



Manual Técnico

# Presión PVC Orientado

---

**Gerfor**

# Tecnología de Orientación Molecular, la revolución del PVC

La tubería de PVC-O **GERFOR** bajo tecnología MOLECOR es la conducción para el transporte del agua a presión más avanzada tecnológicamente del mercado. Dispone de unas características excepcionales para esta aplicación, generadas fundamentalmente mediante el proceso de Orientación Molecular.

El PVC es esencialmente un polímero amorfo, en el que las moléculas se encuentran dispuestas en direcciones aleatorias. Sin embargo, bajo unas determinadas condiciones de presión, temperatura y velocidad, y mediante un estiramiento del material, es posible ordenar las moléculas del polímero en la misma dirección en la que se ha producido dicho estiramiento.

En función de los parámetros del proceso y sobre todo del radio de estiramiento, se obtiene un mayor o menor grado de orientación. El resultado es un plástico con una estructura laminar, cuyas capas se aprecian a simple vista.

En las tuberías PVC-O, las clases más altas (clase 500), permiten que el proceso de Orientación Molecular mejore de forma extraordinaria las propiedades físicas y mecánicas del PVC, y le otorga unas características excepcionales, sin alterar las ventajas y propiedades químicas del polímero original. Se consigue así un plástico con unas insuperables cualidades de resistencia a la tracción y a la fatiga, flexibilidad y resistencia al impacto.

Aplicado a conducciones a presión, se logra **una tubería de gran resistencia y con una elevadísima vida útil**. A ello se añade una considerable eficiencia energética y medioambiental tanto en la fabricación como en la utilización posterior del producto, así como una reducción en el costo y los tiempos de instalación.

Por todo ello, la tubería de **Tecnología de Orientación Molecular de PVC Orientado** es la mejor solución para conducciones de agua a media y alta presión destinadas a riego, abastecimiento de agua potable, industria, e impulsiones entre otros usos.



# LA TUBERÍA MÁS RESPETUOSA CON EL MEDIO AMBIENTE

El impacto ambiental de un sistema de tuberías depende de su composición y la aplicación de las mismas, siendo el tipo de materia prima utilizada, el proceso de producción, el acabado del producto y su vida útil, los factores principales que determinan la eficiencia y sostenibilidad durante todo su ciclo de vida.

La tubería PVC Orientado de **GERFOR** es la solución más ecológica de las existentes en el mercado, debido a su mejor contribución en el correcto desarrollo sostenible del planeta, ya que presentan ventajas medioambientales en todas las fases de su ciclo de vida. Resultando así, la más eficiente desde el punto de vista energético.

## → Economía circular del PVC Orientado

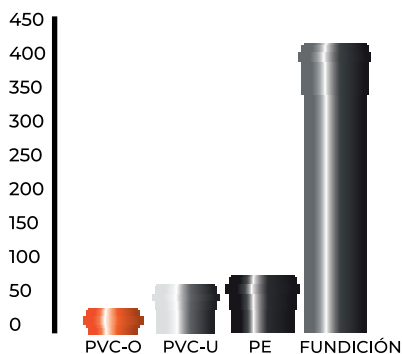


## → Eficiencia en recursos

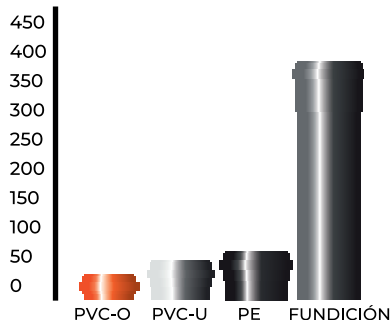
1. Sus excepcionales propiedades mecánicas permiten un importantísimo ahorro de materias primas. Para un mismo diámetro nominal exterior, la tubería de PVCO de **GERFOR** CLASE 500 requiere una menor cantidad de PVC.
2. Sólo un 43% de la composición del PVC depende del petróleo. Por tanto, el consumo de este recurso requerido es inferior al de otras soluciones plásticas.
3. El consumo de energía es menor en todas las fases del ciclo de vida: extracción de la materia prima, fabricación de la tubería y en el uso de la misma.
4. A lo largo de toda su vida útil, la tubería de PVCO de **GERFOR** CLASE 500 evita el consumo innecesario de gran cantidad de recursos energéticos y reduce las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

**Fuente:** Adaptado de documento de referencia TOM® La nueva Generación de tuberías de PVC Orientado, de MOLECOR  
Fuente: <http://molecor.com/es/descargas/catalogos>

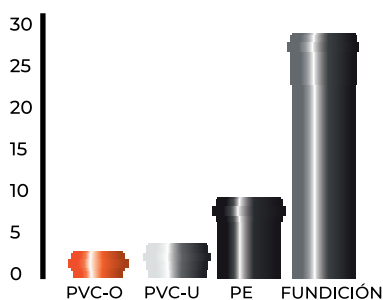
Energía consumida en la tubería (materias primas + fabricación) (kWh)



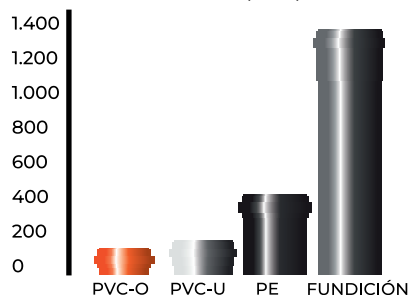
Energía consumida en materias primas (kWh)



Energía consumida en fabricación (kWh)



Energía consumida en bombeo en 50 años (kWh)



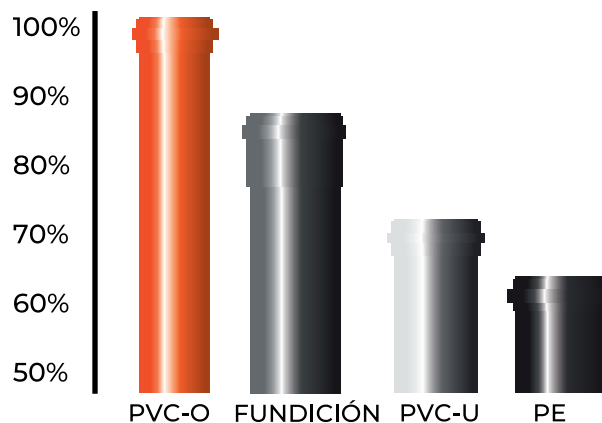
Estimación de consumo de energía y emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la producción y uso de las tuberías de PVC-O, PVC-U, PEAD y fundición. Universidad politécnica de Catalunya, diciembre 2005.

## → Optimización de los recursos hídricos

La elevada vida útil y estanqueidad de la tubería de PVC-O de GERFOR clase 500 hacen de ella el mejor aliado en el ahorro de recursos hídricos.

Las redes de abastecimiento que se instalaron con materiales tradicionales sufren actualmente fugas de hasta un 25% del agua canalizada, y su degradación química hace que algunas conducciones deban ser repuestas en pocos años.

Las tuberías para el agua no sólo deben ser resistentes a la presión, también deben transportar la máxima cantidad de agua, consumiendo la mínima cantidad de energía. La extrema lisura de la pared interior de la tubería de PVC-O de GERFOR clase 500 minimiza las pérdidas de carga, por lo que la energía necesaria para el transporte impulsado es menor.



## → Eficiencia en Gestión de Residuos

El PVC es un material 100% reciclable. Pudiendo ser molido y procesado como material reciclado para su uso, en la fabricación de otras aplicaciones plásticas con menos requerimientos técnicos.



**Fuente:** Adaptado de documento de referencia TOM® La nueva Generación de tuberías de PVC Orientado, de MOLECOR  
Fuente: <http://molecor.com/es/descargas/catalogos>

# LA TUBERÍA PVC ORIENTADO

La orientación de los materiales termoplásticos, es un proceso bien conocido desde hace años. En particular, la orientación ha sido utilizada en la elaboración de envases de PVC, láminas corrugadas y en otras aplicaciones.

El proceso de orientación se emplea para mejorar la calidad de algunas características del material, tales como la resistencia (en especial a largo plazo), la fragilidad (ante golpes externos) y la rigidez (frente al aplastamiento).

La técnica empleada para la orientación tiene mucho que ver con la estructura molecular del material. Por ejemplo, tras un correcto proceso, pero también debido a su longitud, las cadenas moleculares del PVC de un tubo se entrelazan unas con otras de forma aleatoria. Estos entrecruzamientos y la proximidad de las cadenas a intervalos regulares en la estructura generan las características particulares del PVC.

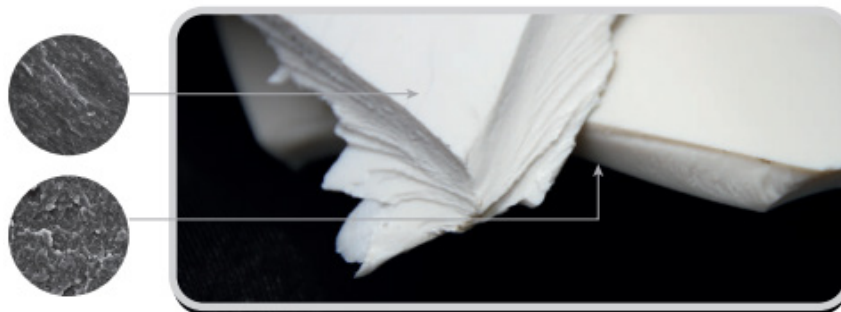


*El proceso de orientación molecular modifica la estructura del PVC, ordenando en línea las moléculas del polímero.*

Es importante resaltar que, si este material es estirado bajo condiciones específicas, de forma que los entrecruzamientos se conservan intactos, entonces las cadenas moleculares son arrastradas y apiladas unas con otras. Cuando el estiramiento se produce en dos direcciones se habla de "orientación". Así las cosas, la orientación en dos direcciones (a 90° una de otra) no es forzosamente idéntica, permitiendo que el producto sea elaborado a la medida de su aplicación, esta transformación se conoce como PVC Orientado Clase 500.

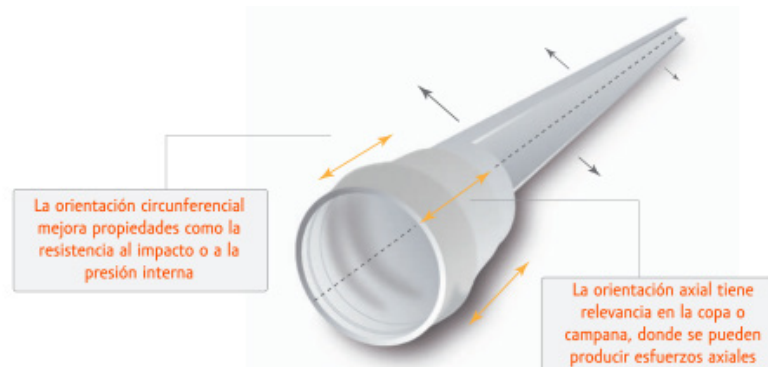
PVC Orientado  
de **GERFOR**

PVC - U



Lo anterior significa, para el caso particular de una tubería, que tanto la orientación en dirección axial como en dirección radial pueden ser elegidas para diseñar un tubo a la medida de las propiedades requeridas.

En el proceso de orientación, el tubo de dimensiones RDE (Relación Diámetro Espesor), al que se denomina “preforma”, es estirado axial y radialmente a una temperatura determinada hasta obtener el diámetro y el espesor requeridos (RDE2), de acuerdo con el grado de orientación alcanzado.



Este proceso de orientación es llevado a cabo a una temperatura promedio entre 80°C y 100°C para asegurar que las moléculas conserven sus entrecruzamientos mientras son realineadas.

La tubería de PVC ORIENTADO es un sistema de unión mecánica, permite un rápido acople entre tuberías y/o accesorios utilizando un sistema de campana no soldada, que a través de un hidrosello garantiza la hermeticidad del sistema y minimiza el riesgo de contraer enfermedades de origen hídrico en redes de agua tratada. Esta tubería es fabricada por GERFOR a partir de un proceso de extrusión de PVC, que cuenta con pared lisa tanto interna como externamente.

La tubería PVC Orientado es una tubería destinada a la conducción de agua (cruda o tratada) en líneas de aducción, conducción y distribución en sistemas de acueducto, que presenta características de excelencia como las siguientes:

1. Mayor resistencia al impacto.
2. Perfecto comportamiento frente al aplastamiento.
3. Mayor resistencia a presión hidrostática.
4. Mayor capacidad hidráulica.
5. Gran resistencia a tracción.
6. Excelente comportamiento al golpe de ariete.
7. Menores costos de instalación.
8. Menor costo de operación.
9. Producto más amigable con el medio ambiente.

# ASPECTOS GENERALES

---

La tubería de PVC ORIENTADO para acueducto fabricada por **GERFOR**, cumplen con los requisitos establecidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en: l) La Resolución No. 0501 del 04 de Agosto de 2017, por la cual se expiden los requisitos técnicos relacionados con composición química e información, que deben cumplir los tubos, ductos y accesorios de acueducto y alcantarillado, los de uso sanitario y los de aguas lluvias, que adquieran las personas prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado, así como las instalaciones hidrosanitarias al interior de las viviendas y se derogan las resoluciones 1166 de 2006 y 1127 de 2007.

Lo anterior se evidencia mediante el certificado de conformidad expedido por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) como organismo de certificación acreditado. Así mismo, la tubería PVC Orientado clase 500 de **GERFOR**, cumple con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Colombiana.

## **NTC 5425**

TUBOS DE PRESIÓN DE POLI(CLORURO DE VINILO) ORIENTADO, PVC0

## **NTC 2295**

(ANTECEDENTE ASTM D 3139): UNIONES CON SELLOS ELASTOMÉRICOS FLEXIBLES PARA TUBOS PLÁSTICOS EMPLEADOS PARA EL TRANSPORTE DE FLUIDOS A PRESIÓN.

# CONTENIDO

<b>01</b>	<b>Descripción del producto.....8</b>
	1.1 Tipo de material.
	1.2 Dimensiones.
	1.3 Ventajas de la tubería PVC Orientado.
	1.4 Comportamiento frente a las condiciones extremas.
	1.5 Vida útil.
	1.6 Perforaciones.
<b>02</b>	<b>Tubería PVC Orientado y accesorios .....18</b>
	2.1 Tuberías.
	2.2 Accesorios.
<b>03</b>	<b>Manejo en Almacén, almacenamiento y transporte.....21</b>
	3.1 Manejo.
	3.2 Almacenamiento.
	3.3 Transporte.
<b>04</b>	<b>Recomendaciones .....23</b>
	4.1 Recomendaciones generales de instalación.
	4.2 Pruebas de campo al sistema.
	4.3 Lubricante.
<b>05</b>	<b>Diseño Hidráulico.....30</b>
	5.1 Cálculo de las pérdidas menores.
	5.2 Aire en las tuberías de PVC.
	5.3 Golpe de ariete.
	5.4 Anclajes para tuberías a presión.
<b>06</b>	<b>Mantenimiento y rotulado.....37</b>

01

**DESCRIPCIÓN  
DEL PRODUCTO**

## 1.1 TIPO DE MATERIAL

El compuesto a partir del cual se fabrica la tubería PVC Orientado clase 500 de **GERFOR** para acueducto, consiste sustancialmente de Policloruro de Vinilo (PVC), al que mediante un proceso de orientación molecular, se le otorgan mejoras en las propiedades físicas y mecánicas, sin alterar las ventajas y propiedades químicas del polímero original. La Norma Técnica Colombiana NTC 5425 contempla diferentes clases de material de PVC Orientado clasificados según su HDS (Esfuerzo Hidrostático de Diseño), debido a que la orientación molecular se puede lograr, en mayor o menor medida, dependiendo del proceso de fabricación. **La tubería de PVC Orientado clase 500 de GERFOR, se fabrica solamente según la clase más alta (PVC Orientado 1139), ya que por su elevado grado de orientación garantiza un mejor comportamiento mecánico. De esa forma, la tubería dispone en mayor grado, las ventajas que el PVC Orientado clase 500 presenta sobre otros materiales.**

Los controles generados aseguran que los valores máximos admisibles para la conservación de la calidad del agua se mantengan según lo indicado en la resolución 0501 y detallados a continuación:

Contaminante	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Aluminio	Al	0,2
Antimonio	Sb	0,0006
Arsénico	As	0,001
Bario	Ba	0,2
Cadmio	Cd	0,0005
Cobre	Cu	0,13
Cromo total	Cr	0,01
Mercurio	Hg	0,0002
Níquel	Ni	0,02
Plata	Ag	0,01
Plomo	Pb	0,0005
Selenio	Se	0,005

Adicionalmente se controla la cantidad de cloruro de vinilo monómero residual, el cual se garantiza que el resultado es menor o igual a 3,2 mg/kg.

## 1.2 DIMENSIONES

La tubería de PVC Orientado clase 500 de **GERFOR**, se suministra en longitudes totales de 6 metros (incluyendo longitud de campana).

PRESIÓN NOMINAL PN											
DIÁMETRO			125 PSI		160 PSI		200 PSI		250 PSI		
Diámetro Nominal	Diámetro exterior	Diámetro interior	Espesor mínimo	Peso aproximado	Espesor mínimo	Peso a aproximado	Espesor mínimo	Peso aproximado	Espesor mínimo	Peso aproximado	
Pulg.	mm	mm	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	
4	114	114,30 ± 0,23	109,26 ± 0,23	1,98	1,32	2,52	1,59	3,13	2,02	N/A	N/A
6	168	168,28 ± 0,28	160,86 ± 0,28	2,91	2,78	3,71	3,39	4,62	4,1	N/A	N/A
8	219	219,08 ± 0,38	209,42 ± 0,38	3,79	4,7	4,83	5,63	5,99	7,41	N/A	N/A
10	273	273,05 ± 0,38	261,01 ± 0,38	4,72	7,53	6,02	8,65	7,49	10,58	N/A	N/A
12	323	323,85 ± 0,38	309,57 ± 0,38	5,6	9,94	7,14	12,23	8,86	15,39	N/A	N/A
14	355	355,60 ± 0,38	339,9 ± 0,38	N/A	N/A	7,85	14,52	9,75	17,79	N/A	N/A
16	406	406,40 ± 0,48	388,46 ± 0,48	N/A	N/A	8,97	18,73	11,13	23,22	N/A	N/A
20	508	508,00 +/- 058	485,62 +/- 0,58	N/A	N/A	11,19	30,17	13,88	36,83	17,28	46
24	609	609,60 +/- 0,65	568,14 +/- 0,65	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	20,73	52,87
30	762	762,00 +/- 0,83	710,14 +/- 0,83	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	25,93	82,66

## 1.3 VENTAJAS DE LA TUBERÍA PVC ORIENTADO

→ Resistencia al impacto:

La tubería PVC Orientado Clase 500 de **GERFOR**, es prácticamente indestructible por impacto. En consecuencia, se eliminan las roturas durante la instalación producidas por la manipulación o el punzonamiento. Además, la orientación molecular impide la propagación de grietas y elimina el riesgo de fisuras rápidas, debido a la estructura laminar del tubo. El resultado es un aumento de la vida útil del producto.

La tubería PVC Orientado Clase 500, es sometida a ensayos de resistencia al impacto conforme a lo establecido en la norma NTC 1125, en condiciones de temperatura 23 °C y humedad 50%. Se utiliza una baliza tipo B de masa 9,1 kg., sobre una superficie plana, que al dejarla caer desde una altura determinada, desarrolla la energía que debe ser absorbida por el tubo, sin que se presente grietas o roturas. Esta energía depende del diámetro externo del tubo y va desde 203 hasta 271 Julios.



## 1.3 VENTAJAS DE LA TUBERÍA PVC ORIENTADO

→ Liviana: de fácil manejo e instalación:

La tubería PVC Orientado Clase 500 de **GERFOR**, pesa menos de la mitad que las tuberías de presión convencionales, de PVC - U y las tuberías de polietileno, por esta razón, es fácil de manipular y transportar manualmente sin necesidad de ayudas mecánicas. Durante las instalaciones, las conexiones entre las tuberías se realizan de forma ágil y rápida, y no se recomienda el uso de solventes como unión entre accesorios y tuberías, por su diseño hermético.



PESOS COMPARATIVOS APROXIMADOS - Kg / Tubo						
Diámetro (pulg.)	PVC ORIENTADO (125 PSI) GERFOR	PVC ORIENTADO (160 PSI) GERFOR	PVC ORIENTADO (200 PSI) GERFOR	PVC ORIENTADO (250 PSI) GERFOR	UNIÓN MECÁNICA RDE26	UNIÓN MECÁNICA RDE21
4	7,9	9,6	12,1	N/A	14,3	17,4
6	16,7	20,3	24,6	N/A	29,3	36,8
8	28,2	33,8	44,4	N/A	49,1	63,2
10	45,2	51,9	63,4	N/A	81,4	98,6
12	59,6	73,4	92,4	N/A	119,9	142,7
14	N/A	87,1	106,7	N/A	144,5	176
16	N/A	112,4	139,3	N/A	185,2	228,8
20	N/A	181	221	276	301,9	348,1
24	N/A	N/A	N/A	317,2	397,1	486,7
30	N/A	N/A	N/A	495,9	N/A	N/A

Comparación PVC.U tradicional y PVC Orientado de **GERFOR**

Características	PVC-U	PVC ORIENTADO
Componente	Policloruro de Vinilo PVC	Policloruro de Vinilo PVC
Tecnología	PVC U (No plastificado)	Orientación molecular
Resistencia a la tensión	7.600 psi	11.600 psi
NTC	382 y 2295	5425 y 2295
ASTM	D2241	1483
Resistencia Hidrostática	3.800 - 4.800 psi	6.800 - 7.990 psi
Presión de trabajo	RDE 21: 200PSI RDE 26: 160PSI	200 PSI 160 PSI
Resistencia al impacto	NTC 382	ASTM 1483, más exigente que PVC U en un 25% de lb Fuerza
Resistencia a la corrosión	Idem	Idem
Operación	23° C	23°C
Peso		40% más livianas que PVC U

### 1.3 VENTAJAS DE LA TUBERÍA PVC ORIENTADO

→ Flexibilidad y aplastamiento:

El excelente comportamiento elástico de la tubería PVC Orientado Clase 500 de **GERFOR**, le permite soportar deformaciones de hasta el 100% del diámetro interior. La tubería recupera inmediatamente su forma original tras un aplastamiento o cualquier situación mecánica accidental, eliminando así el riesgo de roturas por deslizamiento del terreno u otros esfuerzos cortantes. Su gran capacidad para soportar cargas asegura además el perfecto comportamiento de los tubos una vez instalados, así como su adecuación sin afectar estructuralmente las condiciones. Por tanto, a los tubos de PVC Orientado se les realiza un ensayo de aplastamiento entre dos placas paralelas, según la norma NTC 3254.



## 1.3 VENTAJAS DE LA TUBERÍA PVC ORIENTADO

### → Resistencia hidrostática a corto plazo:

La tubería PVC Orientado Clase 500 de **GERFOR**, soporta resistencias a presión interna de más de tres (3) veces la presión nominal, por lo que tolera sobrepresiones puntuales como los golpes de ariete.

La velocidad de propagación de la onda de presión a través del agua contenida en la tubería de PVC Orientado Clase 500, es menor que en el resto de las tuberías (hasta cuatro (4) veces inferior en el caso de las de fundición dúctil), lo que le permite minimizar los golpes de ariete derivados de variaciones bruscas de caudal y presión. Se reduce y casi se elimina la posibilidad de roturas en las aperturas y cierres de las redes y en los arranques de impulsiones, protegiendo a todos los elementos de la red.

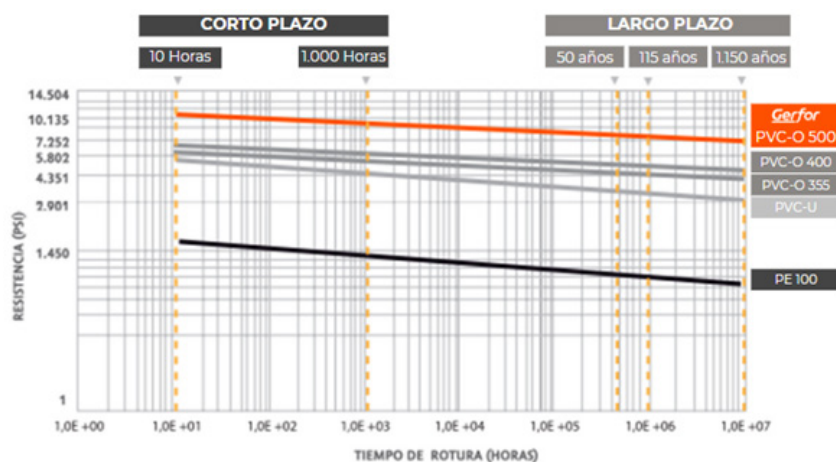
Debido a lo anterior, la tubería PVC Orientado Clase 500 de GERFOR, se somete a:

1. Un ensayo de presión de rotura, conforme con lo establecido en la norma NTC 3579, en condiciones de temperatura 23°C.
2. A ensayos de presión a 1000 horas, conforme con lo establecido en la norma NTC 5494, en condiciones de temperatura 23°C.

### → Resistencia hidrostática a largo plazo:

Se lleva a cabo conforme lo establecido en la norma NTC 5494, por lo que se emplean tapones en los extremos. Se somete el ensayo a una presión única que resulte en falla a 200 horas aproximadamente. Los resultados deben clasificarse mediante el empleo de la extrapolación con mínimos cuadrados, tal y como se describe en la norma NTC 3257.

### → Curva de regresión de resistencia hidrostática:



## 1.3 VENTAJAS DE LA TUBERÍA PVC ORIENTADO

### → Análisis curvas de regresión de resistencia hidrostática

Teniendo en cuenta que el PVC Orientado Clase 500, tiene una resistencia a la fatiga excepcional y una resistencia química muy buena y común en el PVC convencional, se garantiza una tubería capaz de soportar las presiones de trabajo. Si bien todos los materiales pierden propiedades mecánicas al estar sometidos durante largo tiempo a esfuerzos, característica definida como "fluencia", ésta se manifiesta en mucho menor grado en el PVC Orientado que en los plásticos convencionales, lo que genera mejores propiedades a largo plazo.

De hecho, la tubería PVC Orientado Clase 500 de **GERFOR**, es sometida a ensayos de regresión acelerada para demostrar un valor proyectado, a 100.000 horas de esfuerzo hidrostático a largo plazo (LTHS), con un mínimo de 46,92 MPa (6.810 psi).

### → Campana: características del sistema PVC ORIENTADO

La campana es la parte más importante de las tuberías, pues su geometría es más compleja que el resto del tubo y las tensiones son mayores, sobre todo en la dirección axial. Además, su mayor dimensión con respecto al resto del tubo hace que esté más expuesta a impactos, rasguños y otros daños durante su instalación. En la tubería PVC Orientado Clase 500 de **GERFOR**, se ha modificado la forma clásica de acampanado para darle una mayor garantía, alargando la zona del cuerpo de la campana, permitiendo una instalación más segura.

El diseño especial incluye un borde abierto con forma de campana que mejora el sistema de la unión de las tuberías. Además, la tubería PVC Orientado Clase 500, proporciona una orientación localizada para reforzar las áreas donde se concentran las tensiones.



## 1.3 VENTAJAS DE LA TUBERÍA PVC ORIENTADO

### → Campana integrada en el proceso de orientación:

A diferencia de otros sistemas existentes, en la tubería PVC Orientado Clase 500 de GERFOR, se produce la campana al mismo tiempo que el resto de la tubería, por lo que se alcanzan unas condiciones óptimas de orientación molecular. De forma tal que no se hace necesario un segundo proceso de calentamiento y reorientación, el cual podría degradar sus propiedades.

### → Moldeado con aire:

La conformación de la campana se hace con aire, de forma que no queden marcas de unión del molde, rasguños u otras imperfecciones dentro de la superficie interior, lo que asegura una hermeticidad perfecta y facilita la colocación del sello elastomérico.

### → Campana: Características del sistema de unión con sello Elastomérico

La tubería de PVC Orientado Clase 500 de **GERFOR** es desarrollada a través de un sistema de campana integral, con sello elastomérico y alma de polipropileno, instalado en fábrica, que garantiza un adecuado ensamble en obra, evitando así su desplazamiento en el proceso de instalación.

Las juntas de los tubos están diseñadas para que el sello elastomérico, al momento del ensamble y con el uso del lubricante, sea comprimido radialmente para formar el sello hermético.

El sello elastomérico es una combinación entre caucho natural (NR) y sintético, Estireno Butadieno (SBR), que garantiza la hermeticidad del sistema, acompañado de un aro de refuerzo en polipropileno que actúa como un elemento de soporte estructural y permanente de pre-compresión del sello elastomérico contra el tubo, previniendo así tanto la contaminación de la superficie de sello como el desplazamiento en la campana durante el ensamble del espigo. El sello elastomérico es fabricado cumpliendo con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 2536.

## 1.4 COMPORTAMIENTO FRENTE A CONDICIONES EXTREMAS

Son aquellas condiciones a las que pueden ser sometidas las tuberías y accesorios, pero que podrían afectar la funcionalidad de los mismos debido a que sobrepasan los valores máximos de trabajo para los cuales han sido fabricados. Entre éstas se encuentran:

### 1. Exposición de los productos a los rayos U.V.

Las tuberías en PVC Orientado Clase 500 no deben ser instaladas a la intemperie, ya que los agentes ultravioleta debilitan sus paredes disminuyendo los valores de resistencia al impacto. En caso de realizar instalaciones bajo estas condiciones, consultar con el departamento de Asistencia Técnica.

### 2. Exposición del producto a altas temperaturas externas

Las tuberías y accesorios PVC Orientado y PVC-U, son materiales plásticos, por lo que su exposición a altas temperaturas externas puede afectar sus características de funcionalidad. En caso de ser instaladas en condiciones de temperatura por encima del ambiente, favor contactarse con el departamento de Asistencia Técnica.

### 3. Temperatura de fluido

La temperatura de trabajo del fluido para la tubería y accesorios, de PVC Orientado y PVC-U, es 23°C. Para su uso con temperaturas mayores a las indicadas, contactarse con el departamento de Asistencia Técnica.

## 1.5 VIDA ÚTIL

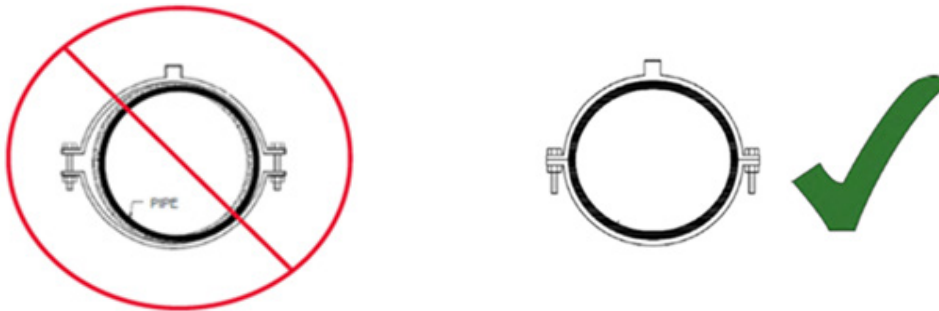
La vida útil de las tuberías PVC Orientado Clase 500 de **GERFOR**, bajo condiciones normales de operación y servicio, es mayor o igual a 50 años.

## 1.6 PERFORACIONES

La tubería de PVC Orientado clase 500 de **GERFOR** representa una solución eficiente, resistente y flexible, con una alta durabilidad. Es fundamental seguir procedimientos técnicos específicos para realizar perforaciones seguras.

Es fundamental que, en caso de requerir el uso de **sillas o collarines**, estos elementos proporcionen un **soporte completo y uniforme** alrededor de la superficie de la tubería. Bajo ninguna circunstancia deben generar **deformaciones** en la sección de la misma, ya que esto puede inducir **tensiones no controladas** en las fibras que conforman sus distintas capas.

Estas tensiones pueden acelerar el proceso de **fatiga del material**, comprometiendo la integridad estructural de la tubería y aumentando el riesgo de **fractura**. Por lo tanto, se recomienda verificar que los dispositivos de soporte estén diseñados y ajustados adecuadamente para evitar concentraciones de esfuerzo y garantizar una distribución homogénea de la carga.



*Configuración adecuada de la silleta*

La tubería de PVC Orientado clase 500 de **GERFOR** se caracterizan por un reacomodamiento de sus moléculas internas durante el proceso de fabricación, lo que les confiere una **mayor resistencia al impacto y a la presión hidrostática** (presión ejercida por los fluidos contenidos en su interior). Sin embargo, esta estructura también las hace **más exigentes en cuanto a los procedimientos de perforación**, ya que una perforación inadecuada puede comprometer su integridad.

Por otro lado, las **tuberías comunes (PVC-U)** presentan una menor resistencia estructural, pero permiten una mayor tolerancia en el tamaño de las perforaciones.

Para garantizar la seguridad y funcionalidad del sistema, se deben respetar las siguientes **relaciones de perforación**:

### 1. PVC-U: Relación de perforación 1:4

Ejemplo: Para una tubería de 4" (114 mm), se permite una perforación de hasta 1 1/16" (27 mm).

### 2. PVC-O: Relación de perforación 1:6

Ejemplo: Para una tubería de 4" (114 mm), la perforación permitida es de hasta 3/4" (19 mm).

## 1.6 PERFORACIONES

Estas relaciones deben ser consideradas en el diseño y ejecución de instalaciones que requieran perforaciones, como la conexión de accesorios o derivaciones, para evitar daños estructurales y garantizar la durabilidad del sistema.

El uso de **copas sierra** para la generación de perforaciones está **estrictamente restringido**. Esto se debe a que dichas herramientas no permiten una adecuada evacuación de la **viruta del material**, lo que provoca acumulación de calor en la superficie de la tubería. Este exceso de temperatura, junto con el desgaste acelerado de los dientes de la copa, genera un **golpeteo** en lugar de un corte limpio, aumentando el riesgo de **daños estructurales** y posibles **rupturas por impacto**.



→ **Herramienta recomendada:**

Se recomienda el uso de máquinas perforadoras con tornillo y tuerca, las cuales garantizan un corte afilado y preciso. Estas herramientas están diseñadas con:

1. Canales de expulsión de viruta, que evitan la acumulación de residuos y el sobrecalentamiento.
2. Una punta de perforación optimizada, que minimiza el golpeteo sobre la superficie de la tubería.
3. Una copa de retención, que impide que los residuos de corte ingresen al interior de la tubería, preservando la limpieza y funcionalidad del sistema.

El uso de herramientas adecuadas no solo mejora la calidad del corte, sino que también reduce significativamente el riesgo de fractura y prolonga la vida útil de la instalación.



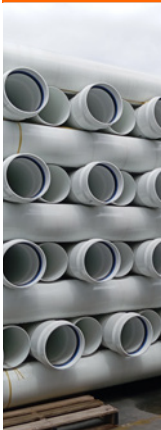
# 02

## TUBERÍA

PVC ORIENTADO Y ACCESORIOS


## 2.1 TUBERIA PVC ORIENTADO

→ Referencias tubería de PVC Orientado Clase 500

PRODUCTO PVC ORIENTADO CLASE 500	125 PSI - 6mts			160 PSI - 6mts			200 PSI - 6mts			250 PSI - 6mts		
	Código	Diámetro		Código	Diámetro		Código	Diámetro		Código	Diámetro	
		Pulg.	mm		Pulg.	mm		Pulg.	mm		Pulg.	mm
	100305	4	114	100306	4	114	100307	4	114	N/A	4	N/A
	100299	6	168	100266	6	168	100273	6	168	N/A	6	N/A
	100300	8	219	100267	8	219	100272	8	219	N/A	8	N/A
	100301	10	273	100268	10	273	100274	10	273	N/A	10	N/A
	100302	12	323	100269	12	323	100275	12	323	N/A	12	N/A
	N/A	14	N/A	100270	14	355	100276	14	355	N/A	14	N/A
	N/A	16	N/A	100271	16	406	100277	16	406	N/A	16	N/A
	N/A	20	N/A	104053	20	508	104057	20	508	104056	20	508
	N/A	24	N/A	N/A	24	N/A	104058	24	N/A	104054	24	609
	N/A	30	N/A	N/A	30	N/A	104059	30	N/A	104055	30	762

→ Referencias Accesorios PVC-U

Unión Reparación	Diámetro Nominal		
	Referencia	Pulg.	mm
	100343	4	114
	100344	6	168
	100345	8	219
	100375	10	273
	100379	12	323
	103094	14	355

Codo Gran Radio 45°	Diámetro Nominal		
	Referencia	Pulg.	mm
	100354	4	114
	100355	6	168
	100356	8	219
	100357	10	273
	100386	12	323
	100394	14	355

Unión Pasante	Diámetro Nominal		
	Referencia	Pulg.	mm
	101801	4	114
	100389	6	168
	100391	8	219
	100377	10	273
	100380	12	323
	100382	14	355

Codo Gran Radio 22,5°	Diámetro Nominal		
	Referencia	Pulg.	mm
	100360	4	114
	100361	6	168
	100362	8	219
	100369	10	273
	100385	12	323
	100393	14	355

## 2.2 ACCESORIOS PVC-U

→ Referencias Accesorios PVC-U

Codo Gran Radio 90°	Diámetro Nominal		
	Referencia	Pulg.	mm
	100348	4	114
	100349	6	168
	100350	8	219
	100351	10	273
	100387	12	323

Unión Gran Radio 11,25°	Diámetro Nominal		
	Referencia	Pulg.	mm
	100365	4	114
	100366	6	168
	100367	8	219
	100370	10	273
	100384	12	323
	100392	14	355

Codo Gran Radio 6°	Diámetro Nominal		
	Referencia	Pulg.	mm
	100396	8	219
	100383	12	323

Collar de Derivación	Diámetro Nominal	
	Referencia	Pulg.
	100619	4 x 1/2
	100620	4 x 3/4
	100716	6 x 1/2
	100717	6 x 3/4

Tee con Campana	Diámetro Nominal	
	Referencia	Pulg.
	100155	4 x 4 x 4

**Nota:** Los codos y accesorios tienen una presión nominal máxima de 200 psi. Para presiones superiores, se recomienda utilizar Hierro Dúctil u otro material adecuado según la aplicación.

# 03

**MANEJO EN ALMACEN,  
ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE**

### 3. MANEJO, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

#### → Manejo:

El manejo de la tubería PVC Orientado Clase 500 de **GERFOR** se puede realizar de forma manual, con equipos o medios mecánicos como grúa, carretilla elevadora y pala mecánica debido a su fácil manipulación. Es indispensable verificar, antes de la manipulación de la tubería, que no presente golpes o abolladuras. Para el caso de camiones cubiertos, en el momento de descargar, los tubos se deben impulsar desde adentro del camión hacia fuera, tratando de deslizarlos, evitando golpear la tubería en el descargue.

#### → Almacenamiento:

La tubería PVC Orientado Clase 500 de **GERFOR**, se debe almacenar horizontalmente en una superficie plana. Si es necesario, puede ser apoyada en listones con el fin de evitar el fenómeno de pandeo en la tubería. La altura máxima permitida en el almacenamiento de la tubería PVC Orientado Clase 500 de **GERFOR**, es de 1,5 metros, intercalando el espigo y la campana, de modo que exista una buena acomodación entre ellas. Para alturas de almacenamiento superiores, es necesario disponer de un nuevo soporte con el propósito de evitar deformaciones en la tubería. También se recomienda que la tubería no se almacene cerca a fuentes de calor



#### → Transporte:

Durante el tiempo de transporte los tubos deben descansar por completo en la superficie de apoyo, la cual debe estar libre de elementos punzantes que puedan ocasionar daños a la tubería. Si la plataforma del vehículo no es plana a causa de salientes, es conveniente colocar listones de madera o elementos similares para compensar la superficie y evitar posibles daños a la tubería.

Se debe evitar que los tubos rueden, por lo que se recomienda sujetarlos con cordel o cuerda. No utilizar cables ni alambres. Debido a la flexibilidad de los tubos, es necesario evitar que no sobresalgan más de 1 metro de la parte posterior del vehículo, en una longitud que permita el balanceo de los mismos.

Si el tubo lo permite, es posible colocar durante el tiempo de transporte tuberías de menor diámetro dentro de las de mayor diámetro; de lo contrario, se deben colocar los diámetros mayores primero en la parte baja de la plataforma del camión.



# 04

## RECOMENDACIONES

## 4.1 RECOMENDACIONES GENERALES DE INSTALACIÓN

La instalación de la tubería PVC Orientado Clase 500 de **GERFOR**, se debe realizar de acuerdo con los requisitos de la norma AWWA C605 o equivalente NTC 3742 y 2785.

Es preciso recordar que se debe conservar la profundidad mínima permitida de acuerdo con las siguientes características expuestas en la resolución 0330 de 2017:

→ Profundidades mínimas a cota clave de la tubería

SERVIDRUMBRE	PROFUNDIDAD A LA CLAVE DE LA TUBERÍA (mts)	
	Zona Urbana	Zona Rural
Vías peatonales, zonas verdes o agrícolas	0,6	1,00
Vías vehiculares	1,00	1,00

No use los productos de PVC Orientado Clase 500, para conducir y/o almacenar aire o gases comprimidos. El uso inadecuado de estos productos puede causar fallas en los mismos. Se recomienda la instalación a una distancia entre 0.20 y 0.30 metros por encima de la superficie superior de la tubería. Igualmente se debe utilizar una cinta de 10 cm. de ancho, que indique la presencia de la tubería y el fluido que conduce.

Está permitido el uso de accesorios complementarios en Hierro Dúctil, con la especificación Extremo Liso para PVC, Junta Hidráulica o Garra de tigre para PVC.

### 4.1.1 MANEJO EN INSTALACIÓN

Al momento de instalar la tubería PVC Orientado Clase 500 de **GERFOR**, es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. El ancho de la zanja a excavar debe tener la abertura adecuada, de manera que permita al personal de la obra manipular el tubo de forma correcta, ágil y segura. Recuerde que la tubería debe quedar lo más centrada posible, con el fin de garantizar un correcto confinamiento. El ancho óptimo de la zanja debe tener un mínimo de 40 cm. más el diámetro del tubo, de modo que la distancia entre la pared de la excavación y la del tubo sea de 20 cm. aproximadamente.
2. Al momento de ensamblar la tubería, es necesario que el espigo y la campana estén totalmente limpios.
3. Utilizar lubricante **GERFOR** para el espigo y campana, ya que el uso de otros



## 4.1.1 MANEJO EN INSTALACIÓN

productos puede generar un deterioro prematuro del Sello Elastomérico. El lubricante **GERFOR** es fabricado a base de aceite vegetal, por lo que este producto no reacciona con el sello Elastomérico.

4. Revise que el personal relacionado con las labores de instalación tenga todos los elementos de seguridad industrial con el fin de prevenir accidentes.
5. Recuerde realizar el atraque adecuado en la tubería, garantizando que ésta no se mueva y quede centrada.



Para evitar que se generen vacíos en la zona de apoyo de la tubería, tenga en cuenta que las capas de relleno a compactar no deben superar los 20 cm de espesor

La compactación se debe realizar manualmente con pisón hasta los 30 cm. Después de 45 cm. se puede usar equipo mecánico.

## 4.1.2 EXCAVACIÓN

Toda excavación se debe mantener estable por sí misma o estar soportada de forma adecuada para la construcción. No se puede presumir la estabilidad de la excavación en suelos duros o materiales rocosos sin investigaciones y estudios previos. Para tener un buen comportamiento de las tuberías flexibles se deben respetar los anchos de zanja mínimos y máximos.

De hecho, el ancho de la zanja debe ser el mínimo posible. Se recomienda el diámetro exterior de la tubería más 40 cm. El fondo de la zanja debe ser preparado para la colocación directa del tubo, por lo que debe ser continuo, relativamente suave, libre de piedras y capaz de proveer apoyo uniforme. La profundidad de la zanja deberá ser establecida por el diseñador, dependiendo de las condiciones particulares del terreno y del uso del mismo. Se debe conservar las separaciones mínimas permitidas con otros servicios públicos de acuerdo con la regulación vigente.

→ **Profundidad de instalación a cota clave:**

La profundidad mínima de instalación de la tubería PVC Orientado Clase 500 de **GERFOR** es de 60 cm. en zonas peatonales y de 1.0 metros en zonas de flujo vehicular.

Para aquellos casos donde sea necesario colocar la tubería entre 0.6 y 1.0 metros de profundidad en zonas de flujo vehicular, es necesario diseñar un sistema de protección tipo cárcamo, que debe tener en cuenta las cargas actuantes. La profundidad máxima de instalación de las tuberías debe ser de 1,5 m. Para casos especiales, la cimentación debe ser diseñada por un ingeniero geotecnista quien, de acuerdo con el tipo de terreno y cargas actuantes, definirá cuál es el tipo de cimentación adecuado para la tubería.

### 4.1.3 CIMENTACIÓN

La tubería se debe instalar sobre un encamado de arena u otro material homogéneo que cumpla con las condiciones del suelo circundante, con un espesor de 10 cm. aproximadamente.

### 4.1.4 PROCEDIMIENTO DE ENSAMBLE DE TUBERÍA

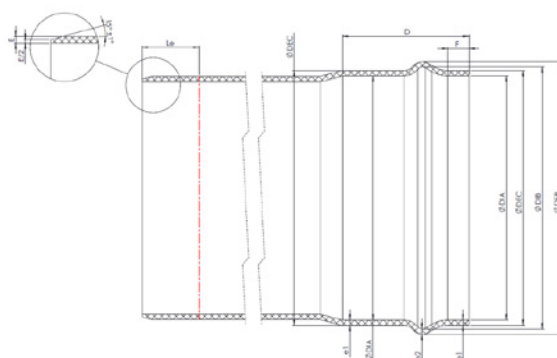
Verificar que la campana y el espigo de la tubería se encuentren limpios y libres de partículas que puedan afectar el acoplamiento de las tuberías.

Se debe aplicar lubricante **GERFOR**, sobre el espigo de la tubería y en el interior, en el sello alojado en la campana.

Verificar la alineación de los tramos que se van a instalar. El acoplamiento se debe hacer ejerciendo presión desde el extremo, protegiendo la campana con un bloque de madera en forma horizontal. Es necesario desplazar el tubo hasta la marca que presenta externamente el espigo. Si ésta no aparece, se debe marcar el extremo del tubo que va a ingresar en la campana, de forma que quede un espacio de 2 cm. entre el espigo y el tope de la campana.



Si es necesario realizar un corte a la tubería, se debe biselar el espigo en un ángulo de inclinación de 15°. La profundidad del bisel debe ser igual a la mitad del espesor del tubo.



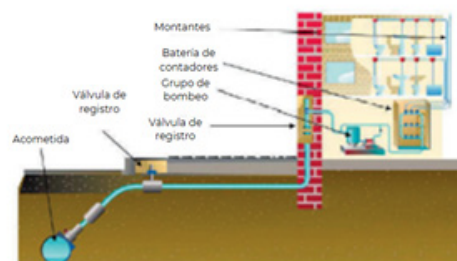
CARACTERÍSTICAS DEL ESPIGO DE TUBERÍA PRESIÓN					
Diámetro nominal pulgadas	Longitud de chaflán mínima				Longitud marca espigo (le) mínimo
	125 PSI	160 PSI	200 PSI	250 PSI	
4		8 - 14		N/D	130
6		10 - 18		N/D	160
8		12 - 21		N/D	170
10		12 - 23		N/D	190
12		12 - 26		N/D	210
14		14 - 29		N/D	220
16		16 - 32		N/D	280
20	N/D		22 - 43		288,5
24	N/D	N/D	N/D	45 - 57	327,4
30	N/D	N/D	N/D	56 - 72	397,3

## 4.1.4 PROCEDIMIENTO DE ENSAMBLE DE TUBERÍA

### → Acometidas:

Para efectuar instalaciones domiciliarias se debe realizar una excavación que permita la instalación del collar de derivación.

Recuerde instalar los elementos roscados colocando previamente cinta teflón y ajustar con una llave correa o manualmente.



ESQUEMA DE CONEXIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIA

## 4.2 PRUEBAS DE CAMPO AL SISTEMA

### → Prueba hidostática en tuberías PVC Orientado:

El objetivo del ensayo es verificar que una red de acueducto funcione bajo una presión definida por el diseñador y que no presente ningún tipo de fuga o escape más allá de los rangos estipulados como aceptables. La prueba está basada en los procedimientos establecidos por la AWWA M23. Para la realización de la prueba hidráulica es necesario contar con los siguientes elementos o equipos que garantizarán la efectividad de la prueba de presión hidrostática:

1. Sistema de bombeo con capacidad suficiente para elevar la presión a la requerida por la prueba.
2. Tuberías y acoples de conexión.
3. Manómetros de presión, con el rango establecido por la prueba.
4. Válvulas de corte.
5. Collares de derivación, tanto para el ingreso de agua al sistema como para evacuación de aire.
6. Válvula de ventosa para prueba, con el ánimo de evacuar el aire presente en las tuberías.
7. Anclajes y taponos temporales.



Durante la prueba hidráulica se deben tener en cuenta los requerimientos de seguridad industrial para proteger, en caso de fallar la tubería, tanto al personal como a las propiedades públicas o privadas. La longitud del tramo a probar estará determinada por la verificación del cumplimiento de todas las condiciones técnicas que permitan realizar la prueba de forma segura. Se recomienda realizar pruebas sobre tramos menores a 500 metros.

### → Determinación de la presión de ensayo

$PE = PT \times 1,5$  Donde:

PE = Presión de ensayo en PSI

PT = Presión de trabajo en PSI

Consideraciones:

- La PE no debe ser menor al 125% de la presión de trabajo en el punto más alto de sección de la prueba.
- La PE no debe ser menor al 80% de la presión de trabajo indicada en la tubería por GERFOR.
- La PE no debe superar el 110% de la presión de trabajo indicada en la tubería por GERFOR.

### 4.2.1.2 PROCEDIMIENTO DE PRUEBA HIDROSTÁTICA

1. Verificar que las válvulas para extracción de aire (ventosas) se encuentren abiertas.
2. Verificar la correcta instalación de tapones, anclajes y todos aquellos elementos estructurales para la contención de las tuberías y válvulas.
3. Instalar los registros de corte, válvulas de ventosa y manómetros requeridos para la prueba.
4. Llenar la tubería con agua potable a una velocidad del 10% de la velocidad de diseño, comenzando desde el punto más bajo del tramo para permitir la correcta salida del aire.
5. Presurizar la red de 24 a 48 horas con la presión de trabajo de la tubería, con el fin de expulsar completamente el aire presente en el tramo y estabilizar la tubería.
6. Aumentar la presión de manera estable hasta alcanzar la PE.
7. Mantener la presión estable, mediante la inyección, por un período de tiempo no menor a una hora.
8. Al cabo de este tiempo, desconectar la bomba y no permitir el ingreso de agua al sistema durante una hora. Podría ser un período de tiempo mayor si está especificado por el interventor.
9. Pasado este lapso, medir y registrar la presión que se redujo. Luego se debe bombear agua al interior de la tubería hasta restablecer la presión de ensayo PE.
10. Finalmente, comparar el volumen requerido con el volumen indicado en la siguiente ecuación:

**Donde:**

$$L = \frac{(N \times D \times \sqrt{P})}{130419}$$

**L** = Pérdida de agua admisible en litros/ hora

**N** = Número de uniones presentes que hay en la longitud de tubería ensayada.

**D** = Diámetro interno de la tubería en milímetros.

**P** = Presión de ensayo promedio durante la prueba hidrostática en kilopascales.

11. La cantidad de agua medida en el ensayo no debe exceder el valor calculado en la ecuación.

### 4.2.2 DESINFECCIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Antes de poner en servicio cualquier red de distribución, ésta debe ser desinfectada. Para ello, se deben tener en cuenta los siguientes requerimientos:

1. Antes de aplicar el desinfectante, es necesario lavar la tubería haciendo circular agua a través de ella, para luego descargarla por las válvulas de purga con el fin de remover todo el material extraño.
2. El desinfectante se debe aplicar donde inicia la ampliación de la red de distribución, para el caso de ampliaciones/extensiones, o en el inicio de la red de distribución, cuando ésta sea nueva. Para secciones de la red de distribución localizada entre válvulas, el desinfectante debe aplicarse por medio de un registro de incorporación.
3. Se debe utilizar cloro o hipoclorito de sodio como desinfectante.
4. Es necesario que la cantidad de cloro produzca una concentración mínima de 50 ppm.
5. El período de retención del agua desinfectada dentro de la red de distribución no debe ser menor a 24 horas. Después de este lapso, el contenido de cloro residual debe ser como mínimo 5 ppm.
7. Una vez que se realice la cloración y pase el período de prueba, se debe descargar completamente la tubería. Cuando se hagan reparaciones en alguna de las tuberías que conforman la red de distribución, el tramo debe someterse a desinfección.
8. Antes de entregar el servicio de la red de distribución, se debe hacer un muestreo final para llevar a cabo un análisis microbiológico. En caso de que éste demuestre que la calidad de agua no cumple con el
9. Decreto 1575 de 2007, la tubería deberá desinfectarse nuevamente.

Es necesario que el proceso de desinfección se realice según la Norma NTC 4246 o la Norma AWWA C651.

### 4.3 LUBRICANTE

El lubricante GERFOR, es un producto elaborado a base de aceites vegetales que permite el fácil desplazamiento del tubo con el bisel dentro de la campana, evitando que existan variaciones en la potabilidad del servicio. Aplique siempre lubricante GERFOR sobre el extremo del tubo (espigo) y en la parte interior de la unión.



DIÁMETRO (pulgadas)	RENDIMIENTO (Nº uniones x 500g)
2	200
2-1/2	180
3	160
4	100
6	45
8	30
10	20
12	15
14	12

DIÁMETRO (pulgadas)	RENDIMIENTO (Nº uniones x 500g)
16	10
18	9
20	8
24	4
30	3
36	2
40	1
44	1
48	1

05

**DISEÑO HIDRÁULICO**

## 5. DISEÑO HIDRÁULICO

La conducción es uno de los componentes de un sistema de acueducto a través del cual se transporta el agua hasta las diferentes ciudades. La mayoría de las conducciones implican sistemas de tuberías a presión, que son las más frecuentes y, por tanto, existen diversas fórmulas para el cálculo de la tubería.

### ECUACIÓN DE HAZEN WILLIAMS

$$hf = \frac{6,842 \times l \times v^{1,851}}{c^{1,851} \times d^{1,167}}$$

- hf** = Pérdida en mca (m/m)
- V** = Velocidad del fluido (m/s)
- l** = Longitud (m)
- c** = Coeficiente Rugosidad de la tubería (C = 150 para Tuberías PVC)
- d** = Diámetro interno de la tubería (m)

*Ecuación de Darcy – Weisbasch en conjunto con la ecuación de Colebrook*

Para el cálculo hidráulico y la determinación de las pérdidas por fricción en las tuberías a presión que conformen el sistema de acueducto, se puede utilizar la ecuación de Darcy-Weisbach en conjunto con la ecuación de Colebrook White, la cual es adecuada para todos los tipos de flujo turbulento, desde hidráulicamente liso hasta hidráulicamente rugoso.

En todos los casos, el diseñador debe dejar claramente establecidas las suposiciones hechas para el cálculo del factor de fricción.

### ECUACIÓN DE DARCY – WEISBASCH EN CONJUNTO CON LA ECUACIÓN DE COLEBROOK

$$hf = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

- hf** = Pérdida por fricción.
- f** = Factor de fricción.
- L** = Longitud de la tubería (m).
- D** = Longitud de la tubería (m).
- V** = Velocidad media del fluido (m/s).
- g** = Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>).

El coeficiente de fricción de Darcy, *f*, para flujo laminar ó turbulento, será calculado usando las siguientes tablas:

Flujo Laminar Re < 2000	Flujo Turbulento Re >4000 Desde flujo hidráulicamente liso a flujo hidráulicamente rugoso	Número de Reynolds
$f = \frac{64}{Re}$	$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log_{10} \left( \frac{k_s}{3,7D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right)$	$Re = \frac{\rho v \times D}{\mu}$
<b>Re</b> = Número de Reynolds (adimensional).  <b>f</b> = Factor de fricción (adimensional)	<b>K<sub>2</sub></b> = Rugosidad absoluta de la tubería (m). <b>f</b> = Factor de fricción. (adimensional). (Para calcular el factor de fricción se debe utilizar un proceso iterativo). <b>D</b> = Diámetro de la tubería (m). <b>Re</b> = Número de Reynold (adimensional).	<b>ρ</b> = Densidad del fluida (kg / m <sup>3</sup> ) <b>μ</b> = Viscosidad dinámica del fluido (pas) <b>v</b> = Velocidad media del fluido (m/s) <b>D</b> = Diámetro de la tubería (m)

## 5. DISEÑO HIDRÁULICO

### DENSIDAD Y VISCOSIDAD DEL AGUA SEGÚN LA TEMPERATURA

Temperatura (°C)	Densidad, $\rho$ (kg./m <sup>3</sup> )	Viscosidad, $\mu$ ( $\times 10^{-3}$ Pa·s)
0	999,9	1,792
5	1000,0	1,519
10	999,7	1,308
15	999,1	1,140
20	998,2	1,005
30	995,7	0,801
40	992,2	0,656
50	988,1	0,549

### VALORES DE RUGOSIDAD ABSOLUTA

Material	Rugosidad Absoluta k, (mm)
Acero comercial	0,45
CCP	0,12
Hierro dúctil	0,25
GRP	0,030
Polietileno	0,007
PVC Orientado Clase 500	0,0015

## 5.1 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS MENORES

Tabla De Hazen Williams (Caudal / Velocidad / Pérdidas)																	160PSI
Diámetro (pulg)	4		6		8		10		12		14		16		20		
Diámetro exterior (mm)	114,3		168,28		219,09		273,05		323,85		355,6		406,4		508		
Diámetro interior (mm)	107,8		154,5		195,8		236,8		272,9		294,0		325,9		382,8		
Caudal	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	
gal/min	L/s	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m
10	0,63	0,07	0,0001														
15	1,01	0,10	0,0001														
20	1,26	0,14	0,0002														
25	1,58	0,17	0,0003	0,08	0,0001												
30	1,89	0,21	0,0005	0,10	0,0001												
35	2,21	0,24	0,0006	0,12	0,0001												
40	2,25	0,28	0,0006	0,13	0,0001												
45	2,84	0,31	0,0010	0,15	0,0002	0,09	0,0001										
50	3,15	0,35	0,0012	0,17	0,0002	0,10	0,0001										
60	3,78	0,41	0,0017	0,20	0,0003	0,13	0,0001										
70	4,41	0,48	0,0022	0,24	0,0004	0,15	0,0001										
80	5,05	0,55	0,0029	0,27	0,0005	0,17	0,0002	0,11	0,0001								
90	5,68	0,62	0,0036	0,30	0,0006	0,19	0,0002	0,13	0,0001								
100	6,31	0,69	0,0043	0,34	0,0007	0,21	0,0002	0,14	0,0001								
150	9,46	1,04	0,0091	0,50	0,0016	0,31	0,0005	0,21	0,0002	0,16	0,0001	0,14	0,0001				
200	12,61	1,38	0,0155	0,67	0,0027	0,42	0,0009	0,29	0,0003	0,22	0,0002	0,19	0,0001	0,15	0,0001		

## 5.1 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS MENORES

Tabla De Hazen Williams (Caudal / Velocidad / Pérdidas)																	160PSI
Diámetro (pulg)	4		6		8		10		12		14		16		20		
Diámetro exterior (mm)	114,3		168,28		219,09		273,05		323,85		355,6		406,4		508		
Diámetro interior (mm)	107,8		154,5		195,8		236,8		272,9		294,0		325,9		382,8		
Caudal	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	
gal/min	L/s	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m
250	15,77	1,73	0,0235	0,84	0,0041	0,52	0,0013	0,36	0,0005	0,27	0,0003	0,23	0,0002	0,19	0,0001		
300	18,92	2,07	0,0330	1,01	0,0057	0,63	0,0018	0,43	0,0007	0,32	0,0004	0,28	0,0002	0,23	0,0002	0,16	0,0001
350	22,07	2,42	0,0438	1,18	0,0076	0,73	0,0024	0,50	0,0009	0,38	0,0005	0,33	0,0003	0,26	0,0002	0,19	0,0001
400	25,23	2,76	0,0562	1,35	0,0097	0,84	0,0031	0,57	0,0012	0,43	0,0006	0,37	0,0004	0,30	0,0003	0,22	0,0001
450	28,38	3,11	0,0699	1,51	0,0121	0,94	0,0038	0,64	0,0015	0,49	0,0008	0,42	0,0005	0,34	0,0003	0,25	0,0001
500	31,53	3,46	0,0849	1,68	0,0147	1,05	0,0046	0,72	0,0018	0,54	0,0009	0,46	0,0006	0,38	0,0004	0,27	0,0002
550	34,59	3,80	0,1008	1,85	0,0175	1,15	0,0055	0,79	0,0022	0,59	0,0011	0,51	0,0008	0,42	0,0005	0,30	0,0002
600	37,84	4,15	0,1190	2,02	0,0206	1,26	0,0065	0,86	0,0026	0,65	0,0013	0,56	0,0009	0,45	0,0005	0,33	0,0002
650	40,99	4,49	0,1380	2,19	0,0239	1,36	0,0076	0,93	0,0030	0,70	0,0015	0,60	0,0010	0,49	0,0006	0,36	0,0003
700	44,15	4,84	0,1583	2,36	0,0274	1,47	0,0087	1,00	0,0034	0,76	0,0017	0,65	0,0012	0,53	0,0007	0,38	0,0003
750	47,3			2,52	0,0312	1,57	0,0098	1,07	0,0039	0,81	0,0020	0,70	0,0014	0,57	0,0008	0,41	0,0004
800	50,45			2,69	0,0351	1,68	0,0111	1,15	0,0044	0,86	0,0022	0,74	0,0015	0,60	0,0009	0,44	0,0004
850	53,61			2,86	0,0393	1,78	0,0124	1,22	0,0049	0,92	0,0025	0,79	0,0017	0,64	0,0010	0,47	0,0005
900	56,76			3,03	0,0437	1,89	0,0138	1,29	0,0055	0,97	0,0027	0,84	0,0019	0,68	0,0012	0,49	0,0005
950	59,91			3,20	0,0483	1,99	0,0152	1,36	0,0060	1,02	0,0030	0,88	0,0021	0,72	0,0013	0,52	0,0006
1.000	63,07			3,37	0,0531	2,10	0,0168	1,43	0,0066	1,08	0,0033	0,93	0,0023	0,76	0,0014	0,55	0,0006
1.100	69,37			3,70	0,0634	2,31	0,0200	1,58	0,0079	1,19	0,0040	1,02	0,0028	0,83	0,0017	0,60	0,0008
1.200	75,68			4,04	0,0744	2,52	0,0235	1,72	0,0093	1,29	0,0047	1,12	0,0032	0,91	0,0020	0,66	0,0009
1.300	81,99			4,37	0,0863	2,72	0,0273	1,86	0,0108	1,40	0,0054	1,21	0,0038	0,98	0,0023	0,71	0,0010
1.400	88,29			4,71	0,0990	2,93	0,0313	2,01	0,0124	1,51	0,0062	1,30	0,0043	1,06	0,0026	0,77	0,0012
1.500	94,6					3,14	0,0355	2,15	0,0141	1,62	0,0071	1,39	0,0049	1,13	0,0030	0,82	0,0014
1.600	100,91					3,35	0,0401	2,29	0,0158	1,73	0,0079	1,49	0,0055	1,21	0,0033	0,88	0,0015
1.700	107,21					3,56	0,0448	2,44	0,0177	1,83	0,0089	1,58	0,0062	1,29	0,0037	0,93	0,0017
1.800	113,52					3,77	0,0498	2,58	0,0197	1,94	0,0099	1,67	0,0069	1,36	0,0042	0,99	0,0019
1.900	119,83					3,98	0,0551	2,72	0,0218	2,05	0,0109	1,77	0,0076	1,44	0,0046	1,04	0,0021
2.000	126,13					4,19	0,0605	2,86	0,0240	2,16	0,0120	1,86	0,0084	1,51	0,0051	1,10	0,0023
2.500	157,67							3,58	0,0362	2,70	0,0182	2,32	0,0126	1,89	0,0076	1,37	0,0035
3.000	189,2							4,30	0,0508	3,24	0,0255	2,79	0,0177	2,27	0,0107	1,64	0,0049
3.500	230,73									3,78	0,0368	3,25	0,0256	2,65	0,0155	1,92	0,0071
4.000	252,27									4,32	0,0434	3,72	0,0302	3,02	0,0183	2,19	0,0083

## 5.1 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS MENORES

Tabla De Hazen Williams (Caudal / Velocidad / Pérdidas)																	160PSI	
Diámetro (pulg)	4		6		8		10		12		14		16		20			
Diámetro exterior (mm)	114,3		168,28		219,09		273,05		323,85		355,6		406,4		508			
Diámetro interior (mm)	107,8		154,5		195,8		236,8		272,9		294,0		325,9		382,8			
Caudal	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf		
gal/min	L/s	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	
4.500	283,8								4,85	0,0539	4,18	0,0375	3,40	0,0227	2,47	0,0104		
5.000	315,33										4,65	0,0456	3,78	0,0276	2,74	0,0126		
5.500	346,87												4,16	0,0329	3,02	0,0150		
6.000	378,4												4,54	0,0387	3,29	0,0177		
6.500	409,93												4,91	0,0449	3,56	0,0205		
7.000	441,47														3,84	0,0235		
7.500	473														4,11	0,0267		
8.000	504,53														4,39	0,0301		
8.500	536,07														4,66	0,0337		
9.000	567,6														4,93	0,0375		

Tabla 200 PSI

Tabla De Hazen Williams (Caudal / Velocidad / Pérdidas)																	200PSI	
Diámetro (pulg)	4		6		8		10		12		14		16		20			
Diámetro exterior (mm)	114,3		168,28		219,09		273,05		323,85		355,6		406,4		508			
Diámetro interior (mm)	107,8		154,5		195,8		236,8		272,9		294,0		325,9		382,8			
Caudal	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf		
gal/min	L/s	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	
10	0,63	0,07	0,0001															
15	1,01	0,11	0,0002															
20	1,26	0,15	0,0003															
25	1,58	0,18	0,0004	0,09	0,0001													
30	1,89	0,22	0,0005	0,11	0,0001													
35	2,21	0,26	0,0007	0,13	0,0001													
40	2,25	0,29	0,0007	0,15	0,0001													
45	2,84	0,33	0,0011	0,17	0,0002	0,11	0,0001											
50	3,15	0,37	0,0014	0,19	0,0003	0,12	0,0001											
60	3,78	0,44	0,0019	0,22	0,0004	0,14	0,0001	0,10	0,0001									

## 5.1 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS MENORES

Tabla De Hazen Williams (Caudal / Velocidad / Pérdidas)																	200PSI	
Diámetro (pulg)		4		6		8		10		12		14		16		20		
Diámetro exterior (mm)		114,3		168,28		219,09		273,05		323,85		355,6		406,4		508		
Diámetro interior (mm)		107,8		154,5		195,8		236,8		272,9		294,0		325,9		382,8		
Caudal		Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	
gal/min	L/s	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	
70	4,41	0,51	0,0026	0,26	0,0005	0,17	0,0002	0,12	0,0001									
80	5,05	0,59	0,0033	0,30	0,0006	0,19	0,0002	0,14	0,0001	0,11	0,0001							
90	5,68	0,66	0,0041	0,33	0,0008	0,22	0,0003	0,15	0,0001	0,12	0,0001							
100	6,31	0,74	0,0050	0,37	0,0010	0,24	0,0003	0,17	0,0001	0,13	0,0001	0,12	0,0001					
150	9,46	1,10	0,0106	0,56	0,0020	0,36	0,0007	0,26	0,0003	0,20	0,0002	0,18	0,0001	0,15	0,0001			
200	12,61	1,47	0,0181	0,74	0,0034	0,48	0,0012	0,34	0,0005	0,27	0,0003	0,24	0,0002	0,20	0,0001	0,16	0,0001	
250	15,77	1,84	0,0274	0,93	0,0052	0,60	0,0018	0,43	0,0008	0,33	0,0004	0,30	0,0003	0,25	0,0002	0,20	0,0001	
300	18,92	2,21	0,0383	1,11	0,0073	0,72	0,0025	0,51	0,0011	0,40	0,0006	0,35	0,0004	0,30	0,0003	0,24	0,0002	
350	22,07	2,57	0,0510	1,30	0,0097	0,84	0,0033	0,60	0,0014	0,47	0,0008	0,41	0,0006	0,35	0,0004	0,28	0,0002	
400	25,23	2,94	0,0653	1,49	0,0124	0,96	0,0043	0,68	0,0019	0,53	0,0010	0,47	0,0008	0,40	0,0005	0,32	0,0003	
450	28,38	3,31	0,0813	1,67	0,0154	1,08	0,0053	0,77	0,0023	0,60	0,0013	0,53	0,0009	0,45	0,0006	0,36	0,0004	
500	31,53	3,68	0,0987	1,86	0,0187	1,20	0,0064	0,85	0,0028	0,67	0,0016	0,59	0,0012	0,50	0,0008	0,40	0,0005	
550	34,59	4,05	0,1172	2,04	0,0222	1,32	0,0076	0,94	0,0033	0,74	0,0018	0,65	0,0014	0,55	0,0009	0,44	0,0005	
600	37,84	4,41	0,1384	2,23	0,0263	1,44	0,0090	1,02	0,0039	0,80	0,0022	0,71	0,0016	0,60	0,0011	0,48	0,0006	
650	40,99	4,78	0,1605	2,42	0,0304	1,56	0,0105	1,11	0,0046	0,87	0,0025	0,77	0,0019	0,65	0,0013	0,53	0,0007	
700	44,15			2,60	0,0349	1,68	0,0120	1,19	0,0052	0,94	0,0029	0,83	0,0021	0,70	0,0015	0,57	0,0008	
750	47,3			2,79	0,0397	1,80	0,0136	1,28	0,0059	1,00	0,0033	0,89	0,0024	0,75	0,0016	0,61	0,0010	
800	50,45			2,97	0,0447	1,92	0,0154	1,36	0,0067	1,07	0,0037	0,95	0,0027	0,81	0,0019	0,65	0,0011	
850	53,61			3,16	0,0500	2,04	0,0172	1,45	0,0075	1,14	0,0041	1,00	0,0031	0,86	0,0021	0,69	0,0012	
900	56,76			3,34	0,0556	2,16	0,0191	1,53	0,0083	1,20	0,0046	1,06	0,0034	0,91	0,0023	0,73	0,0014	
950	59,91			3,53	0,0615	2,28	0,0211	1,62	0,0092	1,27	0,0051	1,12	0,0038	0,96	0,0026	0,77	0,0015	
1.000	63,07			3,72	0,0676	2,40	0,0232	1,70	0,0101	1,34	0,0056	1,18	0,0042	1,01	0,0028	0,81	0,0016	
1.100	69,37			4,09	0,0807	2,64	0,0277	1,87	0,0121	1,47	0,0067	1,30	0,0050	1,11	0,0034	0,89	0,0020	
1.200	75,68			4,46	0,0948	2,88	0,0326	2,05	0,0142	1,60	0,0079	1,42	0,0058	1,21	0,0039	0,97	0,0023	
1.300	81,99			4,83	0,1099	3,12	0,0378	2,22	0,0165	1,74	0,0091	1,54	0,0068	1,31	0,0046	1,05	0,0027	
1.400	88,29					3,35	0,0433	2,39	0,0189	1,87	0,0105	1,65	0,0077	1,41	0,0052	1,13	0,0031	
1.500	94,6					3,59	0,0492	2,56	0,0215	2,00	0,0119	1,77	0,0088	1,51	0,0060	1,21	0,0035	
1.600	100,91					3,83	0,0555	2,73	0,0242	2,14	0,0134	1,89	0,0099	1,61	0,0067	1,29	0,0039	
1.700	107,21					4,07	0,0621	2,90	0,0271	2,27	0,0150	2,01	0,0111	1,71	0,0075	1,37	0,0044	
1.800	113,52					4,31	0,0690	3,07	0,0301	2,41	0,0166	2,13	0,0123	1,81	0,0083	1,45	0,0049	
1.900	119,83					4,55	0,0763	3,24	0,0333	2,54	0,0184	2,25	0,0136	1,91	0,0092	1,53	0,0054	

## 5.1 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS MENORES

Tabla De Hazen Williams (Caudal / Velocidad / Pérdidas)																	200PSI	
Diámetro (pulg)	4		6		8		10		12		14		16		20			
Diámetro exterior (mm)	114,3		168,28		219,09		273,05		323,85		355,6		406,4		508			
Diámetro interior (mm)	107,8		154,5		195,8		236,8		272,9		294,0		325,9		382,8			
Caudal	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf		
gal/min	L/s	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	
2.000	126,13					4,79	0,0839	3,41	0,0366	2,67	0,0202	2,36	0,0150	2,01	0,0101	1,62	0,0059	
2.500	157,67							4,26	0,0553	3,34	0,0306	2,95	0,0227	2,52	0,0153	2,02	0,0090	
3.000	189,2									4,01	0,0429	3,54	0,0318	3,02	0,0215	2,42	0,0126	
3.500	230,73									4,68	0,0619	4,14	0,0459	3,52	0,0310	2,83	0,0182	
4.000	252,27											4,73	0,0541	4,03	0,0366	3,23	0,0214	
4.500	283,8													4,53	0,0455	3,64	0,0267	
5.000	315,33															4,04	0,0324	
5.500	346,87															4,44	0,0387	
6.000	378,4															4,85	0,0454	

Tabla 250 PSI

Tabla De Hazen Williams (Caudal / Velocidad / Pérdidas)																	250PSI	
Diámetro (pulg)	4		6		8		10		12		14		16		20			
Diámetro exterior (mm)	114,3		168,28		219,09		273,05		323,85		355,6		406,4		508			
Diámetro interior (mm)	107,8		154,5		195,8		236,8		272,9		294,0		325,9		382,8			
Caudal	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf		
gal/min	L/s	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	
10	0,63					0,10	0,0001											
15	1,01					0,15	0,0004											
20	1,26					0,20	0,0005											
25	1,58					0,25	0,0008											
30	1,89					0,30	0,0011											
35	2,21			0,09	0,0001	0,35	0,0015											
40	2,25			0,10	0,0001	0,40	0,0016											
45	2,84			0,11	0,0001	0,45	0,0024											
50	3,15			0,12	0,0001	0,50	0,0029											
60	3,78	0,11	0,0001	0,15	0,0001	0,60	0,0041											
70	4,41	0,13	0,0001	0,17	0,0002	0,70	0,0055											
80	5,05	0,15	0,0001	0,20	0,0002	0,80	0,0070											
90	5,68	0,16	0,0001	0,22	0,0003	0,90	0,0087											

## 5.1 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS MENORES

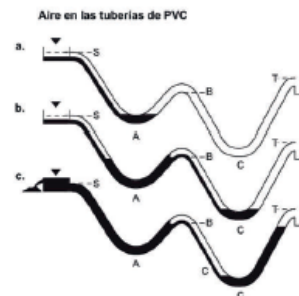
Tabla De Hazen Williams (Caudal / Velocidad / Pérdidas)																	250 PSI	
Diámetro (pulg)		4		6		8		10		12		14		16		20		
Diámetro exterior (mm)		114,3		168,28		219,09		273,05		323,85		355,6		406,4		508		
Diámetro interior (mm)		107,8		154,5		195,8		236,8		272,9		294,0		325,9		382,8		
Caudal		Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	Vel.	hf	
gal/min	L/s	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	
100	6,31	0,18	0,0002	0,25	0,0004	1,00	0,0106											
150	9,46	0,27	0,0004	0,37	0,0008	1,50	0,0224											
200	12,61	0,37	0,0006	0,50	0,0013	2,00	0,0382											
250	15,77	0,46	0,0009	0,62	0,0019	2,50	0,0578											
300	18,92	0,55	0,0013	0,74	0,0027	3,00	0,0810											
350	22,07	0,64	0,0017	0,87	0,0036	3,50	0,1077											
400	25,23	0,73	0,0022	0,99	0,0046	4,00	0,1380											
450	28,38	0,82	0,0028	1,12	0,0058	4,50	0,1716											
500	31,53	0,92	0,0033	1,24	0,0070	5,00	0,2085											
550	34,59	1,01	0,0040	1,37	0,0083													
600	37,84	1,10	0,0047	1,49	0,0098													
650	40,99	1,19	0,0054	1,61	0,0114													
700	44,15	1,28	0,0062	1,74	0,0131													
750	47,3	1,37	0,0071	1,86	0,0149													
800	50,45	1,47	0,0080	1,99	0,0168													
850	53,61	1,56	0,0089	2,11	0,0187													
900	56,76	1,65	0,0099	2,23	0,0208													
950	59,91	1,74	0,0110	2,36	0,0230													
1.000	63,07	1,83	0,0121	2,48	0,0253													
1.100	69,37	2,02	0,0144	2,73	0,0302													
1.200	75,68	2,20	0,0169	2,98	0,0355													
1.300	81,99	2,38	0,0196	3,23	0,0412													
1.400	88,29	2,56	0,0225	3,48	0,0472													
1.500	94,6	2,75	0,0256	3,72	0,0537													
1.600	100,91	2,93	0,0289	3,97	0,0605													
1.700	107,21	3,11	0,0323	4,22	0,0677													
1.800	113,52	3,30	0,0359	4,47	0,0752													
1.900	119,83	3,48	0,0397	4,72	0,0832													
2.000	126,13	3,66	0,0436	4,97	0,0914													
2.500	157,67	4,58	0,0659															

## 5.2 AIRE EN LAS TUBERÍAS DE PVC

En las conducciones de agua, el aire aparece principalmente como grandes bolsas estacionarias o como burbujas móviles de diversos tamaños, las cuales restringen el paso del agua a través de las tuberías ocasionando una disminución en la sección de flujo, aumentando la pérdida de carga y generando una disminución en el caudal.

Es importante tener en cuenta que debido a la elasticidad de las burbujas y/o bolsas de aire, se originan compresiones y dilataciones alternativas que podrían generar sobrepresiones en las tuberías. Lo anterior puede ocasionar un desplazamiento brusco en las masas de aire, provocando golpes de ariete en el sistema.

Sin embargo, cuando se trata de desocupar las tuberías, es necesario que el aire ingrese al sistema con el fin de evitar un colapso. Por tal motivo, se recomienda la utilización de válvulas de ventosa o mecanismos para el manejo del aire dentro de las tuberías.



El procedimiento para la selección del tipo y diámetro de ventosa a utilizar es:

### 1. Identificar el tipo de trabajo que realizará la ventosa

- **Purgadores:** eliminan aire disuelto durante la operación normal.
- **Ventosas de admisión y expulsión:** permiten entrada/salida de grandes volúmenes de aire durante llenado o vaciado.
- **Ventosas trifuncionales:** combinan las funciones anteriores.

### 2. Calcular el caudal de aire a manejar:

#### a) Para purgadores:

Usar la fórmula:

$$Q_{\text{aire}} = CB \cdot Q_{\text{agua}} \cdot \Delta p$$

Donde:

**CB:** Coeficiente de Bunsen (aire disuelto en función de temperatura y presión).

**Q<sub>agua</sub>:** Caudal de agua (m<sup>3</sup>/min).

**Δp:** Diferencia de presión (bar).

#### b) Para ventosas de admisión/expulsión:

Durante llenado:

$$Q = \frac{\Delta H \cdot g \cdot S}{a}$$

Donde:

**ΔH:** Presión máxima permitida (mca), típicamente 0,75 PN.

**g:** Aceleración de la gravedad (9,81 m/s<sup>2</sup>).

**S:** Sección de la tubería (m<sup>2</sup>).

**a:** Celeridad de la onda (m/s).

## 5.2 AIRE EN LAS TUBERÍAS DE PVC

Durante vaciado:

$$Q = 1,2916 \times 10^{-5} \cdot L \cdot (100i)^{0,54} \cdot D^{2,63}$$

Donde:

**L:** Longitud del tramo (m).

**i:** Pendiente (%).

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

3. Seleccionar el tipo de ventosa según el caso:

Tipo de Ventosa	Aplicación
Purgador	Eliminación de aire disuelto en operación normal
Doble efecto	Llenado y vaciado de tuberías
Trifuncional	Sistemas complejos o críticos que requieren ambas funciones

4. Recomendaciones de instalación:

- Instalar en posición vertical y en la parte superior de la tubería.
- Incorporar una válvula de aislamiento para mantenimiento.
- Ventosa de doble efecto en un punto elevado en una instalación de riego por goteo.

## 5.3 GOLPE DE ARIETE

Es un fenómeno de transformación de energía, se produce cuando hay un cambio brusco en la velocidad del agua. La energía cinética presente en la masa de agua, cuando no se disipa, termina produciendo un impacto sobre los elementos de la conducción que puede ser destructivo de forma que puede degradar la energía en una deformación, calor y sonido.

Cuando el fluido se detiene de manera abrupta, por ejemplo, al cerrar bruscamente una válvula, la energía cinética se convierte en un incremento de presión que comprime la masa de agua y ejerce una fuerza sobre la tubería, ocasionando una deformación que puede llegar a ser destructiva.

Las principales causas de este fenómeno son:

- Las maniobras inadecuadas de cierre o apertura de válvulas de control o de cierres existentes en la línea.
- Arranques y paradas de sistemas de bombeo.
- La interrupción súbita del bombeo.
- Acumulación y movimiento de masas de aire dentro de las tuberías.
- La ruptura de la tubería de aducción o conducción en la sección de máxima presión bajo un flujo permanente.
- La falla en cualquiera de los dispositivos de protección y control contra el golpe de ariete.

El exceso de presión por la operación brusca de una válvula se puede calcular de la siguiente manera:

$$a = \frac{P = \frac{a \times V}{g}}{1420} \sqrt{1 + \left\{ \left( \frac{K}{E} \right) \times (RDE - 2) \right\}}$$

En donde:

**P** = Sobrepresión máxima (MCA)

**a** = Velocidad de la onda (m/s)

**V** = Cambio de velocidad del agua (m/s)

**g** = Aceleración de la gravedad = 9.81 m/s<sup>2</sup>

## 5.3 GOLPE DE ARIETE

Variables de cálculo de velocidad de onda:

**K**= Módulo de compresión del agua ( $2,06 \times 10^4 \text{ Kg/cm}^2$ )

**E** = Módulo de elasticidad de la tubería (PVC=  $2.81 \times 10^4 \text{ Kg/cm}^2$ )

**RDE** = Relación diámetro/espesor

El período del golpe de ariete equivale al tiempo que una onda de presión necesita para recorrer toda la tubería, desde el sitio del inicio de la perturbación hasta el final de la tubería y retornar. El período del golpe de ariete se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\tau = \frac{2 \times L}{\alpha}$$

En donde:

**t** = Período del golpe de ariete (s).

**L** = Longitud de la tubería (m).

**$\alpha$**  = Velocidad de la onda (m/s).

Como prevenir los efectos del golpe de ariete:

- Contar con dispositivos para el control del golpe de ariete en aducciones y conducciones, tales como el uso de válvulas de control hidráulico, ventosas u otros equipos requeridos para esta acción.
- Mantener una velocidad de llenado menor a 0,3 m/s hasta que se haya evacuado todo el aire de las tuberías y la presión llegue a su valor nominal.
- Se recomienda utilizar válvulas anticipadoras de golpe de ariete.

## 5.4 ANCLAJES PARA TUBERÍAS A PRESIÓN

En las líneas de conducción se presentan fuerzas de empuje que dependen de factores como la presión hidrostática interna, la sección de la tubería y el radio de curvatura o la cabeza de velocidad. Para contrarrestar estas fuerzas y evitar desplazamientos en las tuberías y accesorios con juntas no bridadas o soldadas, es necesario diseñar sistemas de anclaje con el objetivo de empotrar las tuberías y contrarrestar la tendencia a desacoplarse.

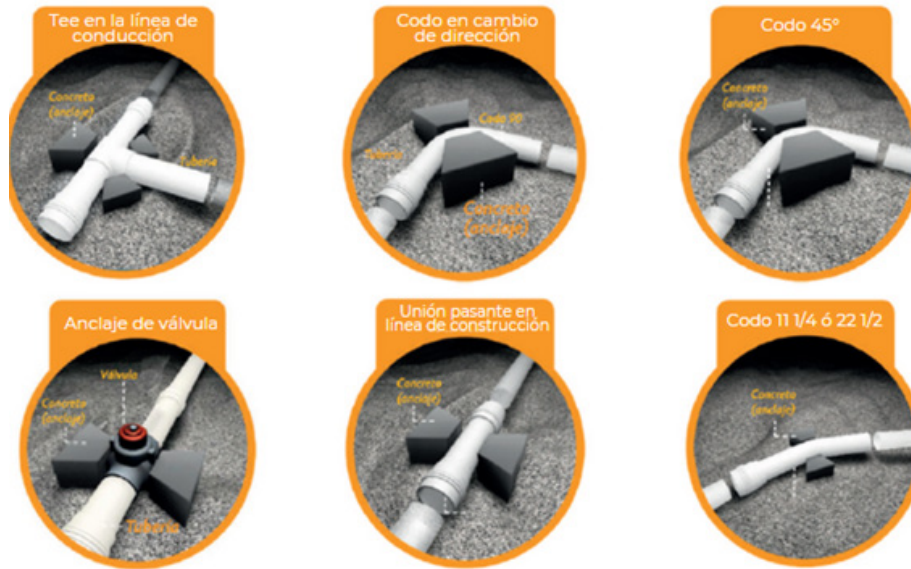
→ **Anclajes En Pendientes Fuertes:**

Cuando se encuentran pendientes fuertes se pueden presentar deslizamientos del terreno que probablemente arrastrarían la tubería. En la mayoría de los casos, basta con compactar muy bien en capas de 10 cm., hasta la cota rasante del terreno. Si por alguna razón se construye en una zona de posible riesgo de deslizamientos o terreno inestable, se deben construir bloques de anclaje, de manera que queden apoyados en el terreno firme que no ha sido excavado. Estos bloques de anclaje se deben construir cada 12 metros en promedio, sin embargo, es recomendable contar con el concepto de un especialista (Geotecnista).

→ **Construcción De Los Anclajes O Muertos:**

Los bloques de anclaje o muertos deben ser contruidos en concreto, ubicándolos entre el accesorio y la parte firme de la pared de la zanja. Para bloques de anclaje de tuberías con diámetros menores a 8" no es necesario utilizar formaletas especiales, basta con colocar la mezcla de manera adecuada, ubicando la base más ancha contra la pared de la zanja y que el bloque formado no llegue a cubrir las campanas o las uniones de los accesorios.

## 5.4 ANCLAJES PARA TUBERÍAS A PRESIÓN



→ Cálculo Del Bloque De Anclaje O Muerto.:

Siempre que sea posible se debe transmitir el empuje al terreno, ya sea de forma horizontal, a la pared de la zanja y vertical, al fondo de la misma, por medio de un bloque de concreto, de un área de contacto sobre la cual se pueda hacer una correcta distribución de cargas.

Los codos, tees, tapones, válvulas y demás accesorios se deben anclar y atracar en estructuras de concreto. Las reacciones resultantes se calculan para contrarrestar los efectos de las presiones estática y dinámica. El esfuerzo de presión estática se determina por la expresión:

$$R_1 = 2 \gamma H A \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

En donde:

- R1** = Esfuerzo Estático (Kg)
- γ** = Peso específico del agua (1000 Kg/m<sup>3</sup>)
- H** = Altura de la columna de agua (m)
- A** = Área de la sección transversal del tubo (m<sup>2</sup>)
- α** = Angulo de deflexión



El esfuerzo de presión dinámica se determina por la expresión:

$$R_2 = \frac{2 \gamma A}{g} V^2 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

En donde:

- R2** = Esfuerzo dinámico (Kg)
- γ** = Peso específico del agua (1000 Kg/m<sup>3</sup>)
- A** = Área de la sección transversal del tubo (m<sup>2</sup>)
- V** = Velocidad del fluido (m/s)
- g** = Aceleración de la gravedad (9,81 m/s<sup>2</sup>)
- α** = Ángulo de deflexión

## 5.4 ANCLAJES PARA TUBERÍAS A PRESIÓN

Entonces el esfuerzo total será:

$$R_T = 6\gamma A \left( H + \frac{v^6}{g} \right) \sin \left( \frac{\alpha}{6} \right)$$

La ecuación para el cálculo del bloque de anclaje es:

$$R_T = 6\gamma A \left( H + \frac{v^6}{g} \right) \sin \left( \frac{\alpha}{6} \right)$$

En donde:

**A** = Área de la superficie resistente (cm<sup>2</sup>)

**RT** = Esfuerzo total de presión (Kg)

**σadm** = Esfuerzo admisible del suelo

Esfuerzo admisible vertical típico máximo	
TERRENO	Esfuerzo admisible ( Kg / cm <sup>2</sup> )
Arena suelta o Arcilla Blanda	<1
Arena fina compacta	2
Arena gruesa medianamente compactada	2
Arcilla dura	4
Roca alterada	3-10
Roca inalterada	20

Diámetro Nominal	Codo 90°	Codo 90°	Válvula, Tees, Tapones Ciegos
PULGADAS (MM)	Lb FUERZA (N)	b FUERZA (N)	Lb FUERZA (N)
4	1,800 (8,007)	1,100 (4,863)	1,300 (5,783)
6	4,000 (17,793)	2,300 (10,231)	2,900 (12,500)
8	7,200 (32,027)	4,100 (18,238)	5,100 (22,686)
10	11,200 (48,820)	6,300 (28,024)	7,900 (35,141)
12	16,000 (71,172)	9,100 (40,479)	11,300 (50,266)

# 06

**MANTENIMIENTO  
Y ROTULADO**

## 6. MANTENIMIENTO


**GERFOR** recomienda seguir los lineamientos de las normas NTC 3742 y NTC 2785 en cuanto a instalación, mantenimiento y puesta en servicio de las redes.

## 7. ROTULADO

Las características de rotulado de las tuberías **GERFOR** cumplen con los lineamientos de la norma técnica colombiana NTC 5425.

Rotulado de tubería PVC Orientado Clase 500 de **GERFOR**

Rotulado	Debe estar espaciado a intervalos no mayores a 1,5 metros.
<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Logo Ind. Col. Pvc- O</li> <li>→ Orientado Presión Agua Potable Diámetro Pulg. - Mm</li> <li>→ Presión De Trabajo Mpa</li> <li>→ Calidad Certificada Incontec NTC 5425/2295 - Reglamento Técnico Res. 0501</li> <li>→ Lote "No Use Cemento Solvente"</li> <li>→ Línea Fecha Y Hora De Producción Código De Barras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Logo Ind. Col. Pvc- O</li> <li>→ Orientado Presión Agua Potable Ips 6" - 168mm Pt</li> <li>→ 1,10mpa - 160psi</li> <li>→ Calidad Certificada Incontec Ntc 5425/2295 - Reglamento Técnico Res. 0501</li> <li>→ Lote "No Use Cemento Solvente"</li> <li>→ Línea Fecha Y Hora De Producción 7707015324567</li> </ul>



**Gerfor** IND. COL. PUC

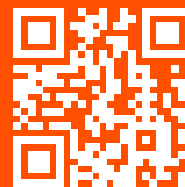
# Manual Técnico

# Presión PVC Orientado

Versión: MN-DD-006-4  
Fecha versión: Abril 2026

**Contacto:**

Autopista Medellín Km 2 - 600 Mts Vía Parcelas  
Cota, Cundinamarca -CO  
Tel: +57 (601) 877 6800  
[contactenos@gerfor.com](mailto:contactenos@gerfor.com)



[www.gerfor.com](http://www.gerfor.com)

---

**Gerfor**