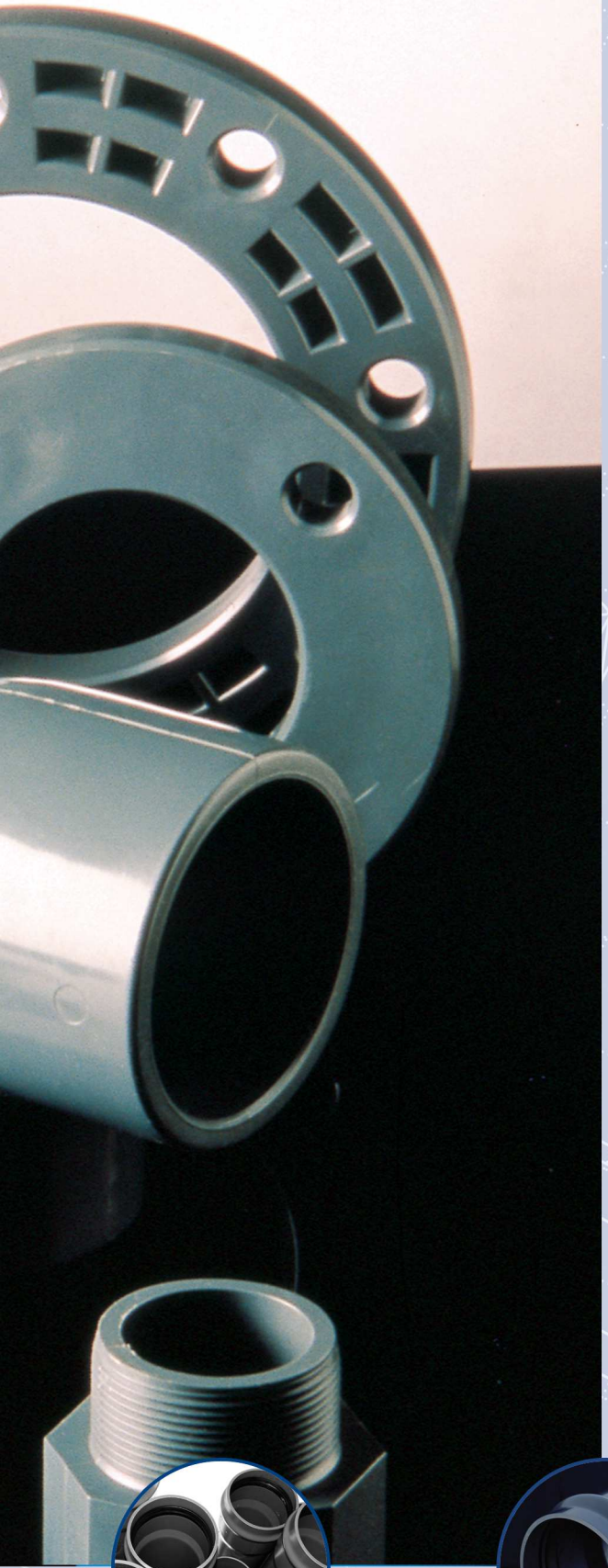
IQNet AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación

*Michael Drechsel*
*President of IQNet*

*Avelino BRITO*
*Chief Executive Officer*

IQNet Partners*:
AENOR *Spain* AFNOR Certification *France* AIB-Vincotte International *Belgium* ANCE *Mexico* APCER *Portugal* CCC *Cyprus* CISQ *Italy* CQC *China* CQM *China* CQS *Czech Republic* Cro Cert *Croatia* DQS Holding GmbH *Germany* FCAV *Brazil* FONDONORMA *Venezuela* ICONTEC *Colombia* IMNC *Mexico* Inspecta Certification *Finland* IRAM *Argentina* JQA *Japan* KFQ *Korea* MIRTEC *Greece* MSZT *Hungary* Nemko AS *Norway* NSAI *Ireland* PCBC *Poland* Quality Austria *Austria* RR *Russia* SII *Israel* SIQ *Slovenia* SIRIM QAS International *Malaysia* SQS *Switzerland* SRAC *Romania* TEST St Petersburg *Russia* TSE *Turkey* YUQS *Serbia*
IQNet is represented in the USA by: AFNOR Certification, CISQ, DQS Holding GmbH and NSAI Inc.
* The list of IQNet partners is valid at the time of issue of this certificate. Updated information is available under www.iqnet-certification.com

# Sistema de presión PVC



# ÍNDICE


| | |
|---|---|
| Fabricación y presentación | 6 |
| Calidad | 6 |
| Garantías | 6 |
| Características generales | 8 |
| Caracteristicas técnicas | 9 |
| Campos de aplicación | 10 |
| Programa de tuberías | 11 |
| Programa de accesorios | 12 |
| Conceptos básicos de hidráulica | 19 |
| Recomendaciones para el diseño de instalaciones | 25 |
| Consejos de montaje e instalación | 28 |
| Ejemplos de cálculo | 31 |
| Ruletas de cálculo para sistema de Presión PVC | 37 |

## FABRICACIÓN y PRESENTACIÓN

Las tuberías de presión PVC Ferroplast se fabrican con materia prima de primera calidad en conformidad con la norma **UNE EN ISO 1452** ("*Tubos de poli (cloruro de vinilo) no plastificado para conducción de agua a presión*").

Estas tuberías se fabrican mediante proceso de extrusión y se presentan biseladas y abocardadas para su unión mediante encolado o junta elástica. Los accesorios de presión PVC Ferroplast se fabrican mediante moldeo por inyección, empleando la tecnología más avanzada de transformación y control del proceso.

El marcaje de las tuberías de presión PVC Ferroplast, de colores **gris oscuro** (RAL 7011) o **azul** (RAL 5015), se realiza metro a metro por proyección de chorro de tinta indeleble (ink-jet), indicando:

## CALIDAD

Las tuberías y accesorios de presión PVC Ferroplast se fabrican con resina de Poli(cloruro de vinilo) exenta de plastificantes y de acuerdo con la norma europea **UNE EN ISO 1452** (tuberías para conducción de agua y saneamiento con presión).

USO PREVISTO:

- **W** para abastecimiento y conducción de agua a presión.
- **W+P** para abastecimiento y conducción de agua a presión así como para saneamiento con presión.

Nuestro departamento de calidad dedica una especial atención a las distintas fases del proceso de fabricación, que van desde el control de las materias primas hasta los productos terminados, los cuales son analizados continua y regularmente en nuestro laboratorio.

AENOR Producto Certificado

Las tuberías de presión PVC Ferroplast ofrecen la máxima garantía y están certificadas por AENOR.

## GARANTÍAS

Plásticos Ferro garantiza sus sistemas contra cualquier defecto de fabricación en cualquier país del mundo (excepto USA y Canadá) por un periodo de quince años a partir de la fecha de suministro.

Plásticos Ferro, mediante Póliza de Responsabilidad Civil, garantiza los eventuales daños ocasionados como consecuencia de un defecto de fabricación de sus productos, hasta un máximo de 1.500.000 €.

Es condición necesaria, para que la garantía tenga efecto, que se cumpla con la reglamentación vigente en el país donde se realice la instalación, que no existan defectos de ejecución, que se realicen las pruebas reglamentarias de resistencia y estanqueidad, que no se incumplan las advertencias de la documentación aportada y que no exista mezcla con otros tubos o accesorios no suministrados por Plásticos Ferro.

AENOR

Producto
Certificado

# CARACTERÍSTICAS GENERALES

## LIGEREZA
Facilidad de manipulación, almacenaje e instalación. El sistema de unión no requiere de la utilización de mano de obra especializada.

## ATOXICIDAD
No alteran el olor ni el sabor del agua, haciéndolas idóneas para el transporte de agua potable.

## IMPERMEABILIZACIÓN
No absorben agua ni permiten que ésta se filtre al exterior.

## ESTANQUEIDAD DE LAS UNIONES
Facilidad de montaje y puesta en servicio inmediata.

## DURABILIDAD
Vida útil mínima de 50 años con máxima seguridad y fiabilidad. Material inatacable por roedores y termitas.

## RESISTENCIA
• **A la presión:** ver diagrama adjunto.

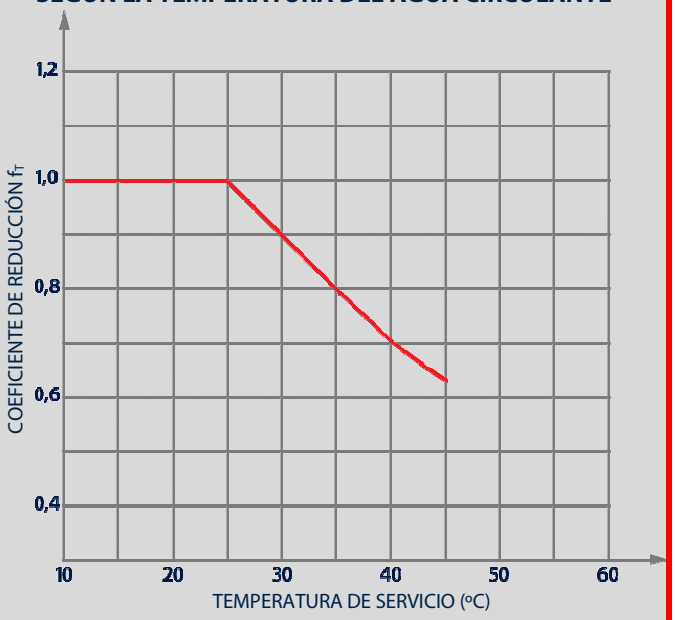
• **A la abrasión:** gracias a su baja rugosidad (paredes lisas) no se ven afectadas por las partículas sólidas transportadas en los fluidos.

• **Química:** inertes a la corrosión, a las aguas agresivas que transporte el efluente y a la acción química del terreno donde se instale. La norma UNE 53389 establece el nivel de resistencia química del PVC frente a sustancias agresivas.

• **Al aplastamiento:** su módulo de elasticidad las hace resistentes en aplicaciones enterradas, especialmente cuando se prevén movimientos o vibraciones del terreno. En las aplicaciones con presión reducen el impacto del golpe de ariete.

• **A las corrientes erráticas, telúricas y galvánicas:** no se ven afectadas por la corrosión electrolítica, dado que el PVC es un material no conductor de la electricidad.

### VALOR DE LA PRESIÓN DE SERVICIO ADMISIBLE (Kg/cm²) SEGÚN LA TEMPERATURA DEL AGUA CIRCULANTE




### COEFICIENTE DE REDUCCIÓN $f_T$
**PARA TEMPERATURAS DE SERVICIO DE HASTA 45ºC**

$$PFA = f_T \times PN$$

**PFA**: **Presión de Servicio Admisible** (bar) - máxima presión hidrostática que un componente puede soportar en utilización continua (sin sobrepresión)
**$f_T$**: **coeficiente de reducción** para temperaturas de servicio comprendidas entre los 25ºC y los 45ºC
**PN**: **Presión Nominal** (bar) - presión hidrostática admisible para el transporte de agua a 20°C durante 50 años.

*EJEMPLO: Tubo de PN 12,5 que se va a usar con agua a 40ºC.*
*Del gráfico se obtiene que el coeficiente de reducción $f_T$ a 40ºc = 0,71, por tanto, la Presión de Servicio Admisible a 40ºC en uso continuado PFA = 0,71 x 12,5 bar = 8,88 bar.*

Para aplicaciones especiales existe la posibilidad de aplicar coeficientes de reducción adicionales ($f_A$).

## ECONOMÍA DE DISEÑO
• Su bajo coeficiente de rugosidad permite maximizar la velocidad de flujo transportado y reducir tanto las pérdidas de carga como las pendientes necesarias para conseguir velocidades mínimas.
• La excavación y anchura de zanja son más reducidas: no se necesitan espacios adicionales para el montaje, reduciendo los gastos de excavación.

## BAJO IMPACTO MEDIOAMBIENTAL
Materia prima obtenida con una alta eficiencia energética; proceso de fabricación exento de sustancias y gases contaminantes; tuberías eficientes en el transporte y reciclables al final de su vida útil.

## GRAN VARIEDAD DE ACCESORIOS

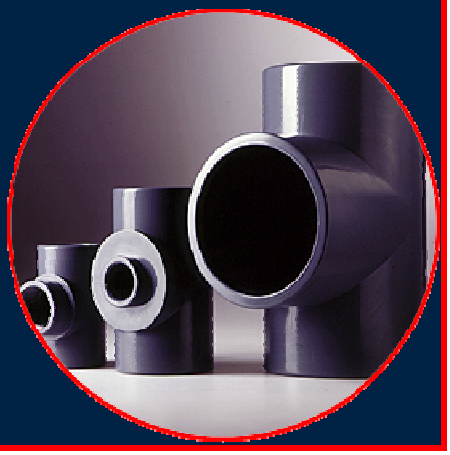
# CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | VALOR |
|---|---|
| Módulo de elasticidad | ≥ 3.600 MPa |
| Coeficiente medio de dilatación térmica lineal | 0,08 mm/m°C |
| Conductividad térmica | 0,16 W/m°C |
| Resistencia eléctrica superficial | ≥ $10^{12}$ Ω |
| Presión admisible de prueba en zanja a 25°C (PEA) | 1,5 x PFA |

| EXIGENCIAS EN ENSAYOS | | VALORES EXIGIDOS | MÉTODO DE ENSAYO |
|---|---|---|---|
| Densidad | | 1.350 – 1.460 Kg./$cm^3$ | UNE EN ISO 1183-1 |
| Opacidad | | ≤ 0,2 % | UNE EN ISO 7686-1 |
| Características químicas (V.C.M.) | | ≤ 1 ppm | UNE EN ISO 6401 |
| Resistencia al impacto a 0°C | | T.I.R. ≤ 10 % | UNE EN 744 |
| Temperatura de reblandecimiento VICAT | | ≥ 80 °C | UNE EN 727 |
| Retracción longitudinal en caliente | | Máx. 5% | UNE EN ISO 2505 |
| Resistencia al diclorometano 12°C | | Sin ataque | UNE EN 580 |
| Esfuerzo circunferencial (ensayo de presión interna) | 42 Mpa (1 hora a 20°C) | Sin fallo | UNE EN ISO 1167 |
| | 12,5 Mpa (1.000 horas a 60°C ) | | |
| Resistencia a corto plazo para los tipos de embocadura de tubos integrados | | Sin fallo | UNE EN ISO 1167 |
| Estanqueidad a presión hidrostática interna a corto plazo | | Sin fallo | UNE EN ISO 13845 |
| Estanqueidad a presión negativa de aire a corto plazo | | Sin fallo | UNE EN ISO 13844 |
| Estanqueidad a presión hidrostática interna a largo plazo | | Sin fallo | UNE EN ISO 13846 |

## CAMPOS DE APLICACIÓN

- Abastecimiento y distribución de agua potable
- Riegos agrícolas
- Riegos de instalaciones deportivas, jardines…
- Piscinas
- Instalaciones industriales
- Emisarios submarinos



Las tuberías de presión PVC Ferroplast tienen sus principales campos de aplicación en el abastecimiento de agua, instalaciones industriales, emisarios submarinos, riegos agrícolas o para instalaciones deportivas, jardines, piscinas…

# PROGRAMA DE TUBERÍAS

## UNIÓN ENCOLADA

| Ø ext. (mm) | PN (Bar) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | PN 6 | | PN 10 | | PN 16 | | PN 20 | |
| | Código | Espesor (mm) | Código | Espesor (mm) | Código | Espesor (mm) | Código | Espesor (mm) |
| 20 | - | - | - | - | - | - | 203119 | 1,9 |
| 25 | - | - | - | - | 203011 | 1,9 | 203120 | 2,3 |
| 32 | - | - | - | - | 203016 | 2,4 | 203121 | 2,9 |
| 40 | - | - | 203020 | 1,9 | 203021 | 3,0 | 203122 | 3,7 |
| 50 | - | - | 203025 | 2,4 | 203026 | 3,7 | 203123 | 4,6 |
| 63 | 203090 | 2,0 | 203030 | 3,0 | 203046 | 4,7 | 203124 | 5,8 |
| 75 | 203091 | 2,3 | 203034 | 3,6 | 203080 | 5,6 | 203125 | 6,8 |
| 90 | 203092 | 2,8 | 203038 | 4,3 | 203081 | 6,7 | 203126 | 8,2 |
| 110 | 203093 | 2,7 | 203103 | 4,2 | 203111 | 6,6 | 203127 | 8,1 |
| 125 | 203094 | 3,1 | 203104 | 4,8 | 203112 | 7,4 | 203128 | 9,2 |
| 140 | 203095 | 3,5 | 203105 | 5,4 | 203113 | 8,3 | 203129 | 10,3 |
| 160 | 203096 | 4,0 | 203106 | 6,2 | 203114 | 9,5 | 203130 | 11,8 |
| 180 | 203097 | 4,4 | 203107 | 6,9 | 203115 | 10,7 | 203131 | 13,3 |
| 200 | 203098 | 4,9 | 203108 | 7,7 | 203116 | 11,9 | 203132 | 14,7 |
| 250 | 203099 | 6,2 | 203109 | 9,6 | 203117 | 14,8 | 203133 | 18,4 |
| 315 | 203100 | 7,7 | 203110 | 12,1 | 203118 | 18,7 | 203134 | 23,2 |

- **Fabricadas según NORMA UNE EN ISO 1452. Marca de calidad AENOR.**
- Longitud total: 5 m hasta Ø 50 y 6 m desde Ø 63.
- Color GRIS RAL 7011 o AZUL (RAL 5015).
- Abastecimiento de agua: Ø 20 hasta Ø 90 y en todas las presiones nominales. Marcado W.
- Saneamiento con presión y abastecimiento de agua: Ø 110 hasta Ø 315 y en todas las presiones nominales. Marcado W+P.
- PN = Presión nominal (bar).
- Utilice adhesivo y limpiador Ferroplast.

** Para otros diámetros y presiones, consultar.*

## UNIÓN POR JUNTA ELÁSTICA

| Ø ext. (mm) | PN (Bar) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | PN 6 | | PN 10 | | PN 16 | | PN 20 | |
| | Código | Espesor (mm) | Código | Espesor (mm) | Código | Espesor (mm) | Código | Espesor (mm) |
| 63 | 204054 | 2,0 | 204002 | 3,0 | 204003 | 4,7 | 204085 | 5,8 |
| 75 | 204055 | 2,3 | 204005 | 3,6 | 204006 | 5,6 | 204086 | 6,8 |
| 90 | 204056 | 2,8 | 204008 | 4,3 | 204009 | 6,7 | 204087 | 8,2 |
| 110 | 204057 | 2,7 | 204068 | 4,2 | 204077 | 6,6 | 204088 | 8,1 |
| 125 | 204058 | 3,1 | 204069 | 4,8 | 204078 | 7,4 | 204089 | 9,2 |
| 140 | 204059 | 3,5 | 204070 | 5,4 | 204079 | 8,3 | 204090 | 10,3 |
| 160 | 204060 | 4,0 | 204071 | 6,2 | 204080 | 9,5 | 204091 | 11,8 |
| 180 | 204061 | 4,4 | 204072 | 6,9 | 204081 | 10,7 | 204092 | 13,3 |
| 200 | 204062 | 4,9 | 204073 | 7,7 | 204082 | 11,9 | 204093 | 14,7 |
| 250 | 204063 | 6,2 | 204074 | 9,6 | 204083 | 14,8 | 204094 | 18,4 |
| 315 | 204064 | 7,7 | 204075 | 12,1 | 204084 | 18,7 | 204095 | 23,2 |
| 400 | 204065 | 9,8 | 204076 | 15,3 | - | - | - | - |
| 500 | 204066 | 12,3 | - | - | - | - | - | - |
| 630 | 204067 | 15,4 | - | - | - | - | - | - |

- **Fabricadas según NORMA UNE EN ISO 1452. Marca de calidad AENOR.**
- Longitud total: 6 m.
- Color GRIS RAL 7011 o AZUL (RAL 5015).
- Abastecimiento de agua: Ø 63 hasta Ø 90 y en todas las presiones nominales. Marcado W.
- Saneamiento con presión y abastecimiento de agua: Ø 110 hasta Ø 630 y en todas las presiones nominales. Marcado W+P.
- PN = Presión nominal (bar).

** Para otros diámetros y presiones, consultar.*

Gracias a la longitud de los tubos y a su bajo peso en comparación con otros materiales, se obtiene el más alto rendimiento en la instalación.

# PROGRAMA DE ACCESORIOS

## ACCESORIOS DE PRESIÓN PVC INYECTADOS

## SERIE LISA PN-10 ATM

### CODO HEMBRA-HEMBRA 45°

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 16 | 304407 | 100 |
| 20 | 304551 | 200 |
| 25 | 220083 | 150 |
| 32 | 220084 | 80 |
| 40 | 220085 | 45 |
| 50 | 220086 | 75 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 63 | 304695 | 32 |
| 75 | 220088 | 22 |
| 90 | 220089 | 14 |
| 110 | 220090 | 16 |
| 125 | 220091 | 8 |

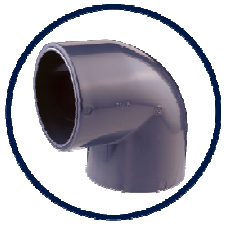
| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 140 | 304178 | 9 |
| 160 | 304093 | 5 |
| 200 | 304473 | 2 |
| 250 | 304095 | 1 |
| 315 | 304470 | 1 |

### CODO HEMBRA-HEMBRA 90°

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 16 | 206001 | 100 |
| 20 | 220602 | 200 |
| 25 | 220603 | 100 |
| 32 | 220604 | 65 |
| 40 | 220605 | 100 |
| 50 | 220012 | 60 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 63 | 220013 | 30 |
| 75 | 220014 | 18 |
| 90 | 220015 | 26 |
| 110 | 220016 | 12 |
| 125 | 220017 | 8 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 140 | 220404 | 5 |
| 160 | 220019 | 4 |
| 200 | 304423 | 2 |
| 250 | 304381 | 1 |
| 315 | 304471 | 1 |

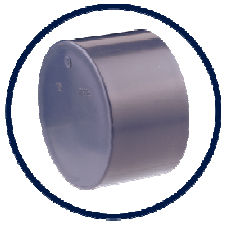


### TAPÓN HEMBRA

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 20 | 220032 | 600 |
| 25 | 220033 | 250 |
| 32 | 220034 | 150 |
| 40 | 220035 | 100 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 50 | 220036 | 60 |
| 63 | 220037 | 90 |
| 75 | 220038 | 60 |
| 90 | 220039 | 35 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 110 | 220040 | 24 |
| 125 | 220041 | 15 |
| 140 | 304196 | 5 |
| 160 | 304042 | 6 |

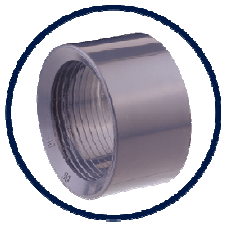


### CASQUILLO REDUCTOR

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 20/16 | 304051 | 600 |
| 25/20 | 220052 | 600 |
| 32/25 | 220611 | 250 |
| 40/32 | 220613 | 150 |
| 50/20 | 220636 | 120 |
| 50/25 | 220637 | 120 |
| 50/32 | 220638 | 120 |
| 50/40 | 220615 | 100 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 63/50 | 220616 | 60 |
| 75/63 | 220053 | 32 |
| 90/75 | 220057 | 20 |
| 110/90 | 220060 | 34 |
| 125/110 | 220063 | 24 |
| 140/125 | 220408 | 15 |
| 140/110 | 304409 | 20 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 160/140 | 304410 | 12 |
| 160/125 | 304411 | 12 |
| 200/160 | 304204 | 6 |
| 250/160 | 304493 | 6 |
| 250/200 | 304494 | 6 |
| 315/200 | 304495 | 2 |
| 315/250 | 304496 | 3 |

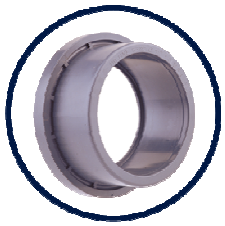


### MANGUITO UNIÓN BRIDA

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 63 | 304267 | 35 |
| 75 | 304226 | 25 |
| 90 | 304246 | 30 |
| 110 | 304242 | 20 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 125 | 304190 | 15 |
| 140 | 304210 | 18 |
| 160 | 304416 | 14 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 200 | 304465 | 7 |
| 250 | 304497 | 4 |
| 315 | 304498 | 1 |



*Todas las medidas expresadas en milímetros. Para otras medidas por favor consultar.*

# ACCESORIOS DE PRESIÓN PVC INYECTADOS

## SERIE LISA PN-10 ATM (continuación)

### CURVA 3 BOCAS 90º

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 50 | 220001 | 60 |

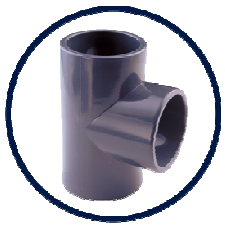
### MANGUITO HEMBRA-HEMBRA

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 20 | 220002 | 250 |
| 25 | 220003 | 150 |
| 32 | 220004 | 90 |
| 40 | 220005 | 55 |
| 50 | 220006 | 95 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 63 | 220007 | 60 |
| 75 | 220008 | 36 |
| 90 | 220009 | 18 |
| 110 | 220010 | 12 |
| 125 | 220011 | 8 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 140 | 304650 | 6 |
| 160 | 304412 | 6 |
| 200 | 304180 | 2 |
| 250 | 304488 | 2 |
| 315 | 304489 | 1 |

### TE IGUAL 90°

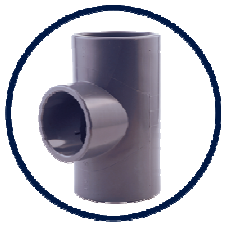


| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 20 | 220607 | 150 |
| 25 | 220608 | 90 |
| 32 | 220609 | 80 |
| 40 | 220610 | 90 |
| 50 | 220022 | 45 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 63 | 220023 | 25 |
| 75 | 220024 | 14 |
| 90 | 220025 | 17 |
| 110 | 220026 | 9 |
| 125 | 220027 | 6 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 140 | 304413 | 5 |
| 160 | 304414 | 3 |
| 200 | 304415 | 1 |
| 250 | 304490 | 1 |
| 315 | 304491 | 1 |

### TE REDUCIDA 90º HEMBRA



| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 25/20 | 220096 | 100 |
| 32/20 | 304697 | 50 |
| 32/25 | 304700 | 50 |
| 40/32 | 220099 | 90 |
| 40/25 | 220100 | 90 |
| 40/20 | 220101 | 90 |
| 50/40 | 220102 | 42 |
| 50/32 | 220103 | 42 |
| 50/25 | 304698 | 48 |
| 50/20 | 304699 | 48 |
| 63/50 | 220106 | 22 |
| 63/40 | 220107 | 27 |
| 63/32 | 220108 | 27 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 63/25 | 220109 | 27 |
| 63/20 | 220110 | 27 |
| 75/63 | 220111 | 14 |
| 75/50 | 220112 | 14 |
| 75/40 | 220113 | 14 |
| 75/32 | 220114 | 14 |
| 75/25 | 220115 | 14 |
| 75/20 | 220116 | 14 |
| 90/75 | 304221 | 20 |
| 90/63 | 304222 | 18 |
| 90/50 | 304174 | 18 |
| 90/40 | 304288 | 18 |
| 90/25 | 304191 | 18 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 110/90 | 304223 | 12 |
| 110/75 | 304228 | 12 |
| 110/63 | 304028 | 12 |
| 110/50 | 304029 | 12 |
| 110/40 | 304030 | 12 |
| 110/32 | 304229 | 12 |
| 110/25 | 304192 | 10 |
| 125/110 | 304168 | 6 |
| 125/90 | 304230 | 6 |
| 125/75 | 304286 | 6 |
| 125/63 | 304169 | 6 |
| 125/50 | 304172 | 6 |
| 125/40 | 304170 | 6 |

### UNIÓN TRES PIEZAS HEMBRA-HEMBRA

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 20 | 304044 | 50 |
| 25 | 304045 | 60 |
| 32 | 304046 | 25 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 40 | 304047 | 30 |
| 50 | 220639 | 40 |
| 63 | 304049 | 24 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 75 | 304050 | 30 |
| 90 | 304181 | 12 |

*Todas las medidas expresadas en milímetros. Para otras medidas por favor consultar.*

## ACCESORIOS DE PRESIÓN PVC INYECTADOS

### SERIE LISA PN-10 ATM (continuación)

### REDUCCIÓN EXTERIOR MACHO-HEMBRA

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 32/20 | 304628 | 60 |
| 40/25 | 206014 | 80 |
| 40/20 | 304280 | 80 |
| 50/32 | 304055 | 40 |
| 50/25 | 304405 | 50 |
| 50/20 | 304281 | 50 |
| 63/40 | 206017 | 30 |
| 63/32 | 304268 | 30 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 63/25 | 304287 | 30 |
| 75/50 | 304054 | 30 |
| 75/40 | 304056 | 30 |
| 75/32 | 304269 | 25 |
| 90/63 | 304058 | 35 |
| 90/50 | 304059 | 45 |
| 90/40 | 304270 | 35 |
| 110/75 | 304061 | 24 |

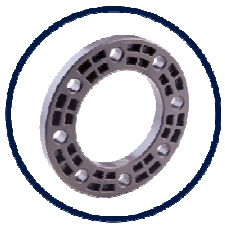
| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 110/63 | 304062 | 30 |
| 110/50 | 304173 | 30 |
| 125/90 | 304195 | 20 |
| 125/75 | 304463 | 36 |
| 140/110 | 304202 | 8 |
| 160/110 | 304492 | 8 |
| 200/160 | 304501 | 6 |

### BRIDA LOCA

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 63 | 304158 | 25 |
| 75 | 304284 | 23 |
| 90 | 304245 | 20 |
| 110 | 304272 | 15 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 125 | 304197 | 20 |
| 140 | 304205 | 18 |
| 160 | 304167 | 10 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 200 | 304464 | 9 |
| 250 | 304499 | 7 |
| 315 | 304500 | 7 |



*Todas las medidas expresadas en milímetros. Para otras medidas por favor consultar.*

La gama de accesorios para tuberías de presión Ferroplast completa un sistema diseñado para solucionar todas las necesidades de instalación.

# ACCESORIOS DE PRESIÓN PVC INYECTADOS

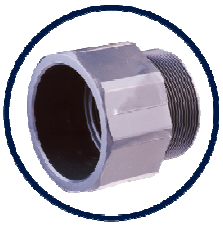
## SERIE MIXTA PN-10 ATM

### TERMINAL ROSCA MACHO

| Ø | Rosca | Código | U./Caja |
|---|---|---|---|
| 20 | 1/2″ | 220627 | 250 |
| 25 | 3/4″ | 220628 | 150 |
| 32 | 1″ | 220629 | 100 |

| Ø | Rosca | Código | U./Caja |
|---|---|---|---|
| 40 | 1-1/4″ | 220630 | 55 |
| 50 | 1-1/2″ | 220078 | 45 |
| 63 | 2″ | 220079 | 55 |

| Ø | Rosca | Código | U./Caja |
|---|---|---|---|
| 75 | 2-1/2″ | 220080 | 55 |
| 90 | 3″ | 304216 | 16 |
| 110 | 4″ | 304249 | 10 |

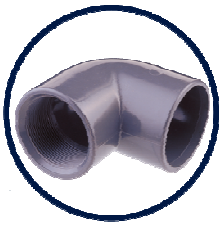


### CODO HEMBRA-HEMBRA 90° MIXTO

| Ø | Rosca | Código | U./Caja |
|---|---|---|---|
| 20 | 1/2″ | 220622 | 150 |
| 25 | 3/4″ | 220623 | 100 |

| Ø | Rosca | Código | U./Caja |
|---|---|---|---|
| 32 | 1″ | 220624 | 55 |
| 40 | 1-1/4″ | 220625 | 95 |

| Ø | Rosca | Código | U./Caja |
|---|---|---|---|
| 50 | 1-1/2″ | 220069 | 50 |
| 63 | 2″ | 220070 | 30 |



### TE IGUAL 90° HEMBRA-HEMBRA MIXTA

| Ø | Rosca | Código | U./Caja |
|---|---|---|---|
| 20 | 1/2″ | 220072 | 100 |
| 25 | 3/4″ | 220073 | 75 |

| Ø | Rosca | Código | U./Caja |
|---|---|---|---|
| 32 | 1″ | 220074 | 40 |
| 40 | 1-1/4″ | 220075 | 70 |

| Ø | Rosca | Código | U./Caja |
|---|---|---|---|
| 50 | 1-1/2″ | 220076 | 45 |
| 63 | 2″ | 220077 | 23 |

### TE REDUCIDA 90° HEMBRA-HEMBRA MIXTA

| Ø | Rosca | Código | U./Caja |
|---|---|---|---|
| 25 | 1/2″ | 304684 | 75 |
| 32 | 3/4″ | 304685 | 45 |
| 32 | 1/2″ | 304686 | 45 |
| 40 | 1″ | 304687 | 78 |
| 40 | 3/4″ | 304688 | 78 |

| Ø | Rosca | Código | U./Caja |
|---|---|---|---|
| 40 | 1/2″ | 304689 | 78 |
| 50 | 1-1/4″ | 304690 | 42 |
| 50 | 1″ | 304691 | 42 |
| 50 | 3/4″ | 304692 | 48 |
| 50 | 1/2″ | 304693 | 48 |

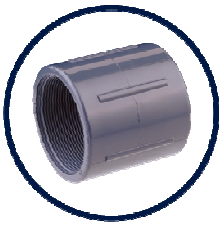
| Ø | Rosca | Código | U./Caja |
|---|---|---|---|
| 63 | 1-1/2″ | 304127 | 40 |
| 63 | 1-1/4″ | 304128 | 40 |
| 63 | 1″ | 304129 | 40 |
| 63 | 3/4″ | 304130 | 40 |
| 63 | 1/2″ | 304131 | 35 |

### MANGUITO DE UNIÓN HEMBRA-HEMBRA MIXTO

| Ø | Rosca | Código | U./Caja |
|---|---|---|---|
| 20 | 1/2″ | 220618 | 250 |
| 25 | 3/4″ | 220619 | 150 |
| 32 | 1″ | 220620 | 90 |

| Ø | Rosca | Código | U./Caja |
|---|---|---|---|
| 40 | 1-1/4″ | 220621 | 55 |
| 50 | 1-1/2″ | 220065 | 30 |

| Ø | Rosca | Código | U./Caja |
|---|---|---|---|
| 63 | 2″ | 220066 | 60 |
| 75 | 2-1/2″ | 220067 | 36 |



### ENLACE TRES PIEZAS MACHO-HEMBRA

| Ø | Rosca | Código | U./Caja |
|---|---|---|---|
| 50 | 1-1/2″ | 220640 | 20 |

*Todas las medidas expresadas en milímetros. Para otras medidas por favor consultar.*

# ACCESORIOS DE PRESIÓN PVC MANIPULADOS

## PN-6 ATM

### CURVA HEMBRA-HEMBRA 45°

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 90 | 304143 | Bajo pedido |
| 110 | 304144 | Bajo pedido |
| 125 | 304145 | Bajo pedido |
| 140 | 304146 | Bajo pedido |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 160 | 304147 | Bajo pedido |
| 180 | 304247 | Bajo pedido |
| 200 | 304211 | Bajo pedido |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 250 | 304357 | Bajo pedido |
| 315 | 304278 | Bajo pedido |
| 400 | 304394 | Bajo pedido |

### CURVA HEMBRA-HEMBRA 90°

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 90 | 304153 | Bajo pedido |
| 110 | 304154 | Bajo pedido |
| 125 | 304155 | Bajo pedido |
| 140 | 304156 | Bajo pedido |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 160 | 304157 | Bajo pedido |
| 180 | 304187 | Bajo pedido |
| 200 | 304203 | Bajo pedido |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 250 | 304273 | Bajo pedido |
| 315 | 304240 | Bajo pedido |
| 400 | 304393 | Bajo pedido |

### MANGUITO UNIÓN

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 140 | 304215 | Bajo pedido |
| 160 | 304238 | Bajo pedido |
| 180 | 304239 | Bajo pedido |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 200 | 304235 | Bajo pedido |
| 250 | 304248 | Bajo pedido |

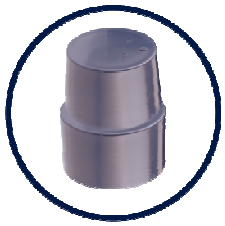
| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 315 | 304363 | Bajo pedido |
| 400 | 304392 | Bajo pedido |

### TAPÓN HEMBRA

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 180 | 304276 | Bajo pedido |
| 200 | 304274 | Bajo pedido |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 250 | 304358 | Bajo pedido |
| 315 | 306001 | Bajo pedido |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 400 | 306002 | Bajo pedido |



### REDUCCIÓN HEMBRA-MACHO

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 140/125 | 304194 | Bajo pedido |
| 160/110 | 304243 | Bajo pedido |
| 160/125 | 304217 | Bajo pedido |
| 160/140 | 304193 | Bajo pedido |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 180/140 | 304250 | Bajo pedido |
| 180/160 | 304200 | Bajo pedido |
| 200/160 | 304208 | Bajo pedido |
| 200/180 | 304201 | Bajo pedido |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 250/200 | 304241 | Bajo pedido |
| 315/250 | 304279 | Bajo pedido |
| 400/315 | 304395 | Bajo pedido |

### TUBULADURA BRIDA

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 140 | 304189 | Bajo pedido |
| 160 | 304206 | Bajo pedido |
| 180 | 304188 | Bajo pedido |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 200 | 304198 | Bajo pedido |
| 250 | 304265 | Bajo pedido |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 315 | 304282 | Bajo pedido |
| 400 | 304021 | Bajo pedido |

*Todas las medidas expresadas en milímetros. Para otras medidas por favor consultar.*

## ACCESORIOS DE PRESIÓN PVC MANIPULADOS

### PN-6 ATM (continuación)

### TE IGUAL

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 180 | 304207 | Bajo pedido |
| 200 | 304283 | Bajo pedido |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 250 | 304224 | Bajo pedido |
| 315 | 304366 | Bajo pedido |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 400 | 304391 | Bajo pedido |

### TE REDUCIDA

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 250/140 | 304351 | Bajo pedido |
| 250/160 | 304352 | Bajo pedido |

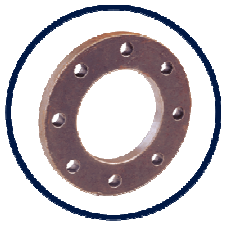
| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 250/180 | 304353 | Bajo pedido |
| 250/200 | 304354 | Bajo pedido |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 315/250 | 304450 | Bajo pedido |

### BRIDA LOCA DE HIERRO

| Ø | nº Taladros | Código | U./Caja |
|---|---|---|---|
| 140 | 8 | 313127 | Bajo pedido |
| 160 | 8 | 313128 | Bajo pedido |
| 180 | 8 | 313129 | Bajo pedido |
| 200 | 8 | 313130 | Bajo pedido |

| Ø | nº Taladros | Código | U./Caja |
|---|---|---|---|
| 250 | 12 | 313131 | Bajo pedido |
| 315 | 12 | 313132 | Bajo pedido |
| 400 | 16 | 313135 | Bajo pedido |



*Todas las medidas expresadas en milímetros. Para otras medidas por favor consultar.*

## Las tuberías de presión PVC Ferroplast están fabricadas mediante proceso de extrusión.

# VÁLVULAS Y VENTOSAS

## VÁLVULA DE ESFERA METÁLICA

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 1/4" | 309033 | 30 |
| 3/8" | 309034 | 30 |
| 1/2" | 309035 | 30 |
| 3/4" | 309036 | 20 |

* Construidas en latón cromado
* Juntas PTFE
* PN-16 ATM

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 1" | 309037 | 10 |
| 1-1/4" | 309038 | 6 |
| 1-1/2" | 309039 | 4 |
| 2" | 309040 | 10 |

* Temperatura máxima 180ºC
* Extremo rosca gas

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 2-1/2" | 309041 | 3 |
| 3" | 309042 | 5 |
| 4" | 309043 | 2 |

## VÁLVULA DE MARIPOSA TIPO WAFER

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 2-1/2" | 309026 | 15 |
| 3" | 309027 | 15 |

* Cierre y juntas tóricas en EPDM

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 4" | 309017 | 10 |
| 5" | 309018 | 10 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 6" | 309019 | 8 |
| 8" | 309028 | 4 |

## VÁLVULA DE MARIPOSA TIPO SOCKET

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 75 | 309031 | 12 |
| 90 | 309032 | 9 |
| 110 | 309020 | 6 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 125 | 309021 | 4 |
| 140 | 309022 | 4 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 160 | 309023 | 4 |
| 200 | 309029 | 1 |

## VÁLVULA DE BOLA SERIE LISA

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 20 | 309001 | 30 |
| 25 | 309002 | 20 |
| 32 | 309003 | 15 |
| 40 | 309004 | 10 |

* Juntas de teflón

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 50 | 309005 | 10 |
| 63 | 309006 | 10 |
| 75 | 309007 | 4 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 90 | 309008 | 3 |
| 110 | 309024 | 2 |
| 125 | 309030 | 2 |

## VÁLVULA DE BOLA SERIE ROSCADA

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 1/2" | 309009 | 30 |
| 3/4" | 309010 | 20 |
| 1" | 309011 | 15 |

* Juntas de teflón

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 1-1/4" | 309012 | 10 |
| 1-1/2" | 309013 | 10 |
| 2" | 309014 | 10 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 2-1/2" | 309015 | 4 |
| 3" | 309016 | 3 |
| 4" | 309025 | 2 |

## VÁLVULA DE ENLACE PE

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 20 | 309044 | 30 |
| 25 | 309045 | 20 |
| 32 | 309046 | 15 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 40 | 309047 | 10 |
| 50 | 309048 | 10 |
| 63 | 309049 | 10 |

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 75 | 309050 | 4 |
| 90 | 309051 | 3 |

## VENTOSAS

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 3/4" | 313195 | Bajo pedido |

* Ø 0-100 mm de 3/4"

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 1" | 313196 | Bajo pedido |

* Ø 110-160 mm de 1"

| Ø | Código | U./Caja |
|---|---|---|
| 2" | 313197 | Bajo pedido |

* Ø 180-250 mm de 2"

*Todas las medidas expresadas en milímetros. Para otras medidas por favor consultar.*

# PÉRDIDAS DE CARGA

### Concepto

A lo largo de una conducción, un fluido experimenta una pérdida de energía que se denomina **pérdida de carga**.

Las pérdidas de carga pueden ser de dos tipos:

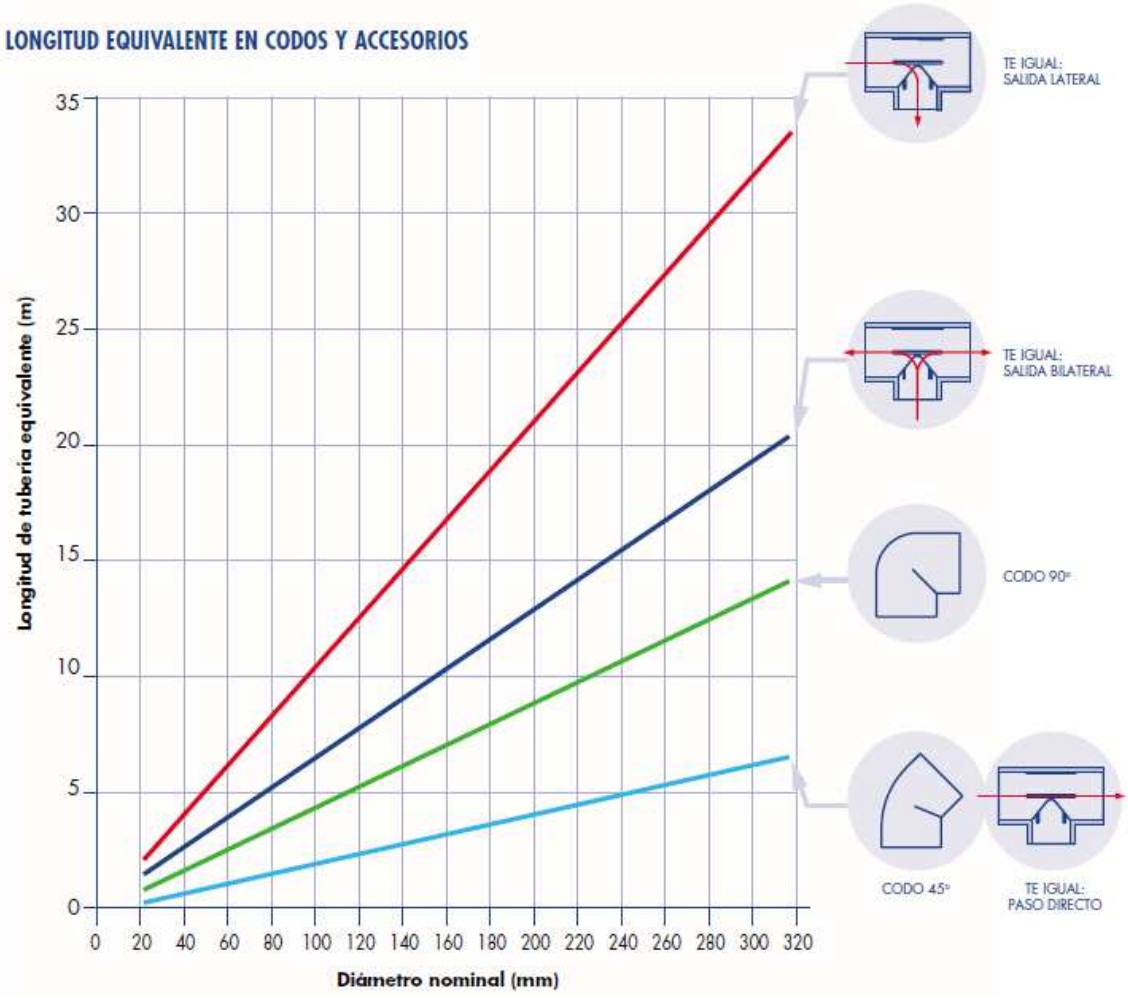
- **Continuas**: son debidas al rozamiento con las paredes de la tubería.
- **Localizadas**: se producen en derivaciones, confluencias, cambios de dirección, cambios de sección, válvulas... y en cualquier elemento que introduzca una perturbación en la circulación del fluido.

## PÉRDIDAS DE CARGA LOCALIZADAS. LONGITUD DE TUBERÍA EQUIVALENTE

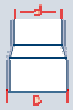
Para calcular las pérdidas de carga localizadas, se considerará que el accesorio produce la misma pérdida de carga que la existente en un tramo de tubería de longitud equivalente cuyo diámetro será:

- **Codos y tes**: el correspondiente nominal del accesorio.
- **Ampliaciones y reducciones**: el mayor de los dos diámetros.

### LONGITUD EQUIVALENTE EN CODOS Y ACCESORIOS



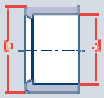
## LONGITUD EQUIVALENTE EN REDUCCIONES Y AMPLIACIONES GRADUALES:



### REDUCCIÓN EXTERIOR MACHO-HEMBRA

| Diámetro | | Como ampliación | Como reducción |
|---|---|---|---|
| d | D | $L_{equi}$ (m) | $L_{equi}$ (m) |
| 20 | 32 | 10 | 1,5 |
| 20 | 40 | 15 | 2,0 |
| 20 | 50 | 20 | 3,0 |
| 25 | 40 | 16 | 2,0 |
| 25 | 50 | 20 | 3,0 |
| 25 | 63 | 25 | 4,0 |
| 32 | 50 | 15 | 2,0 |
| 32 | 63 | 10 | 3,0 |
| 32 | 75 | 25 | 4,0 |
| 40 | 63 | 18 | 2,5 |
| 40 | 75 | 21 | 3,0 |
| 40 | 90 | 26 | 3,0 |
| 50 | 75 | 19 | 3,0 |
| 50 | 90 | 21 | 3,5 |
| 50 | 110 | 25 | 4,0 |
| 63 | 90 | 16 | 3,0 |
| 63 | 110 | 18 | 3,5 |
| 75 | 110 | 7 | 1,0 |
| 75 | 125 | 28 | 3,5 |
| 90 | 125 | 30 | 3,0 |
| 110 | 160 | 38 | 5,5 |
| 160 | 200 | 30 | 5,5 |

## LONGITUD EQUIVALENTE EN REDUCCIONES Y AMPLIACIONES BRUSCAS:



### CASQUILLO REDUCTOR

| Diámetro | | Como ampliación | Como reducción |
|---|---|---|---|
| d | D | $L_{equi}$ (m) | $L_{equi}$ (m) |
| 20 | 25 | 2,5 | 5,0 |
| 25 | 32 | 3,5 | 6,5 |
| 32 | 40 | 3,5 | 7,0 |
| 40 | 50 | 4,0 | 8,5 |
| 50 | 63 | 5,0 | 10,0 |
| 63 | 75 | 4,0 | 10,5 |
| 75 | 90 | 5,0 | 12,0 |
| 90 | 110 | 6,0 | 14,0 |
| 110 | 125 | 3,0 | 10,0 |
| 110 | 140 | 10,0 | 19,0 |
| 125 | 140 | 3,0 | 11,0 |
| 125 | 160 | 12,0 | 21,0 |
| 140 | 160 | 5,0 | 14,0 |
| 160 | 200 | 12,0 | 23,0 |
| 160 | 250 | 35,0 | 38,0 |
| 200 | 250 | 15,0 | 28,0 |
| 200 | 315 | 42,0 | 45,0 |
| 250 | 315 | 17,0 | 33,0 |

## PERFIL DE UNA CANALIZACIÓN EN RELACIÓN CON LAS PÉRDIDAS DE CARGA

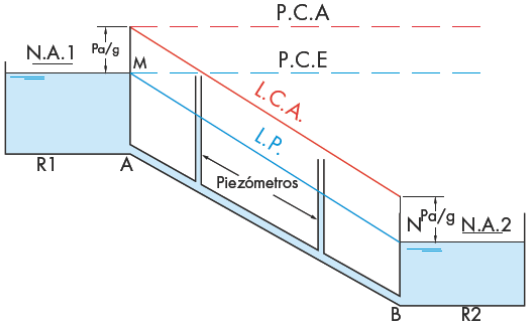
Sobre el alzado de una conducción se puede representar una línea que indique la presión manométrica existente en cualquier punto de ella. Esta línea se conoce con el nombre de **LÍNEA PIEZOMÉTRICA (L.P.)**.

La **Línea de Carga Absoluta (L.C.A.)** es la línea paralela a la L.P. y resulta de sumarle el valor de la presión atmosférica.

Tanto L.P. como L.C.A. representan valores dinámicos, medidos con el líquido en movimiento.

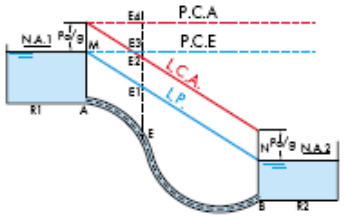
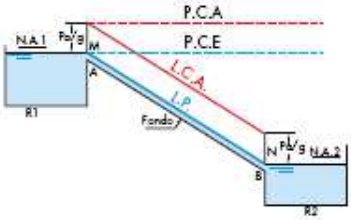
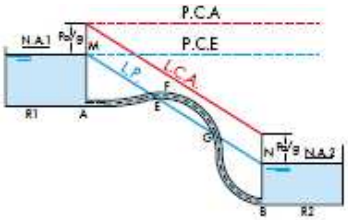
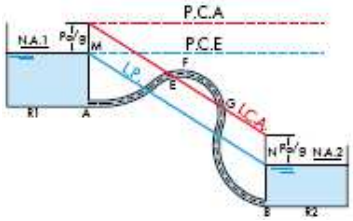
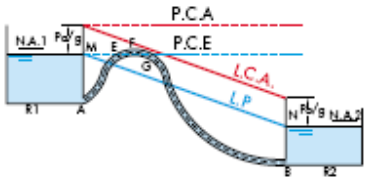
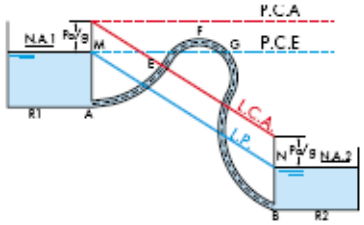
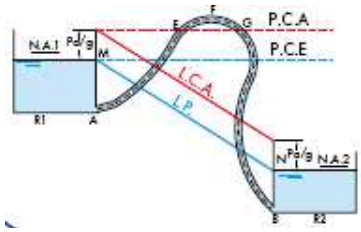
También se definen los siguientes planos estáticos:

- **Plano de Carga Efectiva (P.C.E.**) plano que representa la máxima elevación que puede alcanzar el agua sin ayuda de impulsión.
- **Plano de Carga Absoluta (P.C.A.)** plano paralelo al P.C.E. resultante de sumarle el valor de la presión atmosférica.



En función de la posición relativa de la tubería respecto a las líneas y planos anteriores, se pueden dar los siguientes casos:

## CASOS SEGÚN SITUACIÓN RESPECTO DE LOS PARÁMETROS PIEZOMÉTRICOS

| | | |
|---|---|---|
|  | **Tubería AB por debajo de la línea piezométrica.** | Tomando como origen la presión atmosférica, la presión es positiva en todos los puntos. **La circulación del caudal de cálculo queda garantizada sin problemas.** |
|  | **Tubería AB coincide con la línea piezométrica en todo su recorrido.** | La presión manométrica en todos los puntos de la conducción es nula y, por tanto, el fluido circula a presión atmosférica. **La conducción trabaja en régimen de lámina libre**. |
|  | **Tubería AB por debajo de la línea piezométrica excepto el tramo situado entre L.P. y L.C.A.** | En el tramo EFG la presión es inferior a la atmosférica (presión manométrica negativa) y **se favorece el desprendimiento de vapor de agua y del aire disuelto en el agua que, se acumularán en el punto más alto del tramo**. Esta circunstancia provoca una pérdida de carga localizada y se evita colocando una ventosa en el punto F. |
|  | **Tubería AB corta la línea de carga absoluta y queda por debajo del plano de carga efectiva.** | En este caso, el problema que se origina es similar al del caso anterior pero, el caudal circulante es aún menor. **Es conveniente dejar registrable el tramo EFG**. |
|  | **Tubería con un tramo sobre el plano de carga efectiva pero por debajo de la línea de carga absoluta.** | La tubería trabajará como un sifón. **El llenado deberá ser lento para dejar salir el aire.** Es aconsejable colocar una purga de aire en el punto más alto de la conducción (F). |
|  | **Tubería con un tramo por encima de la línea de carga absoluta pero bajo el plano de carga absoluta.** | La tubería trabajará como un sifón pero, en las peores condiciones posibles. |
|  | **Tubería con un tramo por encima de la línea y el plano de carga absoluta.** | No es posible la circulación de agua por acción de la gravedad. **Para ello será necesario instalar un sistema de impulsión.** |

# GOLPE DE ARIETE

## ♦ Concepto

Consiste en la determinación del valor de las sobrepresiones y depresiones que tienen lugar con el fenómeno, y que se desplazan a lo largo de la conducción a modo de onda. El valor de estas variaciones de presión depende de:

- Velocidad de propagación de la onda, la cual es función de:
  - módulo de elasticidad del material
  - diámetro de la tubería
  - espesor del tubo
- Tiempo de accionamiento de la válvula (T)
- Longitud de tubería (L)
- Velocidad de circulación antes de accionar la válvula (v)

## ♦ Cálculo

### Primer paso: Cálculo de la celeridad de la onda (a)

La tabla siguiente muestra el valor de la celeridad de la onda para las tuberías del sistema de presión PVC Ferroplast:

| Diámetro nominal | Celeridad (m/s) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | PN 6 | PN 10 | PN 16 | PN 20 |
| D ≤ 90 mm | 395 | 480 | 580 | 630 |
| D ≥110 mm | 350 | 435 | 530 | 580 |

### Segundo paso: Cálculo de la longitud crítica ($L_c$).

La longitud crítica es la longitud de tubería recorrida por la onda de presión durante el tiempo de accionamiento de la válvula. Se calcula mediante la expresión:

$$L_c = \frac{a \times T}{2}$$

### Tercer paso: Cálculo de las variaciones de presión (ΔP).

Según sea el valor de la longitud de la tubería en relación con la longitud crítica se emplearán las siguientes fórmulas.

$L \leq L_c$ (cierre lento):

Cuando la onda regresa a la válvula, ésta aún permanece parcialmente abierta. Parte de la sobrepresión se disipará a través de la válvula. Para calcular el valor de esta sobrepresión se utiliza la fórmula de Michaud:

$$\Delta P = \frac{2 \times L \times v}{g \times T}$$

$L > L_c$ (cierre rápido):

La onda retorna a la válvula cuando ésta ya ha sido cerrada. El valor de la sobrepresión será mayor que en el calculado para el caso anterior. Para calcular el valor de la sobrepresión se utiliza la fórmula de Allievi:

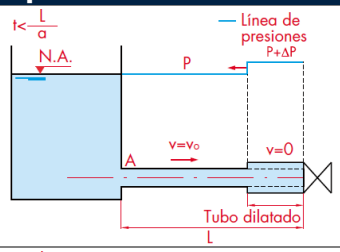
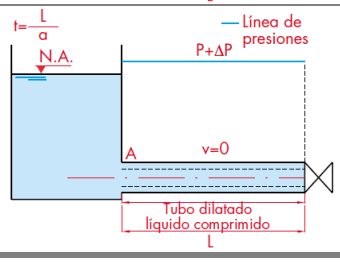
$$\Delta P = \frac{a \times v}{g}$$

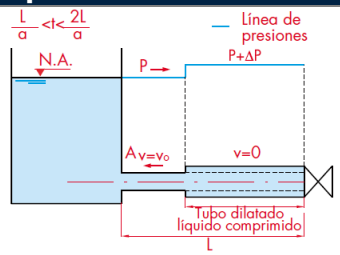
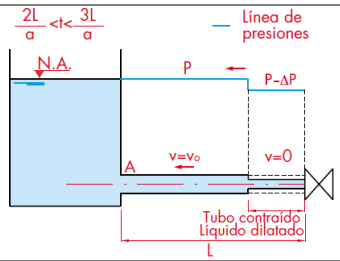
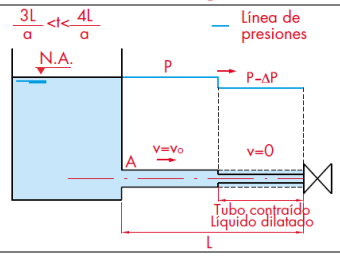
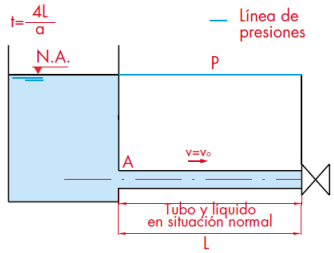
En ambas fórmulas, se tiene que:

ΔP: valor de la sobrepresión (m.c.a.)
L: longitud del tramo de tubería (m)
v: velocidad del agua antes de accionar la válvula (m/s)
g: aceleración de la gravedad (9,8 $m/s^2$)
T: tiempo de accionamiento de la válvula (s)

## FASES DEL GOLPE DE ARIETE

Supongamos una tubería alimentada por un depósito de nivel constante. Si cerramos instantáneamente la válvula, se producirán los siguientes fenómenos:

| Golpe de ariete DIRECTO | | EFECTOS |
|---|---|---|
|  | La onda se desplaza desde la válvula hacia el depósito provocando un aumento de presión en todo el tramo. | La velocidad del agua se anula a medida que llega el frente de la onda y la tubería se dilata. |
|  | Si el nivel del depósito es constante*, la presión en el interior de la tubería será mayor que H cuando la onda llegue a la embocadura.<br>(*) Resulta una buena aproximación cuando el diámetro del depósito es mucho mayor que el de la tubería. | Esto provoca la salida del agua desde el interior de la tubería hacia el depósito. |

| Golpe de ariete INVERSO | | EFECTOS |
|---|---|---|
|  | Se origina una nueva onda que tiene como consecuencia la recuperación del diámetro de la tubería. | La salida de agua hacia el depósito provoca la recuperación del diámetro de la tubería. |
|  | Esta onda se refleja en la válvula y se desplaza hacia el depósito. | Esto significa que el agua sigue circulando hacia el depósito y, como consecuencia de este flujo, el tubo comienza a contraerse. |
|  | Cuando la nueva onda llega al punto A, la presión es inferior a H. | El agua tiende a fluir de nuevo desde el depósito hacia la tubería. |
|  | El tubo vuelve a su diámetro normal. | Si la válvula continúa cerrada, se reproducirá otra vez el fenómeno. |

**Debido a que en toda la conducción existe una disminución de energía durante todo el desplazamiento del agua, el fenómeno se amortigua con el paso del tiempo y no se repite indefinidamente.**

## MÉTODOS PARA ATENUAR LOS EFECTOS DEL GOLPE DE ARIETE:

### ♦ Tuberías con bajo módulo de elasticidad:
Cuanto menor sea el módulo de elasticidad del material, menor será la celeridad (a), por lo que el valor de las sobrepresiones también será menor.

### ♦ Válvulas de alivio:
Cuando se alcanza un valor de sobrepresión, la válvula abre y deja salir el agua. Se cierra automáticamente, cuando la sobrepresión desaparece.

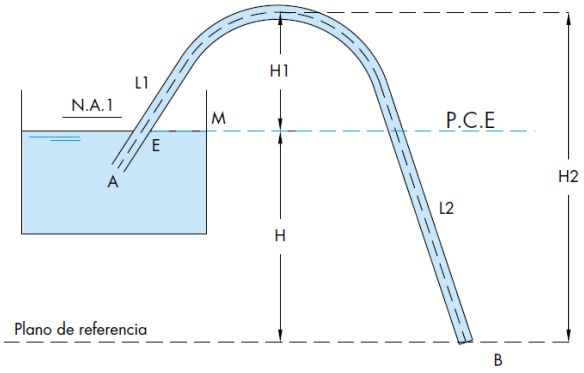
### ♦ Calderines hidroneumáticos:
Son depósitos que contienen agua y aire comprimido. Se conectan al comienzo de la impulsión. Cuando se produce una sobrepresión el agua entra en el calderín, y la sobrepresión se amortigua con la compresión del aire. Si se produce una depresión (arranque del bombeo), el aire comprimido empuja el agua que existe en el calderín, de manera que se reduce el valor de esta depresión.

### ♦ Válvulas de accionamiento lento:
Se trata de válvulas a las que se les acopla un motor o actuador que permite regular la velocidad de accionamiento de la válvula.

### ♦ Chimeneas de equilibrio:
Son conductos conectados por un extremo al comienzo de la impulsión y con salida libre a la atmósfera, en el otro. Este conducto permanece lleno de agua. Las sobrepresiones y depresiones se compensan por el movimiento del agua en el interior de la chimenea.

## SIFONES

Son conductos situados en parte por encima del plano de carga efectiva.




Para un funcionamiento adecuado del sifón es necesario que se cumplan los siguientes requisitos:

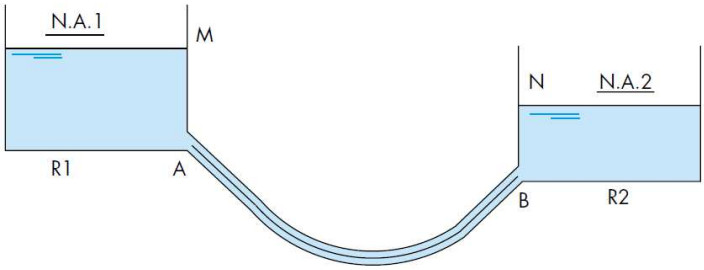
**1. El sifón ha de estar lleno de líquido previamente**. Para ello se aspira por el extremo de salida del líquido. Una vez lleno, comienza a funcionar como una conducción normal debido al desnivel existente entre los puntos **M** y **B** (denominado **H**).

**2.** La rama descendente y por tanto el desnivel **H**, está limitada por las pérdidas de carga que se produzcan a lo largo de $L_2$. **El sifón sólo puede funcionar si el valor de la pérdida de carga producida en $L_2$ es menor al valor de $H_2$.**

**3.** Si el desnivel $H_1$ supera los 6 metros, la presión interior en el punto más alto del sifón puede provocar el desprendimiento de aire disuelto y la formación de vapor. Este efecto puede llegar a interrumpir el funcionamiento del sifón.

**4.** La boca de salida **B** debe colocarse siempre por debajo del plano de carga efectiva (P.C.E.).

También se denomina sifón, a la conducción que discurre en parte o en su totalidad, por debajo de sus dos extremos:




En este tipo de instalaciones es conveniente colocar un elemento de purga en el punto más bajo, con el fin de poder vaciar el sifón cuando sea necesario e incluso para proceder a la limpieza del mismo.

## PURGAS DE AIRE

En las tuberías que transportan líquidos existe el peligro de que en los puntos altos se formen bolsas de aire que dificultan, e incluso impiden, la circulación del líquido.

Por ello, hay que evitar en lo posible la aparición de puntos altos. Si es inevitable, se debe proceder a la colocación en éstos de una ventosa o chimenea de purga.

En el caso de ventosa, conviene colocar una válvula entre la tubería y ésta, con el fin de poder aislar la ventosa si es necesaria su reparación.

## DIÁMETRO DE LA TUBERÍA

Las pérdidas de carga son proporcionales al cuadrado de la velocidad de circulación del fluido por la tubería.

Para un caudal determinado, la velocidad de circulación del líquido será mayor cuanto menor sea el diámetro de la tubería.

Esto significa que en el caso de impulsiones de gran longitud:

- **Una tubería de diámetro pequeño** implicaría pérdidas de cargas elevadas y, por tanto, para impulsar el caudal requerido sería necesario instalar una bomba con mayor valor de altura manométrica en su salida. El consumo energético de la bomba sería mayor y, además, se necesitaría una tubería de mayor presión nominal (timbraje).
- **Una tubería de mayor diámetro** tendría menor pérdida de carga y, en consecuencia, se necesitaría un equipo de impulsión de menor potencia. El consumo energético sería menor y también la presión nominal (timbraje) de la tubería.

## VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN

Si la velocidad es elevada:

- El valor de la sobrepresión generada en el golpe de ariete es mayor que a velocidades más moderadas.
- Las pérdidas de carga serán excesivamente elevadas.
- Se acelera el desgaste por erosión de la tubería.
- Se generan ruidos molestos.

Si la velocidad es baja:

- Se producen sedimentaciones en el caso de que el agua pueda llevar sólidos en suspensión. A largo plazo, se pueden generar obstrucciones.

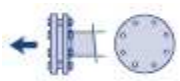
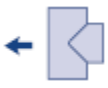
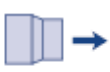
Lo recomendable es establecer:

- $V_{min}$: en el caso de que el agua lleve partículas en suspensión, tomar 0,6 m/s.
- $V_{max}$: Para el caso de redes de distribución, se puede adoptar la velocidad máxima en base a la tabla adjunta.
- $V_{max}$: Para estaciones de bombeo, se puede tomar 2,5 m/s.

| Dn (mm) | V máx. (m/s) |
|---|---|
| 20 | 0,63 |
| 25 | 0,64 |
| 32 | 0,65 |
| 40 | 0,66 |
| 50 | 0,68 |
| 63 | 0,69 |
| 75 | 0,71 |
| 90 | 0,74 |
| 110 | 0,77 |
| 125 | 0,79 |
| 140 | 0,81 |
| 160 | 0,84 |
| 180 | 0,87 |
| 200 | 0,90 |
| 250 | 0,98 |
| 315 | 1,07 |
| 400 | 1,20 |
| 500 | 1,35 |
| 630 | 1,55 |

## ANCLAJES

Se utilizan en lugares concretos de la instalación para absorber y transmitir un esfuerzo al terreno. Suelen ser dados de hormigón armado a los que se une la tubería mediante barras que la abrazan.

| PUNTOS DE ANCLAJE MÁS FRECUENTES | Bridas ciegas o tapones | Derivaciones en T | Codos | | Reducciones |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 90° | 45° | |
| Esquemas |  |  | | |  |
| Fórmulas para calcular las fuerzas que deben resistir los anclajes | $F = 0.008 \cdot D^2 \cdot P_{max}$ | $F = 0.008 \cdot D^2 \cdot P_{max}$ | $F = 0.011 \cdot D^2 \cdot P_{max}$ | $F = 0.006 \cdot D^2 \cdot P_{max}$ | $F = 0.008 \cdot D^2 \cdot P_{max}$ |

Donde:

**F**: Fuerza (Kg.)

**D**: Diámetro interior de la tubería (mm)

**d**: Diámetro interior de la tubería de menor diámetro (mm)

$\mathbf{P_{max}}$: Presión máxima (Kg./cm$^2$)

Se acompaña una tabla con el cálculo del valor de la fuerza de anclaje (Kg.) para los accesorios indicados, calculados para un valor máximo de presión igual a la presión nominal.

## CODO 90°

$F = 0{,}011 \cdot D^2 \cdot P_{max}$

| Ø (mm) | Presión nominal | | | |
|---|---|---|---|---|
| | PN 6 | PN 10 | PN 16 | PN 20 |
| 16 | 17 | 28 | 45 | 57 |
| 20 | 27 | 44 | 71 | 89 |
| 25 | 42 | 69 | 111 | 139 |
| 32 | 68 | 114 | 182 | 227 |
| 40 | 107 | 178 | 284 | 355 |
| 50 | 166 | 277 | 444 | 555 |
| 63 | 264 | 441 | 705 | 881 |
| 75 | 375 | 624 | 999 | 1.249 |
| 90 | 539 | 899 | 1.439 | 1.798 |
| 110 | 806 | 1.343 | 2.149 | 2.686 |
| 125 | 1.041 | 1.734 | 2.775 | 3.469 |
| 140 | 1.305 | 2.176 | 3.481 | 4.351 |
| 160 | 1.705 | 2.842 | 4.547 | 5.683 |
| 200 | 2.664 | 4.440 | 7.104 | 8.880 |
| 250 | 4.162 | 6.937 | 11.100 | 13.875 |
| 315 | 6.608 | 11.014 | 17.622 | 22.028 |

## CODO 45°

$F = 0{,}006 \cdot D^2 \cdot P_{max}$

| Ø (mm) | Presión nominal | | | |
|---|---|---|---|---|
| | PN 6 | PN 10 | PN 16 | PN 20 |
| 16 | 9 | 15 | 25 | 31 |
| 20 | 14 | 24 | 38 | 48 |
| 25 | 23 | 38 | 60 | 75 |
| 32 | 37 | 61 | 98 | 123 |
| 40 | 58 | 96 | 154 | 192 |
| 50 | 90 | 150 | 240 | 300 |
| 63 | 143 | 238 | 381 | 477 |
| 75 | 203 | 338 | 540 | 676 |
| 90 | 292 | 486 | 778 | 973 |
| 110 | 436 | 727 | 1.163 | 1.453 |
| 125 | 563 | 938 | 1.501 | 1.877 |
| 140 | 706 | 1.177 | 1.883 | 2.354 |
| 160 | 922 | 1.537 | 2.460 | 3.075 |
| 200 | 1.441 | 2.402 | 3.843 | 4.804 |
| 250 | 2.252 | 3.753 | 6.005 | 7.507 |
| 315 | 3.575 | 5.959 | 9.534 | 11.917 |

## REDUCCIONES

$F = 0{,}008 \cdot D^2 - d^2 \cdot P_{max}$

| Ø (mm) | Presión nominal | | | |
|---|---|---|---|---|
| | PN 6 | PN 10 | PN 16 | PN 20 |
| 32/20 | 29 | 49 | 78 | 98 |
| 40/25 | 46 | 77 | 122 | 153 |
| 40/20 | 57 | 94 | 151 | 188 |
| 50/32 | 70 | 116 | 185 | 232 |
| 50/25 | 88 | 147 | 236 | 294 |
| 50/20 | 99 | 165 | 264 | 330 |
| 63/40 | 112 | 186 | 298 | 372 |
| 63/32 | 139 | 231 | 370 | 462 |
| 63/25 | 158 | 263 | 420 | 525 |
| 75/50 | 147 | 245 | 393 | 491 |
| 75/40 | 190 | 316 | 506 | 632 |
| 75/32 | 217 | 361 | 578 | 722 |
| 90/63 | 195 | 324 | 519 | 649 |
| 90/50 | 264 | 440 | 703 | 879 |
| 90/40 | 306 | 510 | 816 | 1.021 |
| 110/75 | 305 | 508 | 813 | 1.017 |
| 110/63 | 383 | 638 | 1.021 | 1.277 |
| 110/50 | 452 | 754 | 1.206 | 1.507 |
| 125/90 | 354 | 591 | 945 | 1.181 |
| 125/75 | 471 | 785 | 1256 | 1.570 |
| 160/110 | 636 | 1.060 | 1.696 | 2.120 |
| 200/160 | 678 | 1.130 | 1.809 | 2.261 |

## DERIVACIONES EN T, TAPONES Y BRIDAS CIEGAS

$F = 0{,}008 \cdot D^2 \cdot P_{max}$

| Ø (mm) | Presión nominal | | | |
|---|---|---|---|---|
| | PN 6 | PN 10 | PN 16 | PN 20 |
| 20 | 19 | 31 | 50 | 63 |
| 25 | 29 | 49 | 79 | 98 |
| 32 | 48 | 80 | 129 | 161 |
| 40 | 75 | 126 | 201 | 251 |
| 50 | 118 | 196 | 314 | 393 |
| 63 | 187 | 312 | 499 | 623 |
| 75 | 265 | 442 | 707 | 883 |
| 90 | 382 | 636 | 1.017 | 1.272 |
| 110 | 570 | 950 | 1.520 | 1.900 |
| 125 | 736 | 1.227 | 1.963 | 2.453 |
| 140 | 923 | 1.539 | 2.462 | 3.077 |
| 160 | 1.206 | 2.010 | 3.215 | 4.019 |
| 200 | 1.884 | 3.140 | 5.024 | 6.280 |
| 250 | 2.944 | 4.906 | 7.850 | 9.813 |
| 315 | 4.673 | 7.789 | 12.463 | 15.578 |

# CONSEJOS DE MONTAJE E INSTALACIÓN

## UNIÓN ENCOLADA

❶ Marcar la longitud de introducción del tubo en el abocardado.

❷ Limpiar las superficies de contacto de cualquier resto de suciedad con limpiador FERROPLAST.

❸ Aplicar adhesivo FERROPLAST con brocha de la siguiente forma:

ⓐ En la parte hembra se aplica adhesivo FERROPLAST desde dentro hacia fuera, en sentido longitudinal, teniendo en cuenta que una cantidad excesiva de adhesivo puede provocar que éste se acumule en el fondo.

ⓑ En la parte macho se aplica de igual forma, en sentido longitudinal.

❹ Alinear los tubos y ensamblarlos sin girar.

❺ Retirar el adhesivo sobrante.

### NECESIDADES DE ADHESIVO Y LIMPIADOR FERROPLAST POR UNIÓN

| Diámetro (mm) | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 75 | 90 | 110 | 125 | 140 | 160 | 180 | 200 | 250 | 315 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Adhesivo FERROPLAST (g/unión) | 2 | 4 | 5 | 6 | 10 | 14 | 18 | 26 | 36 | 44 | 54 | 68 | 84 | 102 | 156 | 240 |
| Limpiador FERROPLAST (g/unión) | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 10 | 14 | 18 | 20 | 26 | 32 | 40 | 60 | 92 |

# UNIÓN POR JUNTA ELÁSTICA

❶ Limpiar y secar las superficies a unir. Aplicar Lubricante FERROPLAST en el cajeado que alojará la junta elástica en el extremo hembra del tubo.

❷ Introducir la junta elástica en la cavidad.

❸ Lubricar también la junta elástica.

❹ Marcar la longitud del tubo a introducir.

❺ Alinear los tubos y empujar el extremo macho hasta la marca anteriormente realizada. Retirar el adhesivo sobrante.

## INSTALACIÓN EN ZANJA

Los factores que influyen en la definición de la anchura y profundidad de la zanja son los siguientes:

- Diámetro de la tubería a instalar
- Tipología de la zanja
- Topografía y clase de terreno
- La profundidad va en función de las cargas móviles

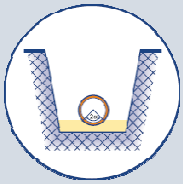
## Fases de la instalación

### a) Excavación

- Con el fin de facilitar los trabajos en el interior de la zanja, se recomienda que el ancho mínimo en el punto más bajo de la zanja sea igual al diámetro de la tubería más 30 cm por ambos lados y excavar unos 15 cm más por debajo de la generatriz inferior del tubo. Este vaciado adicional se rellena con arena o tierra vegetal, nivelando la superficie y evitando los posibles daños al tubo a causa de piedras y cantos angulosos. En suelos arenosos exentos de terrones y piedras se podrá prescindir del relleno de protección adicional.
- No se debe instalar nunca sobre materiales que varíen su volumen con la humedad y temperatura (arcilla, caliza, etc.) sin realizar previamente un estudio más detallado para determinar el alcance de las medidas a adoptar.

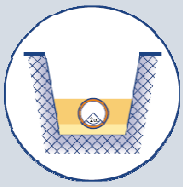
### b) Relleno de la zanja

- Se debe realizar por ambos lados del tubo y de forma simultánea, utilizando el propio material extraído durante la excavación o bien con otro material seleccionado exento de piedras y cantos angulosos.



**Fase I: Ejecución de la cama de apoyo**

Formación de la capa de apoyo sobre la que se extenderá el tubo. Esta capa de material garantizará el adecuado ángulo de apoyo del tubo sobre el fondo de la zanja. Debe compactarse uniformemente en toda su longitud.



**Fase II: Relleno hasta generatriz superior del tubo**

Se continúa el relleno por ambos lados del tubo, vertiendo material en capas de espesor menor o igual a 15 cm, con un grado de compactación similar al de la cama de apoyo. Esta etapa se repite sucesivamente hasta llegar a la coronación del tubo, dejándolo visible.

Es muy importante que el relleno realizado en la zona de los riñones de la tubería se realice de forma simultánea y con el grado de compactación suficiente, sin dejar espacios vacíos bajo el tubo, ya que esto le confiere la rigidez necesaria para compensar los empujes verticales y garantizar sus características mecánicas.

**Fase III: Relleno con suelo seleccionado sobre la generatriz superior del tubo**

Se continúa el relleno hasta 30 cm. por encima de la coronación. En esta fase s debe usar suelo seleccionado y cribado, pudiéndose utilizar también para este fin el mismo material que se usó para el lecho.

**Fase IV: Relleno hasta la coronación de la zanja**

Continuación del relleno hasta la coronación de la zanja, en tongadas de espesor menor o igual a 20 cm.

NOTA: La compactación en cualquiera de las fases de relleno se debe realizar con pisón ligero y a ambos lados del tubo, sin llegar a compactar la zona central que corresponde a la proyección horizontal de la tubería.

### c) Tendido

Los tubos deben colocarse como se indica en estas instrucciones de montaje. Dada su ligereza, los diámetros pequeños no precisan de maquinaria especial para su instalación y los diámetros grandes no requieren maquinaria muy pesada.

# EJEMPLOS DE CÁLCULO CON TUBERÍAS DE PRESIÓN

## CÁLCULO TEÓRICO

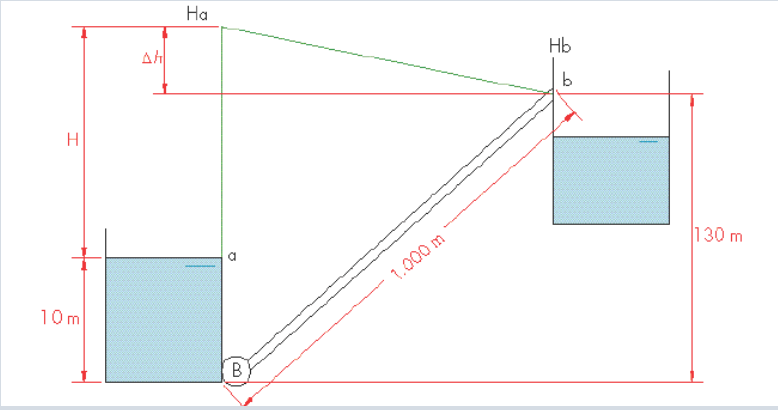
### Ejemplo 1:

Se dispone de un depósito situado a cota 160 m, desde el que se desea enviar un caudal de 15 l/s a otro depósito situado a una cota de 290 m. Suponiendo que el nivel en el depósito situado a menor cota permanece constante e igual a 10 m, calcular:

**a) Diámetro de tubería necesario**
**b) Presión nominal de la tubería**
**c) Potencia requerida en la bomba situada a la salida del depósito inferior** (rendimiento conjunto bomba-motor η=75%)

Nota: Se despreciarán las pérdidas de carga localizadas.

Esquema:




**Solución:**

Se adoptará como velocidad recomendable de circulación:

$$V = 0{,}6 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, la sección interior de la tubería vendrá dada por:

$$Q = v \times S \Rightarrow S = \frac{Q}{v}$$

$$Q = 15 \text{ l/s} = 0{,}015 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S = \frac{0{,}015}{0{,}6} = 0{,}025 \text{ m}^2 = 25.000 \text{ mm}^2$$

El diámetro interior de la tubería será:

$$S = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$D = 178{,}45 \text{ mm}$$

Dado que el desnivel existente es de 120 m, parece claro que la bomba debe tener como mínimo una presión al comienzo de la impulsión de 12 atm, luego adoptaremos como presión nominal de la tubería 16 atm.

La tubería más adecuada parece ser:

**180-16 atm: 158,6 mm**
**200-16 atm: 176,2 mm**

El valor más aproximado es el de 200-16 atm.

Necesitamos conocer el valor real de la velocidad de circulación:

$$v = \frac{Q}{S}$$

$$S = \frac{\pi \cdot (176,2)^2}{4} = 24371,45 \text{ mm}^2 = 0,024 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{0,015}{0,024} = 0,62 \text{ m/s}$$

Calculamos el valor de las pérdidas de carga que se producen a lo largo de la conducción. Utilizamos la fórmula de Manning:

$$J = \frac{v^2 \cdot n^2}{R_H^{4/3}} \; ; \; n = 0,008$$

$$R_H = \frac{S}{P} \text{ ,donde } P = \text{perímetro interior}$$

$$S = 0,024 \text{ m}^2$$

$$P = \pi \cdot D = \pi \cdot 0,1762 = 0,553 \text{ m}$$

$$R_H = \frac{0,024}{0,553} = 0,044 \text{ m}$$

$$J = \frac{0,62^2 \cdot 0,008^2}{0,044^{4/3}} = 1,58 \cdot 10^{-3} \text{ m/m} = \frac{0,158 \text{ m}}{100 \text{m}}$$

Si la longitud de la tubería es de 1.000 metros, la pérdida de carga continua total será:

$$\Delta h = 1.000 * 1,58 * 10^{-3} = 1,58 \text{ m}$$

Esto significa que la bomba debe dar un caudal de 15 l/s con una presión manométrica al inicio de la impulsión de:

$$H = 130 - 10 + \Delta h$$

$$H = 130 - 10 + 1,58 = 121,58 \text{ m}$$

La potencia requerida de la bomba será:

$$Pt = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{(75 \cdot \eta)}$$

donde:
**Pt** = potencia en c.v.
**γ** = peso específico del agua (1.000 Kg/m$^3$);
**Q** = caudal en m$^3$/s
**H** = altura en m
**η** = rendimiento conjunto bomba-motor

$$Pt = \frac{1000 \cdot 0,015 \cdot 121,58}{(75 \cdot 0,75)} = 32,42 \text{ C.V.}$$

**Resultados:**

a) **Ø 200 mm**
b) **Pn = 16 atm**
c) **Pt = 32,42 C.V.**

Nota: Si hubiésemos elegido la tubería 180-16 atm, la pérdida de carga que tendríamos sería mayor, por lo que hubiésemos necesitado una bomba de mayor potencia que la necesaria para el tubo 200-16 atm.

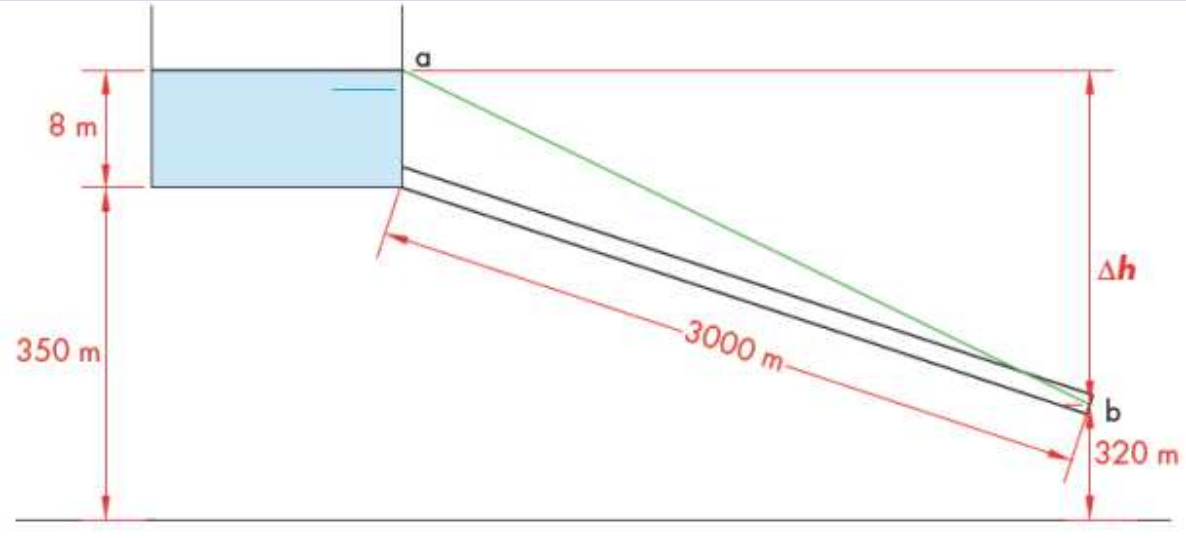
## Ejemplo 2:

Se dispone de un depósito situado a cota 350 m desde el que se desea enviar un caudal de 40 l/s a un punto de la conducción situado a cota de 320 m mediante una tubería de 3.000 m de longitud. Suponiendo que el nivel en el depósito permanece constante e igual a 8 metros, calcular:

**a) Diámetro de tubería necesario.**

Nota: Se despreciarán las pérdidas de carga localizadas.

Esquema:




**Solución:**

$$\Delta h = 350 + 8 - 320 = 38 \text{ m}$$

Si la longitud de tubería es de 3.000 m, entonces la pérdida de carga por unidad de longitud será:

$$J = \frac{38}{3.000} = 1{,}26 * 10^{-2} \text{ m/m}$$

El valor J vendrá dado por:

$$J = \frac{v^2 * \eta^2}{R_H^{4/3}}; \eta = 0{,}008 \quad (1)$$

Porque v (velocidad) se calcula según:

$$v = \frac{Q}{S} \quad (2)$$

donde **S**= sección de la tubería.

Y $R_H$ toma el valor:

$$R_H = \frac{S}{P} \quad (3)$$

y

$$S = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (4)$$

$$P = \pi * D \quad (5)$$

Tendremos que, combinando las cinco expresiones anteriores, el valor de J se calcula como:

$$J = \frac{10{,}30 * Q^2 * \eta^2}{D^{16/3}} \quad (6)$$

Porque si Q= 40 l/s= 0.04 $m^3/s$, entonces:

$$D = \left( \frac{10{,}30 \cdot 0{,}04^2 \cdot 0{,}008^2}{1{,}26 \cdot 10^{-2}} \right)^{3/16} = 0{,}17199 \text{ m}$$

Obtenemos que el valor necesario de diámetro interior de tubería debe ser D=171,99 mm.

Puesto que el nivel de agua en el depósito permanece en 8 metros, entonces será suficiente con una tubería de presión nominal 6 atm. Veamos qué tubería tiene un diámetro interior de valor más aproximado al calculado:

$$\mathbf{180 \text{ x } 6 \text{ atm} = D_{int} = 171{,}2 \text{ mm}}$$

Esta será la tubería necesaria. El caudal que circulará por la tubería será el correspondiente a este diámetro. Haciendo uso de la fórmula (6) tendremos:

$$1{,}26 * 10^{-2} = \frac{10{,}30 * Q^2 * 0{,}008^2}{(0{,}1712)^{16/3}}$$

Despejando el valor de Q, tendremos:

$$Q = 0{,}039 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para este caudal, la velocidad de circulación del agua dentro de la tubería será de:

$$v = \frac{Q}{S}$$

$$S = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$S = \frac{\pi * 0{,}1712^2}{4} = 0{,}023 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{0{,}039}{0{,}023} = 1{,}69 \text{ m/s}$$

**Resultado:**

**a) Ø 180 mm – 6 atm**

## CÁLCULO APROXIMADO

A continuación se resuelven los dos ejemplos anteriores haciendo uso de los ábacos.

### Ejemplo 1:

Se dispone de un depósito situado a cota 160 m, desde el que se desea enviar un caudal de 15 l/s a otro depósito situado a una cota de 290 m. Suponiendo que el nivel en el depósito situado a menor cota permanece constante e igual a 10 m, calcular:

**a) Diámetro de tubería necesario**
**b) Presión nominal de la tubería**
**c) Potencia requerida en la bomba situada a la salida del depósito inferior** (rendimiento conjunto bomba-motor η=75%)

**Solución:**

Se adoptará como velocidad recomendable de circulación:

$$\mathbf{v = 0{,}6\ m/s}$$

Dado que el desnivel existente es de 120 m, parece claro que la bomba debe tener como mínimo una presión al comienzo de la impulsión de 12 atm, luego adoptaremos como presión nominal de la tubería, 16 atm.

Si en la ruleta Caudal-Diámetro-Velocidad fijamos el indicador de caudales en 15l/s, leeremos que el diámetro nominal de la tubería de 16 atm de presión que más se aproxima a la velocidad de 0,6 m/s es:

$$\mathbf{Ø = 200\ mm}$$
$$\mathbf{Pn = 16\ atm}$$

Como se puede ver en la propia ruleta, el valor de la velocidad es algo superior a 0,6 m/s. Adoptaremos:

$$\mathbf{v = 0{,}61\ m/s}$$

Calculamos ahora el valor de las pérdidas de carga que se producen a lo largo de la conducción. Utilizamos la ruleta Caudal-Diámetro-Pérdidas de carga, fijando el lector de caudales en 15 l/s. Para la tubería de 200 x16, obtenemos un valor de pérdidas de carga de:

$$\mathbf{J = \frac{0{,}16\ m}{100\ m} = 0{,}0016\ m/m}$$

Si la longitud de la tubería es de 1.000 metros, la pérdida de carga continua total será:

$$\mathbf{\Delta h = 1.000 * 1{,}6 * 10^{-3} = 1{,}6\ m}$$

Esto significa que la bomba debe dar un caudal de 15 l/s con una presión manométrica al inicio de la impulsión de:

$$\mathbf{H = 120 + 1{,}6 = 121{,}6\ m = 12{,}16\ atm = 12{,}16\ Kg./cm^2}$$

La potencia requerida de la bomba será:

$$Pt = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{(75 \cdot \eta)}$$

donde:
**Pt** = potencia en c.v.
**γ** = peso específico del agua (1.000 Kg/m³);
**Q** = caudal en m³/s
**H** = altura en m
**η** = rendimiento conjunto bomba-motor

$$Pt = \frac{1000 \cdot 0{,}015 \cdot 121{,}6}{(75 \cdot 0{,}75)} = 32{,}43\ C.V.$$

**Resultados:**

**a) Ø 200 mm**
**b) Pn = 16 atm**
**c) Pt = 32,43 C.V.**

## Ejemplo 2:

Se dispone de un depósito situado a cota 350 m desde el que se desea enviar un caudal de 40 l/s a un punto de la conducción situado a cota de 320 m mediante una tubería de 3.000 m de longitud. Suponiendo que el nivel en el depósito permanece constante e igual a 8 metros, calcular:

**a) Diámetro de tubería necesario.**

Nota: Se despreciarán las pérdidas de carga localizadas.

### Solución:

En este caso, la pérdida de carga deberá ser igual al desnivel existente entre la superficie libre del depósito y el punto de desagüe. Por lo tanto:

$$\Delta h = 350 - 320 + 8 = 38 \text{ m}$$

Si la longitud de tubería es de 3.000 m, entonces la pérdida de carga por unidad de longitud será:

$$J = \frac{38}{3000} = 1{,}26 \cdot 10^{-2} \text{ m/m} = \frac{1{,}26 \text{ m}}{100 \text{ m}}$$

Como el nivel del depósito se encuentra a 8 m respecto de la entrada de la tubería, tomaremos como valor de presión nominal de la tubería, 6 atm.

En la ruleta Caudal-Diámetro-Pérdidas de carga, si fijamos el lector de caudales en 40 l/s, obtenemos que las tuberías que conducen ese caudal con unas pérdidas en torno a los $1{,}26*10^{-2}$ m/m, son 180-6 atm o 200-20 atm.

Pero es suficiente con 6 atm.

$$Q = 40 \text{ l/s}$$

Para este caudal, la velocidad de circulación del agua para la tubería 180-6 será la calculada en la ruleta Caudal- Diámetro-Velocidad, situando el indicador de caudales en 40 l/s:

$$v = 1{,}75 \text{ m/s}$$

### Resultado:

**a) Ø 180 mm – 6 atm**

## FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES

| LONGITUD |
|---|
| 1 m = 3,281 pies = 39,37 pulgadas |
| 1 pie = 30,48 cm |
| 1 pulgada = 2,540 cm |

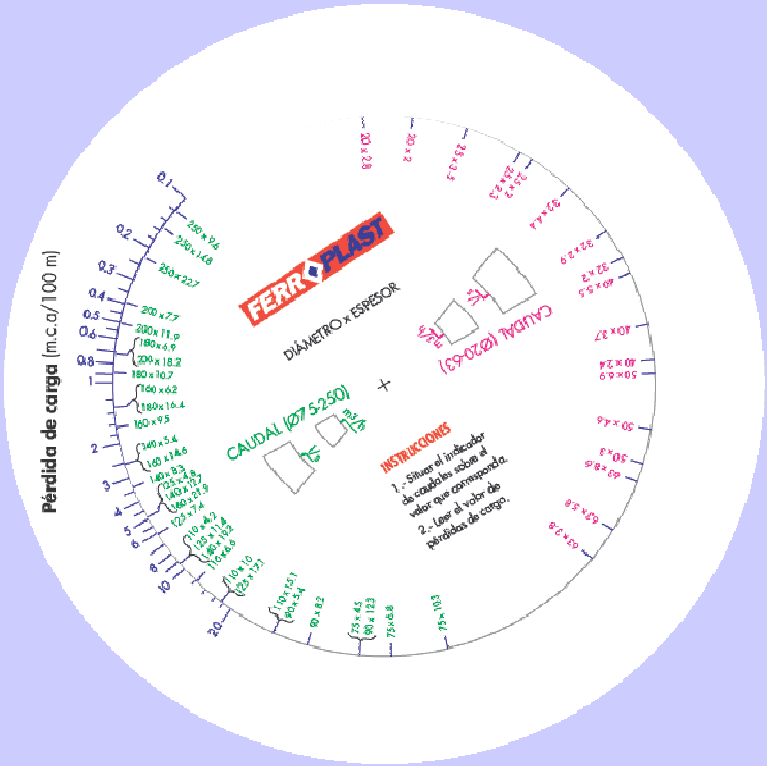
| CAUDAL |
|---|
| 1 $m^3/s$ = 1.000 l/s |
| 1 $m^3/s$ = 3.600 $m^3/h$ |

| PRESIÓN |
|---|
| 1 Mpa = 10 $kg/cm^2$ = 10 atm |
| 1 atm = 760 mm de Hg = 10 m.c.a. = 1,013 bar |

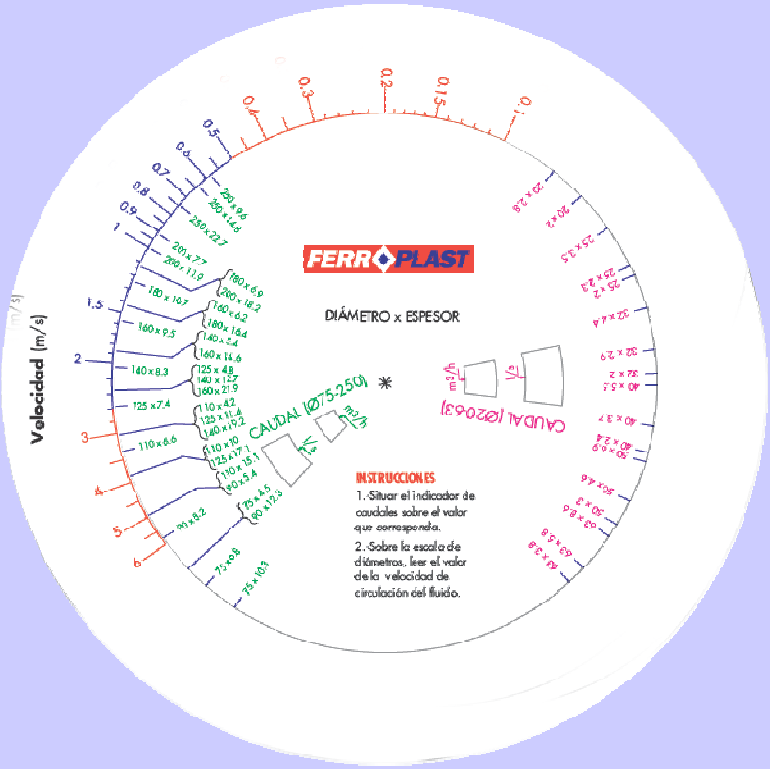
| POTENCIA |
|---|
| 1 C.V. = 735 W |
| 1 H.P. = 746 W |
| 1 W = 1 J/s |

# RULETAS DE CÁLCULO PARA SISTEMAS DE PRESIÓN PVC

## PÉRDIDA DE CARGA / CAUDAL / DIÁMETRO x ESPESOR




## VELOCIDAD / CAUDAL / DIÁMETRO x ESPESOR



FERROPLAST

## Oficinas centrales:

### A CORUÑA
Tel.: 981 900 900 • Fax: 981 900 901
Paseo Marítimo Alcde. Fco. Vázquez - Pza. interior, 63
15002 A Coruña, ESPAÑA
admincor@ferroplast.es
www.ferroplast.es / www.ferroplastmute.com

## Fábricas:

### GRANADA
Tel.: 958 438 611 • Fax: 958 438 700
Ctra. Atarfe a Sta. Fe, s/n
18230 Atarfe (Granada, ESPAÑA)
ventasgranada@ferroplast.es

### LUGO
Tel.: 982 500 000 • Fax: 982 500 101
Rúa José Ferro Rodeiro, 4
27836 Muras (Lugo, ESPAÑA)
ventasmuras@ferroplast.es

### MARRUECOS
FERROPLAST MAROC S.A.R.L.
Tel.: +212 (0)5.22.76.43.00 • Fax: +212 (0)5.20.22.56.57
Route N9, Km. 5,6, Tit Mellil vers Médiouna
Zone Industrielle Tit Mellil
Casablanca 20640 - MARRUECOS
commercial@ferroplastmaroc.com
www.ferroplastmaroc.com

## Delegaciones:

### BARCELONA
Tel.: 93 770 30 00 • Fax: 93 770 31 20
Pol. Ind. Sant Ermengol; c/ Progres, 7
08630 Abrera (Barcelona, ESPAÑA)
ventasbarcelona@ferroplast.es

### VALENCIA
Tel.: 961 322 615 • Fax: 961 322 064
c/ Ciudad de Barcelona, 54
46988 Fuente del Jarro (Valencia, ESPAÑA)
ventasvalencia@ferroplast.es

### VIZCAYA
Tel.: 944 576 014 • Fax: 944 575 139
Pol. Ind. Martiartu, nivel 3, nº9
48480 Arrigorriaga (Vizcaya, ESPAÑA)
ventasbizcaia@ferroplast.es

## Distribuido em Portugal pela Ferroplast:

### PONTEVEDRA
Tel.: 986 663 023 • Fax: 986 663 024
Polígono Industrial Rivadil
36880 La Cañiza (Pontevedra, ESPAÑA)
encomendas@ferroplast.es

V-08/16

FERROPLAST