



FACULTAD DE INGENIERÍA – UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
INSTITUTO DE MECÁNICA DE LOS FLUIDOS E INGENIERÍA AMBIENTAL



# PROYECTO DE GRADO HIDRÁULICA/AMBIENTAL

## Memoria Técnica Proyecto de Regularización de la Red de Agua Potable

### Proyecto Ribera del Miguelete

Fecha: 03/12/2018

Estudiantes: Magdalena Jaurena, 4.594.582-5  
Rafael Rodríguez, 4.764.701-7  
Alejandro Olivera, 4.876.179-9

Tutores: Juan Sanguinetti  
Carlos Amorín



## Contenido

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1.    | Memoria descriptiva .....                                    | 3  |
| 1.1   | Criterios de diseño de la red de abastecimiento .....        | 3  |
| 1.2   | Trazado general de la red de distribución .....              | 4  |
| 1.3   | Válvulas reductoras de presión.....                          | 5  |
| 2.    | Especificaciones técnicas .....                              | 7  |
| 2.1   | Tuberías.....  | 7  |
| 2.2   | Hidrantes.....   | 7  |
| 2.3   | Llaves de paso .....   | 7  |
| 2.4   | Conexiones domiciliarias .....                               | 8  |
| 2.5   | Válvulas reductoras de presión.....                          | 8  |
|       | Datos técnicos.....  | 8  |
|       | Operación.....   | 9  |
|       | Especificaciones del sistema del piloto.....                 | 9  |
|       | Instalación y calibración de las válvulas.....               | 10 |
| 2.6   | Accesorios asociados a la estación reductora de presión..... | 10 |
|       | Filtro .....   | 10 |
|       | Manómetros .....   | 12 |
|       | Medidores volumétricos .....                                 | 13 |
|       | Llaves de aislamiento .....                                  | 16 |
|       | Juntas de desmonte .....                                     | 18 |
|       | Reducción y ampliación .....                                 | 19 |
| 2.7   | Cámaras para válvulas reductoras de presión .....            | 19 |
| 2.7.1 | Geometría y dimensiones internas de la caja.....             | 19 |
|       | Dimensiones internas mínimas.....                            | 20 |
| 2.7.2 | Hormigón armado para la cámara de válvula.....               | 20 |
| 2.7.3 | Anclajes y apoyos.....                                       | 21 |
|       | Pasamuro y anclajes.....                                     | 21 |
|       | Apoyos intermedios para las tuberías .....                   | 23 |
| 2.7.4 | Terminaciones interiores y exteriores de la cámara.....      | 24 |
|       | Losa inferior .....  | 24 |
|       | Losa superior.....   | 25 |
|       | Pintura interna de la caja.....                              | 25 |
| 2.7.5 | Acceso a la cámara.....                                      | 25 |
|       | Tapa.....  | 25 |

|  |    |
|--|----|
| Escaleras.....   | 25 |
| 2.7.6    Desagüe.....  | 26 |
| 2.7.7    Ventilación .....   | 27 |
| 2.8    Especificaciones para futura ejecución.....                     | 27 |
| 3.    Memoria de cálculo .....   | 28 |
| 3.1    Red de distribución .....                                       | 28 |
| Procedimiento de cálculo .....   | 28 |
| Determinación de caudales y cotas en los nodos .....                   | 29 |
| Resultados de la modelación hidráulica de la red de distribución ..... | 31 |
| Malla 1.....   | 32 |
| Malla 2.....   | 36 |
| 3.2    Válvulas reductoras de presión.....                             | 39 |
| Calculo de dimensionamiento de válvulas reductoras de presión .....    | 39 |
| Válvula reductora de presión N°1 .....                                 | 39 |
| Válvula reductora de presión N°2 .....                                 | 40 |
| Selección de válvulas reductoras de presión .....                      | 41 |
| Características de la válvula a instalar .....                         | 41 |
| Verificación del funcionamiento .....                                  | 41 |
| Referencias consultadas .....  | 43 |

# 1. Memoria descriptiva

## 1.1 Criterios de diseño de la red de abastecimiento

Para el trazado planialtimétrico de la red mallada se verificaron planos de la red de distribución y esquineros facilitados por OSE, se ajustó el trazado propuesto a nivel de anteproyecto, determinando las mallas de abastecimiento para cada sector, los puntos de conexión de las mismas, emplazamiento de las estaciones reductoras de presión, determinación de las piezas especiales y accesorios, y la ubicación de los hidrantes.

El caudal medio requerido para alimentar el sistema de distribución fue calculado previendo un consumo medio diario de 200 L/hab/d. Se asumió una ocupación de habitantes por hectárea teniendo en cuenta las densidades por zonas presentadas en el informe diagnóstico y el proyecto de nuevos complejos de viviendas y los realojos. En la Figura 1 se presentan las densidades de habitante por hectárea considerada para el proyecto ejecutivo.



Figura 1. Densidades habitacionales por hectárea, consideradas para proyecto.

Fueron contempladas algunas zonas que no están en el ámbito del proyecto, a los efectos de diseñar el sistema con la posibilidad de incorporar las redes de estas zonas a las mallas propuestas. A partir de las densidades presentadas y las áreas correspondientes se calcula la población servida por la red de distribución.

En resumen, se tiene un total aproximado de 4750 personas con cobertura de abastecimiento regularizado lo que corresponde a una demanda media diaria aproximada de 11 L/s.

Para el dimensionado se empleó el software de acceso libre Epanet en su versión 2.0, considerando como criterio principal, mantener presiones de por lo menos 15 m.c.a. en todos los puntos de la red.

El diseño y funcionamiento de la red, se realizó para al día de mayor consumo a la hora de mayor consumo, es decir con los caudales máximos horarios. En la memoria de cálculo se detallan los procedimientos y los resultados de la modelación hidráulica que permite verificar presiones superiores a 15 m.c.a. en todos los puntos de la red.

Para el dimensionado se consideró simultáneamente a obtener una presión dinámica superior a 15 m.c.a., mantener los valores de velocidades por debajo de los máximos admitidos en función de los diámetros considerados en los reglamentos de OSE. Básicamente, evitar velocidades superiores a 0,85 m/s en tubería de diámetro 75 mm, 0,95 m/s para tuberías de diámetro 100 mm y 1,20 m/s para tuberías de 150 mm.

## 1.2 Trazado general de la red de distribución

La red de distribución totaliza una longitud de 8725 m, en distintos diámetros y materiales detallados en la Tabla 1 y Tabla 2.

*Tabla 1. Metraje de tuberías existentes.*

| <b>TUBERIAS EXISTENTES</b> |               |             |
|----------------------------|---------------|-------------|
| Material                   | Diámetro (mm) | Metraje (m) |
| PVC                        | 75            | 1401        |
| PVC                        | 110           | 2042        |

*Tabla 2. Metraje de tuberías proyectadas.*

| <b>TUBERIAS PROYECTADAS</b> |               |             |
|-----------------------------|---------------|-------------|
| Material                    | Diámetro (mm) | Metraje (m) |
| PEAD                        | 75            | 4838        |
| PEAD                        | 110           | 365         |
| PEAD                        | 125           | 78          |

Gran parte de la red proyectada es de tendido doble, dos tuberías por calle, es decir una por acera, esto implica que las conexiones serán de tipo cortas. Existen calles en donde se proyectó la red de agua en tendido único, de manera que se tendrán conexiones largas y cortas, según la ubicación del lote a abastecer. La ubicación de las tuberías se ha seleccionado de manera de minimizar el número de conexiones largas y priorizando siempre el cierre de mallas.

Las redes malladas proyectadas no estarán interconectadas entre sí. La denominada malla 1 será alimentada por la estación de la válvula reductora de presión 1 y la distribución abarcará las zonas ubicadas hacia el suroeste de la calle Dr. José María Silva, dentro del ámbito del proyecto. La denominada malla 2 será alimentada por la estación de la válvula reductora de presión 2 y la distribución abarcará las zonas ubicadas hacia el noreste de la calle Dr. José María Silva, dentro del ámbito del proyecto. En la Figura 2 se presenta un esquema representativo de las mallas 1 y 2.

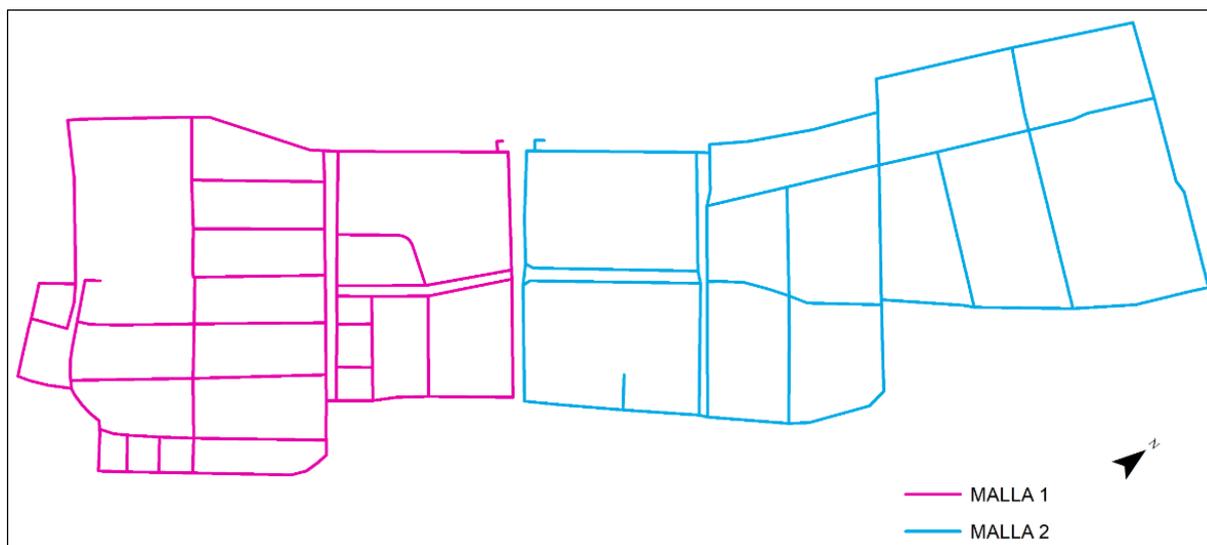


Figura 2. Esquema representativo de las mallas del proyecto de regularización de abastecimiento de agua potable.

De los 8725 m de longitud de red, 4501 m corresponden a la malla 1 y 4225 m a la malla 2.

En el trazado se consideró que las tuberías proyectadas se encuentren a una distancia media de 2,00 m de la línea de propiedad.

Se sigue la norma general para tapada mínima de instalación de las tuberías de 0,60 m debajo de veredas, y de 0,80 m debajo de calzada o cruces de calle. La misma estará condicionada, en las proximidades de los puntos de empalme, por la profundidad de las tuberías existentes.

El Director de Obra resolverá en todos los casos cualquier duda o modificación que se plantee respecto al trazado o profundidad de las cañerías a instalar, atendiendo a razones de buena ejecución, salvado de obstáculos imprevistos, interferencias con otras instalaciones, etc.

### 1.3 Válvulas reductoras de presión

Se instalarán dos válvulas reductoras de presión, instaladas previamente al abastecimiento a cada una de las redes malladas proyectadas para el control de consumo en la zona. En los planos AP 21 y AP 22 se presenta el detalle del emplazamiento, en los puntos de conexión para el ingreso a las estaciones reductora de presión se realizará mediante junta gibault para cambio de material seguida de una pieza reductora, para el diámetro correspondiente.

El dato de presión medidos a la hora 13:00 en la red existente, informado por la Subgerencia de Distribución de OSE, fue de 23 m.c.a en el punto de la red correspondientes a los cruces de las calles J. M. Silva y Behering.

La tubería de ingreso y salida a la estación de reductora de presión será de Fundición Dúctil de diámetro 150 mm. La línea principal será en Fundición dúctil de 80 mm de diámetro nominal. La derivación de by-pass será de igual material y diámetro que las tuberías de ingreso y salida de la estación.

Cada cámara de las válvulas reductoras de presión contará con la siguiente secuencia de accesorios en su línea principal, luego de la tee o cruceta de derivación: llave de paso, pieza reductora de DN 150 mm a DN 80 mm, filtro, junta de desmonte, medidor volumétrico, manómetro, válvula reductora de presión, junta de desmonte, manómetro, pieza de ampliación de DN 80 mm a DN 150 mm y llave de paso. Se respetaran las longitudes correspondientes para los accesorios, según especificaciones del fabricante (ver detalles en el apartado de especificaciones técnicas).

Se dejará previsto un by-pass en paralelo a la línea de la válvula reductora de presión. En el caso de mantenimiento, normalmente no será necesario parar el abastecimiento. La línea de derivación tipo by-pass tendrá una secuencia de accesorios compuesta por una llave de paso y una junta de desmonte.

Las válvulas reductoras de presión previstas para la instalación contarán con sistema piloto, por lo que deberán siempre poseer en su circuito de comando un filtro para la protección de la válvula piloto.

Se instalarán válvulas de cierre aguas arriba y aguas debajo de la válvula reductora de presión. Estas permitirán las futuras operaciones de mantenimiento.

Se colocaran apoyos para sostener adecuadamente las cañerías, la válvula y el by-pass en la cámara de válvulas.

Se instalaran medidores de presión aguas arriba y aguas abajo (a la entrada y salida) de la válvula para monitoreo de la misma.

## 2. Especificaciones técnicas

La colocación de las tuberías, piezas especiales y aparatos, así como los materiales a suministrar, se ajustarán a la "Memoria descriptiva general para instalación de tuberías de conducción de líquidos a presión" y Anexos de O.S.E., así como a los Planos Generales de O.S.E. para ubicación de accesorios, conexión domiciliaria, cámara para hidrante, desagües, llaves de paso, etc.

### 2.1 Tuberías

El material a emplear para la construcción de la red de abastecimiento de agua potable será PEAD. Deben cumplir la norma UNIT ISO 4427, para presión nominal de 10 kg/cm<sup>2</sup> (PN 10), PE 100 y SDR 17.. Todas las uniones entre elementos de PEAD serán mediante electrofusión. Las tees y piezas especiales serán asimismo en PEAD PN 16, deberán cumplir la Norma EN 12201 o ISO 4427

En cada cambio de dirección o instalación de accesorios se deberán materializar los macizos de anclajes correspondientes e indicados en plano tipo OSE N° 31265.

En cuanto a las piezas especiales se seguirán las prescripciones establecidas en los planos generales y el Pliego General para Conducción de Líquidos a Presión de OSE.

### 2.2 Hidrantes

Se instalarán hidrantes de 63 mm en los puntos indicados en planos de proyecto AP 20-a y AP 20-b. El empalme del hidrante con la tubería se realizará de acuerdo a plano tipo OSE N° 31140.

El empalme del hidrante con la tubería, salvo indicación en contrario en los planos del proyecto, se efectuará mediante una tee de electrofusión o un codo, se tendrá un ramal a brida de 75 mm, que recibirá al hidrante verticalmente, de modo que su extremo superior quede a un nivel algo inferior al de la acera.

En el diseño se ha tenido especial atención en poder materializar la disposición de hidrantes a una distancia no mayor a aproximadamente 100 m entre sí.

### 2.3 Llaves de paso

Las llaves de paso a instalar en la red serán PEAD (presión nominal de 16 kg/cm<sup>2</sup>) de forma que el conjunto cañería válvula funcione en forma monolítica, y serán instaladas en puntos adecuados de la red que permitan realizar cierres para reparaciones, indicados en los planos AP 20-a y AP 20-b.

Las llaves de paso se ubicarán en cámaras según dimensiones indicadas en planos tipo de OSE N° 31139, las cuales se presupuestarán por precio unitario en rubro aparte.

En el diseño se ha tenido especial atención en poder materializar el cierre de circuitos de máximo 600 m.

## 2.4 Conexiones domiciliarias

Se seguirán los lineamientos establecidos en la reglamentación de OSE: “Memoria descriptiva general para instalación o sustitución de conexiones domiciliarias”.

Se deberá realizar la construcción de un nicho de dimensiones reglamentarias a los efectos de instalar un medidor individual para cada vivienda, y en la forma que la Administración determine para cada caso.

Las conexiones serán materializadas en tuberías de PEAD DN 20 mm (apto para trabajo con presión de 10 kg/cm<sup>2</sup>), e incluyen: collar de toma en carga, ferrul, tubería para la conducción, llave de paso de tipo esférica (3/4"), medidor domiciliario y nicho correspondiente.

El total del número de conexiones a realizar se estima en 530, las cantidades exactas de conexiones domiciliarias que se realizarán, serán determinadas en obra por la Dirección de Obra.

## 2.5 Válvulas reductoras de presión

Para el diseño se toma como referencia el catálogo comercial de válvulas reductoras de presión modelo 720 de la empresa BERMAD.

La válvula reductora de presión modelo 720 es una válvula de control de operación hidráulica accionada por diafragma, que reduce la presión alta aguas arriba a una presión menor y constante aguas abajo, sin que le afecten las fluctuaciones en la demanda o en la presión aguas arriba.

El emplazamiento de las mismas y el detalle de piezas de la instalación se presentan en los planos AP 21 y AP 22.

### *Datos técnicos*

Tamaño: DN80

Conexiones terminales (Presiones nominales): Brida – ISO PN16 (ANSI Clase 150)

Forma de la válvula: “Y” (globo)

Materiales estándar:

Cuerpo y actuador – Hierro dúctil

Piezas internas – Acero inoxidable, bronce y acero revestido

Diafragma – Caucho sintético, nylon reforzado

Juntas (selladuras) – Caucho sintético

Revestimiento – Epoxy adherido por fusión (FBE), aprobado por RAL 5005 (Azul) para agua potable.

## Operación

La válvula Modelo 720 (ver Figura 3) tiene un piloto reductor de presión, ajustable, de 2 vías (o cámaras). La restricción [1] permite el flujo constante de la entrada de la válvula a la cámara superior de control [2]. El piloto [3] percibe la presión aguas abajo. Si la presión se eleva por encima del valor predefinido, el piloto permite la acumulación de presión en la cámara superior de control, lo cual hace que la válvula se cierre y así la presión aguas abajo desciende a un nivel inferior al predefinido. Si la presión aguas abajo es menor que el valor predefinido del piloto, el piloto libera la presión acumulada haciendo que la válvula principal se abra. El tapón V-Port [4] aumenta la proporción entre el caudal y la carrera de la válvula, con lo cual se obtiene una regulación más suave, estable y precisa. El orificio integral entre la cámara inferior de control y la salida de la válvula modera la reacción de la válvula. La válvula de aguja de control de caudal unidireccional [5] estabiliza la reacción de la válvula en condiciones difíciles de regulación, restringiendo la salida del flujo de la cámara de control.

La llave instalada aguas abajo [6] permite el cierre manual.

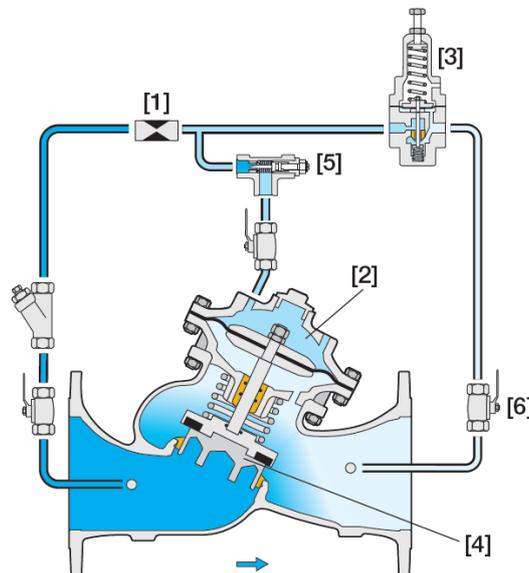


Figura 3. Esquema de válvula reductora de presión considerada para proyecto, según catálogo de BERMAD modelo 720.

## Especificaciones del sistema del piloto

Materiales estándar:

Piloto:

Cuerpo: Acero inoxidable 316 o bronce

Elastómeros: Caucho sintético

Resorte (muelle): Acero galvanizado o acero inoxidable

Tubería y conectores:

Acero inoxidable 316 o cobre y latón

Accesorios:

Acero inoxidable 316, latón y elastómeros de caucho sintético

Rango de ajuste del piloto:

0,5 a 3,0 bar (7 a 40 psi)

0,8 a 6,5 bar (11 a 95 psi)

1 a 16 bar (15 a 230 psi)

5 a 25 bar (70 a 360 psi)

Velocidad continua del flujo recomendada: 0,3 - 6,0 m/s

### *Instalación y calibración de las válvulas*

Las válvulas deberán ser instaladas con la flecha de dirección de flujo en la dirección apropiada. Se procurará la posición de instalación sea completamente horizontal y con la tapa hacia arriba, una vez finalizadas las obras de la cámara.

Después de la instalación se inspeccionará cuidadosamente la existencia de cualquier accesorio dañado. Antes de colocar la válvula en operación, se permitirá el flujo en la línea para remover suciedad y cuerpos extraños.

Se recomienda realizar la calibración de las válvulas según las instrucciones del proveedor.

## 2.6 Accesorios asociados a la estación reductora de presión

### *Filtro*

El filtro considerado para la instalación en el circuito principal será tipo “Y” con cartucho filtrante. El mismo está destinado a proteger el medidor volumétrico y la válvula reductora de presión, por lo que será instalado aguas arriba de estos elementos. Así se podrá garantizar el flujo sin interrupciones en el sistema, reteniendo los cuerpos extraños que puedan circular en el interior de la conducción.

Se toma como referencia para el filtro modelo 70F de BERMAD. A continuación se presentan los datos técnicos, especificaciones y recomendaciones para instalación.

### **Dimensiones y peso**

*Tabla 3. Dimensiones y peso del filtro, según catálogo BERMAD.*

| <b>DN (mm)</b> | <b>L (mm)</b> | <b>H (mm)</b> | <b>W (kg)</b> | <b>B (mm)</b> |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 80             | 250           | 170           | 17            | 40 mm         |

Observaciones:

L, W – ISO 10 & 16; ANSI 150

“L”, largo disponible estándar ISO

B – Puerto de escape

Diámetro de orificio del cartucho filtrante (mm): 3.0 mm. Material del cartucho: Acero inoxidable 304 (estándar).

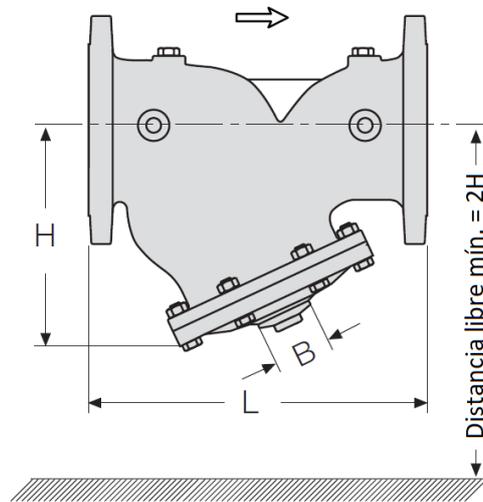


Figura 4. Esquema de dimensiones del filtro, según catálogo BERMAD.

#### **Listado de partes y especificaciones**

Forma: "Y" (globo)

Tamaño: DN 80 mm

Conexiones: Bridadas ISO PN 16 (ANSI clase 150)

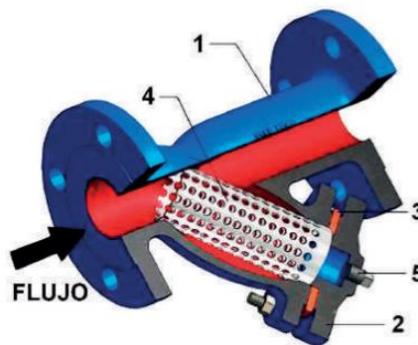


Figura 5. Esquema de listado de partes del filtro.

Tabla 4. Especificaciones de las partes del filtro.

| Ítem          | Descripción   | Material   |
|---------------|---------------|--|
| 1             | Cuerpo        | Hierro fundido o Hierro dúctil (ASTM 126)                              |
| 2             | Tapa          | Hierro fundido o Hierro dúctil (ASTM 126)                              |
| 3             | Empaque       | Bruna Nitrilo EPDN-TEFLON  |
| 4             | Cartucho      | Acero inoxidable (AISI 304-316-316L). Plancha perforada o malla tejida |
| 5             | Tapón Roscado | Acero al carbono   |
| Recubrimiento |               | Pintura epóxica azul con espesor de 200 micras                         |

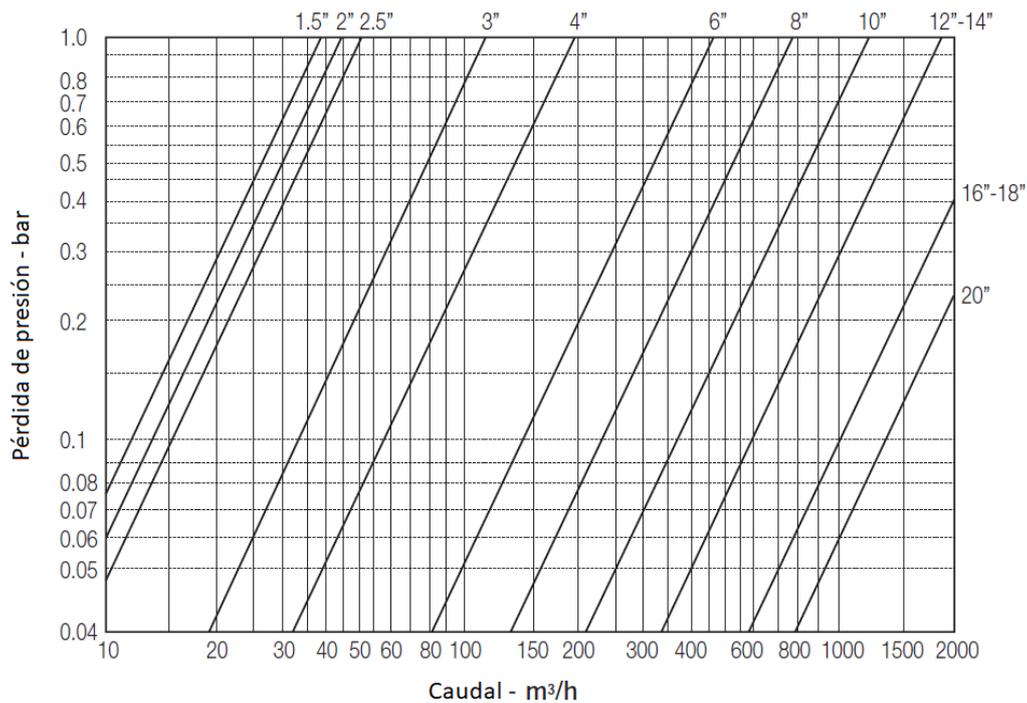


Figura 6. Diagrama de flujo de pérdida de presión en filtro en función del caudal de circulación.

### **Recomendaciones para instalación**

Al momento de instalar los filtros se deben tener en cuenta las indicaciones que se mencionan a continuación.

Limpiar todos los restos de polvo, óxido y demás restos de suciedad que pueda haber en el filtro como en las tuberías. Los apoyos del circuito serán tales que permitan un soporte apropiado del filtro y de las tuberías eliminando los esfuerzos y fatiga de las conexiones. En este sentido, se prestará especial atención al montaje, buscando que el filtro se encuentre en posición horizontal con la tapa hacia abajo teniendo en cuenta la dirección del flujo.

Los filtros no están provistos de conexiones para el montaje de manómetros.

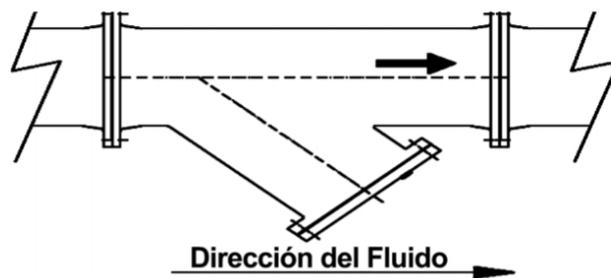


Figura 7. Esquema de correcta instalación de filtro.

### ***Manómetros***

Se consultará al fabricante cual será la mejor opción, teniendo en cuenta las consideraciones detalladas a continuación.

El material de construcción del elemento de presión y conexión deberá ser seleccionado para que sea compatible con la calidad de agua potable.

Será informado al fabricante para la recomendación de exactitud de la medición del instrumento, el rango de presiones de trabajo tanto en servicio como en pruebas hidráulicas en el circuito donde estarán instalados los manómetros. Asimismo se solicitará que se índice la presión soportada por el manómetro y se verificará que la misma no exceda el rango total de las presiones sostenidas y las presiones fluctuantes en el circuito, estableciendo un factor de seguridad para cada caso con el fin de evitar sobrepresiones y que el instrumento pierda la calibración.

Se solicitará lista de partes componentes internas del manómetro y sus especificaciones. Si indicará si el manómetro será lleno de líquido o no, y se informará las especificaciones correspondientes en cada caso.

Las características generales mínimas recomendadas a informar por el fabricante acerca del manómetro son: exactitud, tipo de elemento elástico, tipo de conexión, material del mecanismo utilizado, material de la caja, bisel, ventana, carátula indicadora de rango de presión, dimensiones y rangos, indicando las escalas para el caso de seleccionar doble escala.

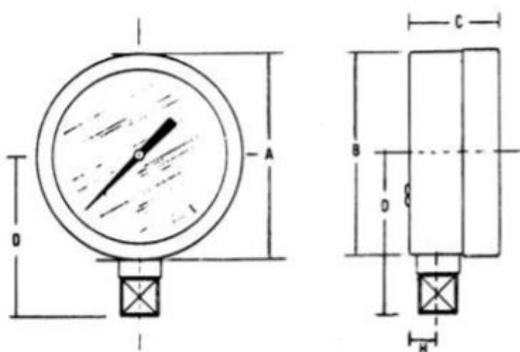


Figura 8. Esquema de ejemplo para dimensiones mínimas del instrumento a ser informado por el fabricante.

Los manómetros deberán ser montados en posición vertical, a menos que sean solicitados al fabricante para otra posición.

Para la instalación deberá verificarse que el instrumento esté libre de esfuerzos mecánicos debido a tensiones en las tuberías.

En la puesta en marcha de los manómetros se debe tener en cuenta abrir de forma gradual las válvulas de alimentación para evitar que fluido irrumpa en forma brusca al interior del manómetro.

Quedará a disposición del comitente la aceptación de la propuesta del fabricante de los instrumentos de medición.

### *Medidores volumétricos*

Se instalará un medidor volumétrico de agua, para el diseño se seguirá el catálogo de BERMAD, Medidores de Agua WPH (TURBO-BAR), Turbina Tipo Woltman, propulsor de transmisión magnética y cámara seca. Este tipo de medidor cumple las normas de medición y/o especificaciones exigidas por los organismos internacionales incluyendo ISO 4064 clase B. Certificado EEC (50-300 mm) de acuerdo a la norma ISO 4064. Presión máxima de trabajo 16 bar.

## Dimensiones y peso

Tabla 5. Dimensiones y peso de medidor volumétrico, según catálogo BERMAD.

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| <b>DN (mm)</b>           | 80  |
| <b>L – Longitud (mm)</b> | 225 |
| <b>H – Altura (mm)</b>   | 295 |
| <b>H1 – Altura (mm)</b>  | 365 |
| <b>h – Altura (mm)</b>   | 95  |
| <b>W – Ancho (mm)</b>    | 200 |
| <b>Peso (kg)</b>         | 16  |

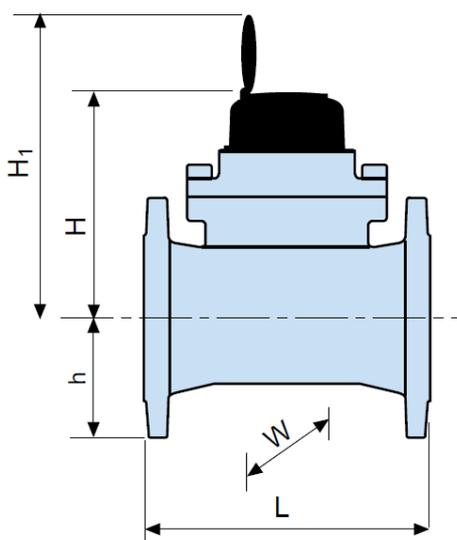


Figura 9. Esquema de dimensiones del medidor volumétrico, según catálogo BERMAD.

## Datos metrológicos

Tabla 6. Datos metrológicos del medidor seleccionado, según catálogo BERMAD.

|   |           |
|---|-----------|
| Diámetro nominal DN (mm)  | 80        |
| Q <sub>N</sub> – Caudal nominal (ISO 4064)  | 40        |
| Q <sub>p</sub> – Caudal máximo continuo (m <sup>3</sup> /h)                             | 60        |
| Q <sub>max</sub> – Caudal Máximo Q <sub>max</sub> (ISO 4064) (m <sup>3</sup> /h)        | 80        |
| Caudal máximo instantáneo (m <sup>3</sup> /h)   | 120       |
| Q <sub>t</sub> – Caudal de Transición Q <sub>t</sub> (± 2%) (m <sup>3</sup> /h)         | 8         |
| Q <sub>min</sub> – Caudal Mínimo Q <sub>min</sub> (± 5%) (ISO 4064) (m <sup>3</sup> /h) | 0.2       |
| Caudal Δp = 0.1 Bar (m <sup>3</sup> /h)   | 60        |
| Lectura Máxima (m <sup>3</sup> )  | 1,000,000 |
| Lectura Mínima (L)  | 1         |

El caudal máximo horario para la estación de la válvula reductora de presión 1 es:

$$Q_{VRP_1}^{\max, h} = 48,20 \text{ m}^3/\text{h}$$

El caudal máximo horario para la estación de la válvula reductora de presión 2 es:

$$Q_{VRP_2}^{\max,h} = 41,04 \text{ m}^3/\text{h}$$

### Curva de errores característica

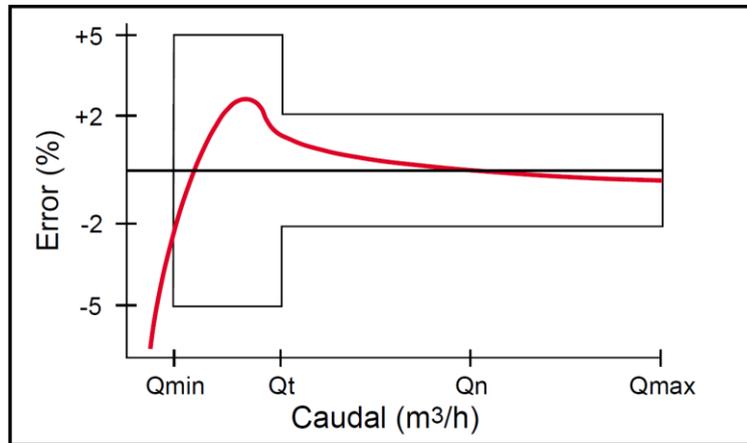


Figura 10. Curva de errores característica, según catálogo de BERMAD.

### Curva de pérdida de carga

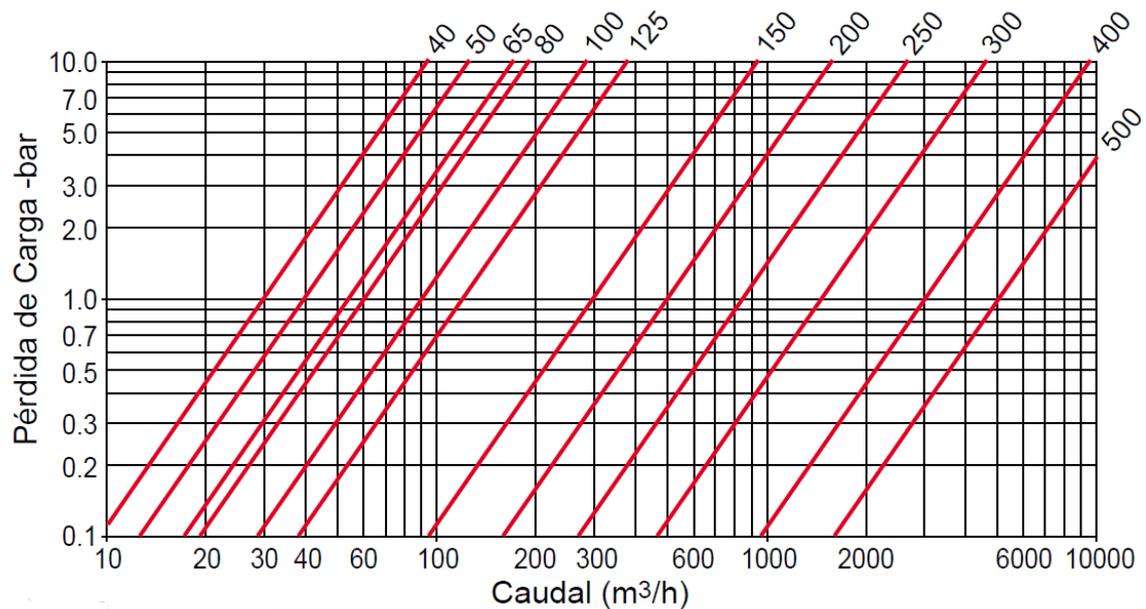


Figura 11. Curva de pérdida de carga, según catálogo BERMAD.

### Recomendaciones para la instalación

Una instalación correcta asegura la precisión y alarga la vida útil del TURBOBAR WPH. Los medidores de turbina son susceptibles a las turbulencias causadas por cambios en el diámetro, bombas, accesorios, válvulas, etc.

Consecuentemente, se debe instalar el contador lejos de éstas alteraciones y según las siguientes recomendaciones:

- Aguas arriba: mínimo 5 diámetros nominales
- Aguas abajo: mínimo 3 diámetros nominales

La recomendación del fabricante es que en la línea del medidor, aguas arriba exista un filtro, tal como se considera en el proyecto de las estaciones reductoras de presión.

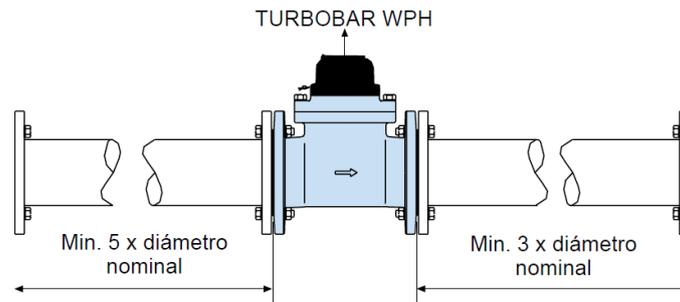


Figura 12. Esquema de instalación de medidor volumétrico, según catálogo BERMAD.

Se deben tener además las siguientes precauciones:

- Antes de instalar el TURBOBAR WPH en una nueva conducción, limpie la línea de residuos y desaloje el aire.
- Asegúrese que el mecanismo del TURBOBAR WPH esté lleno de agua durante el período de medición.

### Llaves de aislamiento

Las llaves de aislamiento serán de tipo válvula compuerta totalmente recubierta con elastomero, para mejorar el cierre y pase del fluido, prolongando la vida útil. Las uniones serán de tipo bridada.

Las válvulas seleccionadas cuentan con manubrio para su accionamiento, aunque también se pueden utilizar accesorios opcionales como: pedestal de maniobra o dado para llave T.

### Dimensiones y peso

Tabla 7. Dimensiones y peso de válvula de compuerta seleccionada, según catálogo VCPSAC.

| DN (mm) | L (mm) | H (mm) | Peso (kg) |
|---------|--------|--------|-----------|
| 125     | 200    | 375    | 31        |

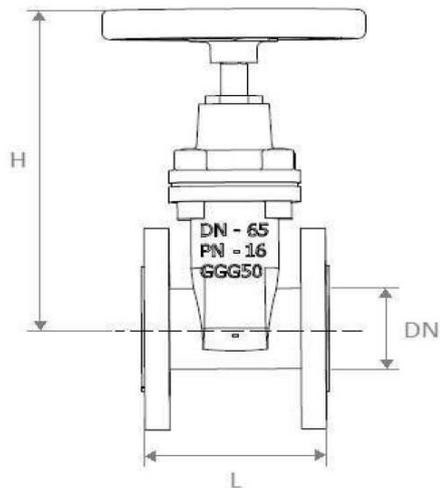


Figura 13. Esquema de dimensiones de válvula de compuerta seleccionada, según catálogo VCPSAC.

Se consultará con el fabricante por el número de vueltas de la válvula y el torque máximo.

### Listado de partes y especificaciones

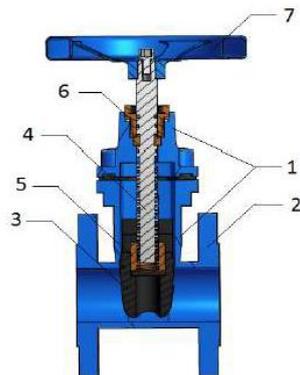


Figura 14. Esquema de listado de partes del filtro.

Tabla 8. Especificaciones de las partes del filtro.

| Ítem                              | Descripción   | Material   |
|-----------------------------------|---------------|--|
| 1                                 | Cuerpo y tapa | Hierro nodular (ASTM A-536, fabricado según norma ISO 7259)  |
| 2                                 | Brida         | ISO 7005 PN16. Distancia de brida a brida ISO 5752 Serie 14. |
| 3                                 | Obturador     | Totalmente revestido de elastómero EPDM                      |
| 4                                 | Vástago o eje | Acero inoxidable (AISI 304, forjado en frío)                 |
| 5                                 | Nuez          | Bronce   |
| 6                                 | Porta o'ring  | Bronce   |
| 7                                 | Volante       | Hierro nodular ASTM A-536                                    |
| Recubrimiento interior y exterior |               | Pintura epóxica azul con espesor de 150 micras (mínimo)      |

## Juntas de desmonte

Se instalaran uniones de montaje e intervención rápida autoportantes, que permiten adaptarse a las medidas deseadas con un rango de 50 mm. Tendrán un revestimiento interior y exterior epóxico con un espesor mínimo de 250 micras. Opcionalmente se podrá adoptar un recubrimiento interior de elastómero.

### Dimensiones y peso

Rango de desplazamiento:  $\pm e = 25$  mm

Tabla 9. Dimensiones y peso de junta de desmonte seleccionada, según catálogo VCPSAC.

| DN (mm) | PN 16  |         |         | ESPARRAGOS |      |     | Peso aprox. (kg) |
|---------|--------|---------|---------|------------|------|-----|------------------|
|         | A (mm) | ØD (mm) | ØK (mm) | N°         | Ø    | L   |                  |
| 80      | 205    | 200     | 160     | 8          | 5/8" | 340 | 11               |
| 125     | 205    | 250     | 210     | 8          | 5/8" | 340 | 16               |

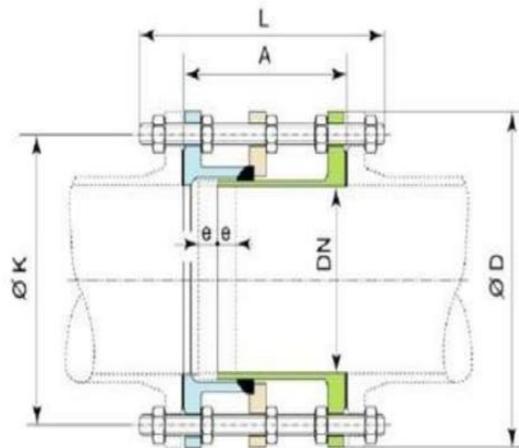


Figura 15. Esquema de dimensiones de junta de desmonte seleccionada, según catálogo VCPSAC.

### Listado de partes y especificaciones

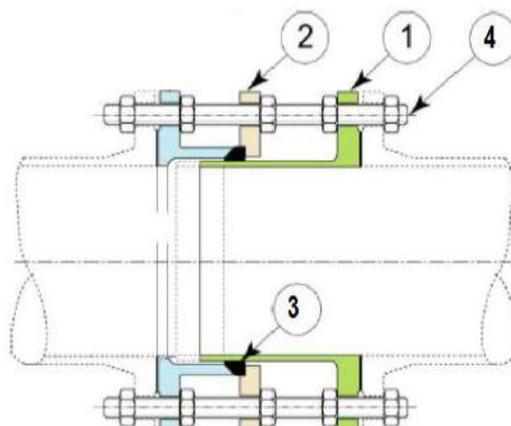


Figura 16. Esquema de listado de partes de juntas de desmonte.

Tabla 10. Especificaciones de las partes de junta de desmonte.

| Ítem | Descripción        | Material  |
|------|--------------------|---|
| 1    | Cuerpo             | Hierro nodular (ASTM A-536) con pintura epóxica azul con e = 250 micras |
| 2    | Bridas             | ISO 7005 PN16   |
| 3    | Anillo estanquidad | Elastómero EPDM   |
| 4    | Espárragos         | Acero galvanizado   |

## Reducción y ampliación

Las piezas de reducción y ampliación se materializaran en fundición dúctil para presión nominal de 16 kg/cm<sup>2</sup> (PN 16). Los demás componentes de estos accesorios en lo que se refiere a: revestimiento interior y exterior, tornillos y tuercas, serán compatibles con las especificaciones de las demás piezas seleccionadas para el circuito principal de cada válvula reguladora de presión.

### Dimensiones y peso

Tabla 11. Dimensiones y peso de junta de desmonte seleccionada, según catálogo FERTORDUCTIL.

| DN (mm) | dn (mm) | L (mm) | Peso aprox. (kg) |
|---------|---------|--------|------------------|
| 125     | 80      | 200    | 9.7              |

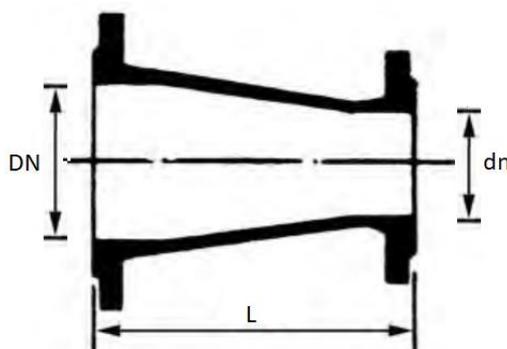


Figura 17. Esquema de dimensiones de reducción, según catálogo FERTORDUCTIL.

## 2.7 Cámaras para válvulas reductoras de presión

### 2.7.1 Geometría y dimensiones internas de la caja

La geometría de la cámara vista en planta será rectangular, las dimensiones internas mínimas como el ancho y largo se establecen en función de los espacios requeridos para maniobras de operación y mantenimiento, la zona de circulación requerida para personal que ingrese, los diámetros y las dimensiones de los elementos que llevará la cámara en su interior (válvulas, juntas, bridas, ampliaciones y/o reducciones de diámetro, etc.). La altura libre mínima de la caja será de 2,00 m (entre

el nivel de piso de la losa inferior y la parte interna de la losa superior), con el fin de garantizar el acceso y maniobrabilidad del personal.

### *Dimensiones internas mínimas*

En los planos de detalle AP 21 y AP 22, se presentan en corte y planta las longitudes aproximadas para el montaje de los elementos que componen la cámara reductora de presión 1 y la cámara reductora de presión 2, respectivamente.

A continuación se resumen las dimensiones internas mínimas de ambas cámaras.

*Tabla 12. Dimensiones internas mínimas de cámaras para estaciones reductoras de presión.*

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| L – Longitud interna de la caja (m) | 3,50 |
| A – Ancho interno de la caja (mm)   | 1,70 |
| H – Altura interna de la caja (mm)  | 2,00 |

## 2.7.2 Hormigón armado para la cámara de válvula

Los espesores de los muros, losas y demás elementos estructurales deberán ser verificados con un correcto diseño estructural.

El recubrimiento, los diámetros mínimos de doblado de las barras, las longitudes de anclaje y todos los detalles del hormigón armado deberán verificar lo estipulado en plano estructural, con aprobación del director de obra.

Deberá realizarse estudios para la correcta caracterización del subsuelo (propiedades mecánicas y nivel de la napa como mínimo) en el emplazamiento de las cámaras. En función de esto se deberá realizar un estudio de las soluciones estructurales y de los procedimientos constructivos para las cámaras de las estaciones reductoras de presión.

Las acciones a considerar serán de tipo permanente y variables:

- Carga permanente de valor no constante: Son aquellas que actúan en todo momento pero cuya magnitud no es constante.
  - Empuje activo: Es el mínimo valor de empuje al que están sometidos las paredes.
  - Empuje al reposo del terreno: Es el máximo valor del empuje al que están sometidos las paredes. Es el incremento que sufre el empuje activo hasta alcanzar el empuje al reposo.
  - Empuje del agua: Es el empuje generado por el agua que se encuentra en el terreno. Su altura viene dada por el nivel freático.
- Acciones variables: Son aquellas que pueden actuar o no sobre la estructura.
  - Tren de cargas: para realizar la simulación del tráfico se realizan las siguientes acciones sobre la estructura. Por ejemplo se puede considerar una sobrecarga de un vehículo cuyo eje longitudinal se considera paralelo al de la acera y está constituido por 4 cargas de 150 kN cada una.

### 2.7.3 Anclajes y apoyos

#### *Pasamuro y anclajes*

La estación reductora de presión (ERP) cuenta con válvulas de cierre, por lo tanto, se deben construir pasamuros que van alojados en los muros transversales a las líneas que ingresan o salen de las cámaras. Lo anterior, con el fin de transmitir la fuerza axial generada no solo por el cierre de estos elementos, sino también por la presencia de reducciones y ampliaciones de diámetro, las cuales también producen fuerzas longitudinales que deben ser transmitidas a los muros de concreto de la caja.

El espesor de los muros donde se ubican estos anclajes debe ser tal, que resista adecuadamente las fuerzas cortantes que allí se generan; adicionalmente el accesorio que conforma el pasamuro, debe tener la resistencia y rigidez adecuada para realizar la transmisión de esfuerzos al hormigón sin presentar fallas.

Adicionalmente, se deben construir bloques de anclaje ubicados en las derivaciones que existen en la línea principal y el by-pass, para ayudar a resistir las fuerzas axiales generadas por el cierre de las válvulas, dichos bloques deberán tener un diseño estructural dependiendo de las cargas a las cuales estarán sometidos.

A continuación se presentan las fuerzas que se generan en las distintas partes del circuito de las cámaras y que deberán ser consideradas en el proyecto estructural para el diseño de los pasamuros y anclajes.

Situación analizada es la correspondiente a la de prueba hidráulica, según los reglamentos de OSE está previsto que luego de la primera etapa del ensayo, las tuberías que no tienen conexiones domiciliarias se ensayaran a 1,5 veces la presión nominal de la tubería. La presión nominal de la tubería es  $P_N = 16 \text{ kg/cm}^2$ .

No se analizan las condiciones de servicio entendiendo que el valor de presión de servicio es un orden menor que el valor de presión nominal de la tubería, y el valor de empuje generado por el término cinético es un orden inferior al generado por el empuje de las presiones en condiciones de servicio, resultando entonces en un empuje total inferior al generado en la condición de la prueba hidráulica.

Los elementos analizados para el caso de la prueba hidráulica son:

#### **Cruceta o Tee de entrada y/o salida**

De acuerdo el esquema presentado en la Figura 18, el empuje en la cruceta de la estación de la VRP<sub>1</sub> vendrá dado en las direcciones *i* y *-j*, y tendrá en ambos casos el siguiente módulo:

$$E = 1,5 \times P_N \times g \times A_{\phi 125} = 1,5 \times 16 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 122,72 \text{ cm}^2$$

$$E = 28,9 \text{ KN}$$

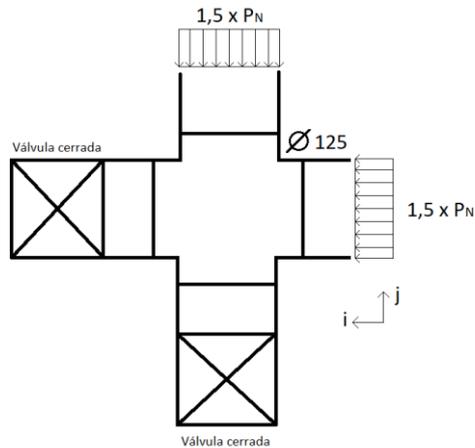


Figura 18. Esquema para cálculo de empuje en estación de VRP<sub>1</sub>.

Además para el caso presentado anteriormente, deberá tenerse en cuenta el empuje de igual modulo en la dirección **j**, para el caso en donde la válvula de derivación al by-pass se encuentre abierta y las válvulas de la línea principal y de derivación para abastecimiento fuera de la zona de estudio estén cerradas.

En el caso de la estación de la VRP<sub>2</sub> el empuje en la tee de derivación de entrada será en dirección **i** y **-j**.

Se deberán considerar los mismos empujes para las tees de salida, según corresponda en cada caso.

### Codo 90°

De acuerdo el esquema presentado en la Figura 19, el empuje vendrá dado en las direcciones **-i** y **j**, y tendrá en ambos casos el siguiente módulo:

$$E = 1,5 \times P_N \times g \times A_{\phi 125} = 1,5 \times 16 \frac{kg}{cm^2} \times 9,8 \frac{m}{s^2} \times 122,72 cm^2$$

$$E = 28,9 KN$$

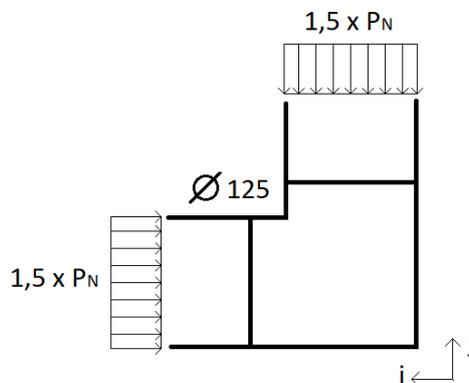


Figura 19. Esquema para cálculo de empuje en codo 90°.

### Reducción DN 125 – 80

De acuerdo el esquema presentado en la Figura 20, el empuje vendrá dado en la direcciones **i**, y tendrá el siguiente módulo:

$$E = 1,5 \times P_N \times g \times (A_{\phi 125} - A_{\phi 80}) = 1,5 \times 16 \frac{kg}{cm^2} \times 9,8 \frac{m}{s^2} \times (122,72 cm^2 - 50,27 cm^2)$$

$$E = 17,0 KN$$

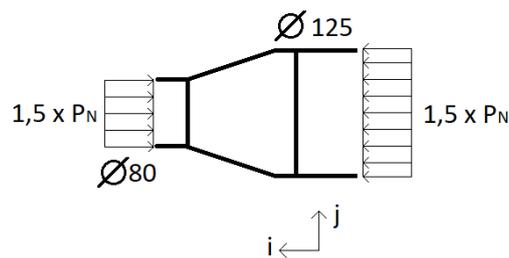


Figura 20. Esquema para cálculo de empuje en reducción.

### *Apoyos intermedios para las tuberías*

Se deben construir apoyos intermedios para sostener el peso de la tubería llena de agua y los elementos que componen la cámara reductora de presión. Dichos apoyos se conforman con perfiles estructurales metálicos circulares, soldados a platinas que están ancladas a la losa de piso mediante pernos postinstalados, y adicionalmente se debe adaptar un elemento de apoyo acunado metálico para la tubería, de tal manera que ésta quede simplemente apoyada y no empotrada o anclada al elemento. Todas las partes metálicas que conforman el apoyo de la tubería deben tener un acabado uniforme, libre de deformaciones, pandeos, relieves y bordes cortantes que puedan causar daño a la tubería; además deben tener un recubrimiento con una base anticorrosiva epóxica o un recubrimiento rico en zinc que los proteja de la humedad que puede presentarse en la caja.

En la cuna metálica debe instalarse un elemento de caucho, neopreno u otro elastómero que siga la misma curvatura y ancho del apoyo, con el objeto de aislar la tubería de la línea principal de la parte metálica y protegerla de vibraciones y del desgaste.

La ubicación de los apoyos intermedios para la línea principal y el by-pass está determinada por el peso de la tubería y sus accesorios, además por la luz máxima que puede soportar la tubería sin presentar una deflexión excesiva.

En la línea principal se ubican tres apoyos, según se observa en planos de detalle AP 21 y AP 22. No se deben construir apoyos debajo de las válvulas o de los accesorios de la ERP, ya que esto ocasiona obstrucciones para realizar maniobras de operación o mantenimiento

En la línea by-pass se ubican dos apoyos, tres apoyos, según se observa en planos de detalle AP 21 y AP 22

En la Figura 21 se presenta la configuración recomendados de los apoyos intermedios, tomada de la norma NC-AS-IL01-04.

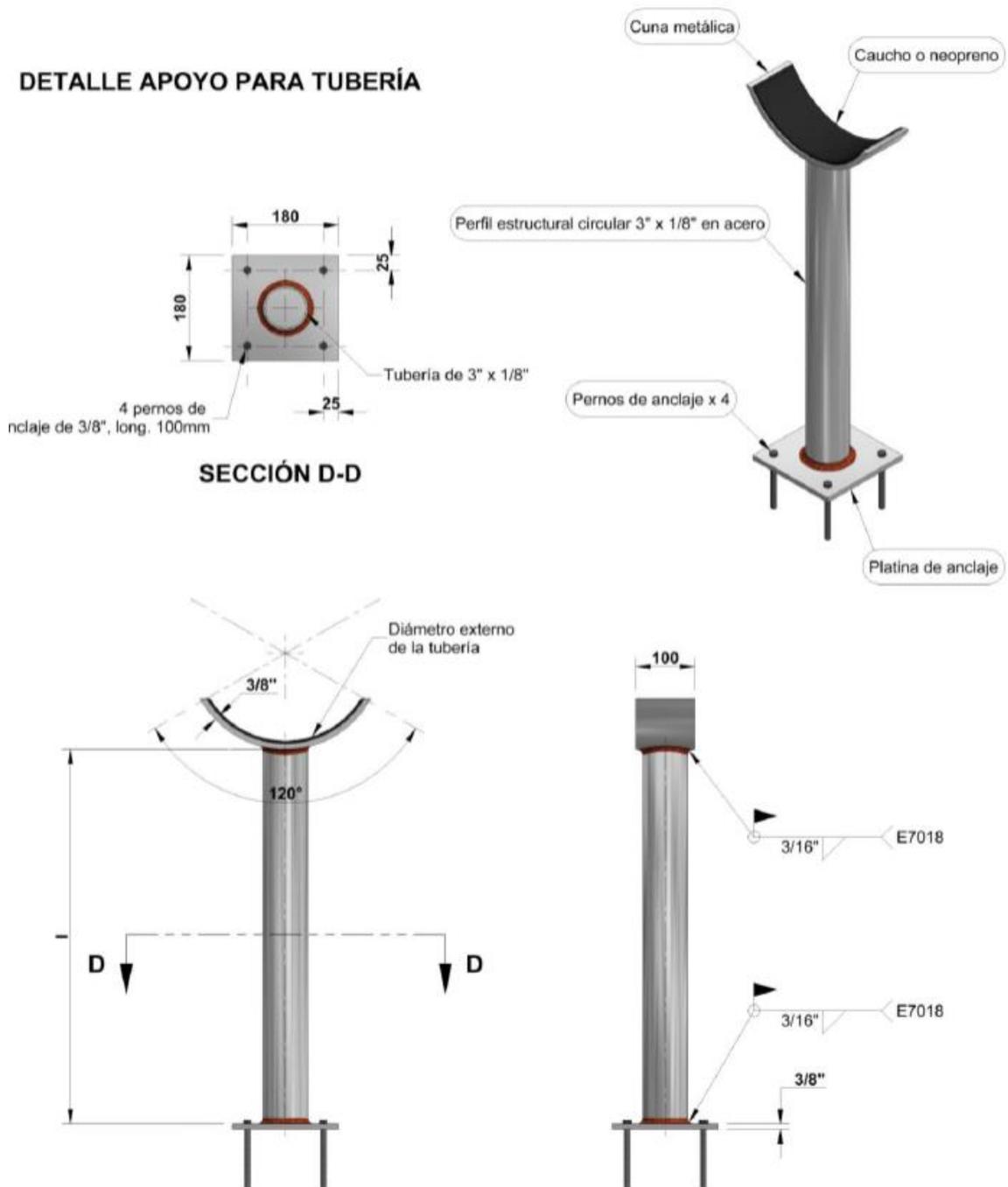


Figura 21. Esquema detalle de apoyos para tuberías, según norma NC-AS-IL01-04.

#### 2.7.4 Terminaciones interiores y exteriores de la cámara

##### *Losa inferior*

Se deberá realizar una terminación con mortero sobre la losa inferior con una pendiente mínima de 2,00% dirigida hacia el desagüe, con el fin de evacuar el agua que ingresa a la cámara.

### *Losa superior*

La losa superior se debe construir con la misma pendiente del terreno, conservando la altura libre mínima de la cámara, de tal manera que quede bien nivelada, estable y enrasada con el nivel del acabado de la acera existente.

Se colocaran losetones de hormigón prefabricado en la cubierta, para permitir el acceso de las piezas y tramos de tubería que se colocaran dentro de la cámara.

### *Pintura interna de la caja*

El acabado interno de la caja (muros y parte interna de la losa superior) debe realizarse mediante la aplicación de una pintura o barniz de tipo epóxico apta para concreto que impida el deterioro de las superficies.

La aplicación del recubrimiento debe realizarse sobre la superficie seca, libre de polvo y cualquier otra suciedad o contaminación.

## 2.7.5 Acceso a la cámara

### *Tapa*

El acceso a la caja se debe hacer a través de una tapa de seguridad cuyo marco se debe empotrar en la losa superior, enrasada con el nivel del acabado de la acera existente. La tapa debe ir ubicada hacia el costado donde esté la zona de circulación interna de la caja, y en el extremo más alejado de la vía de tránsito.

Se debe garantizar que la distancia entre el primer escalón de la escalera de acceso y la superficie externa de la caja sea máximo de 0,50 m, con el objeto de facilitar el acceso del personal.

La tapa de seguridad debe quedar ubicada en el extremo de la cámara donde se ubica la válvula reductora de presión.

### *Escaleras*

El ingreso y la salida de la cámara se deben realizar por medio de una escalera fija sujeta al muro del costado de acceso, justo debajo de la tapa. Es importante que el inicio de la escalera quede alineado con el cuello de la tapa de seguridad.

Adicionalmente, la escalera debe quedar ubicada de tal manera que no se presenten obstrucciones entre el personal que accede a la zona de circulación de la cámara y los elementos de la estación (válvulas, medidores, juntas, etc).

La escalera debe estar conformada por una serie de escalones fijados a los soportes laterales, los cuales a su vez deben estar anclados a los muros y la losa de hormigón de la cámara. La escalera debe ser construida en acero y debe quedar con una inclinación de 80º con respecto a un plano horizontal. Adicionalmente se debe aplicar una base anticorrosiva y con acabado en esmalte de tipo industrial, con el fin de prevenir que los elementos de anclaje como pernos, tornillos, escalones, soportes laterales y platinas de la escalera se debiliten a causa de la corrosión producida por la humedad del

ambiente de la cámara. Quedará a criterio de aprobación del Director de Obra aceptar el material propuesto para la escalera, así como el recubrimiento propuesto para la misma.

En la Figura 22 se presenta la configuración recomendados de la escalera de acceso, tomada de la norma NC-AS-IL01-04.

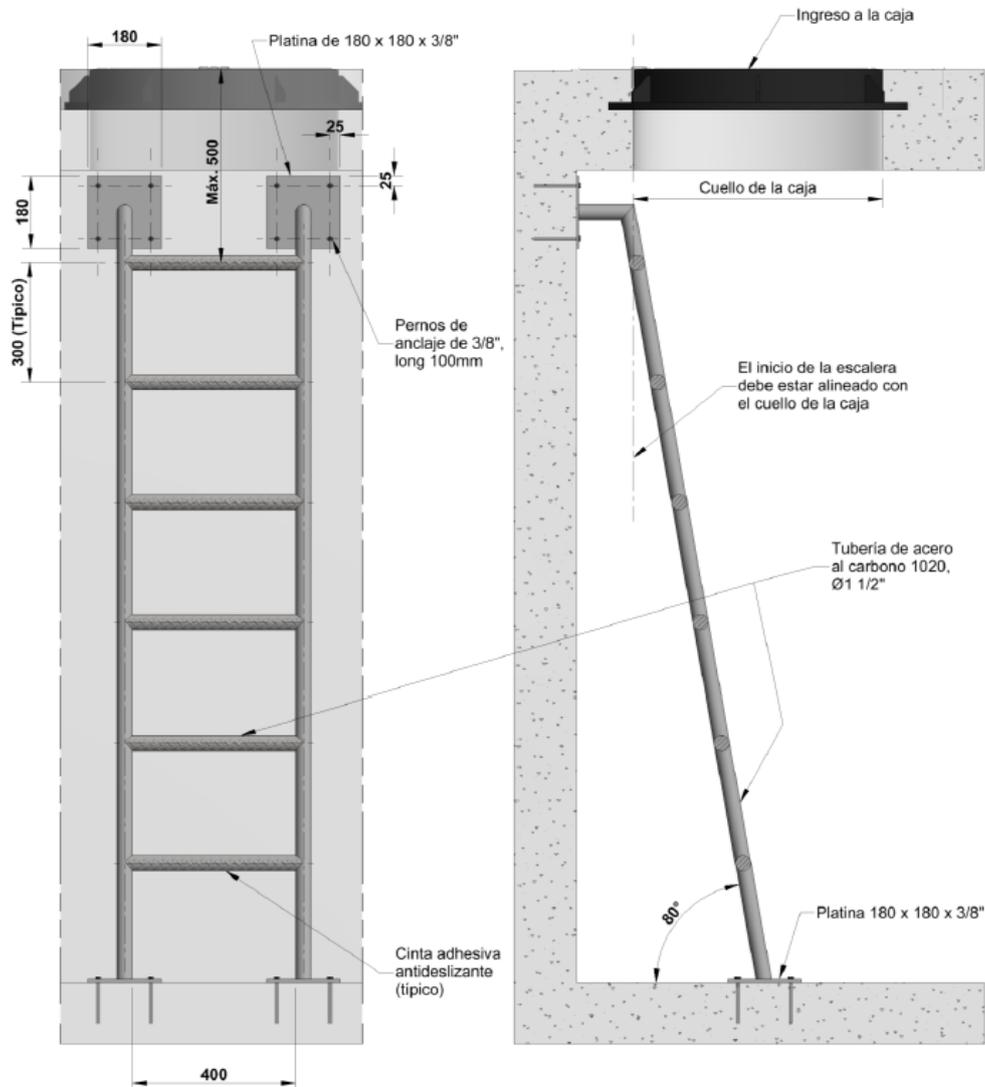


Figura 22. Recomendaciones para la escalera de acceso, tomada de norma NC-AS-IL01-04.

### 2.7.6 Desagüe

El desagüe de fondo debe ir ubicado en el extremo más bajo de la losa inferior, dicho desagüe no debe quedar debajo de la escalera de acceso ni en la zona de circulación de la caja, con el objeto de evitar accidentes del personal que ingrese a realizar labores de operación y mantenimiento.

Se instalará una tubería de desagüe de PVC o de polietileno con un diámetro mínimo de 160 mm, la cual se conectará a cámara de inspección cercana, ver plano AP21 y AP22 detalle de esquinero.

La pendiente del tramo de desagüe entre la cámara y el sitio de conexión final debe ser mínimo de 2,00 %, de tal manera que se pueda realizar la evacuación del agua que ingresa a la cámara, y debe

llegar como mínimo 0,15 m por encima de la cota clave de la tubería menos profunda de la cámara de inspección.

En ésta tubería de desagüe se debe instalar una válvula antirretorno con el fin de evitar que ingresen a la cámara aguas residuales, roedores o malos olores; además su ubicación debe estar en el extremo más bajo de la losa inferior de la cámara.

La cota de la boca de entrada de la válvula debe quedar por debajo del nivel del fondo de la losa, garantizando la evacuación completa de las aguas que ingresen o se derramen en la cámara. La tapa superior de la válvula antirretorno debe quedar completamente libre, para facilitar labores de mantenimiento. No se debe generar encharcamiento en ninguna parte de la losa inferior.

### 2.7.7 Ventilación

Para mantener un circuito de aire en el interior de la cámara se instalará un circuito de ventilación compuesto en un extremo por una rejilla de aspiración y en el otro extremo una columna de ventilación. Estos elementos estarán emplazados en proyección vertical cerca de un muro de límite de propiedad o columna de alumbrado público, tomando los recaudos para minimizar su exposición a que sean vandalizados. Serán prolongados en horizontal bajo superficie de terreno hasta ingresar a la cámara de la estación reductora de presión, cada uno por un extremo longitudinal de la cámara. Ver detalle en planos AP 21 y AP 22.

## 2.8 Especificaciones para futura ejecución

Las tuberías se construirán de acuerdo al trazado indicado en los planos, y conforme a las indicaciones que oportunamente formule el Director de Obra, especialmente respecto a la ubicación de piezas especiales y aparatos.

Se atenderán especialmente las recomendaciones del fabricante de las tuberías en cuanto a su recepción y manipuleo, colocación en las zanjas, preparación y ejecución de las juntas, relleno de las excavaciones, etc.

En el caso de sustitución de tuberías, y en el caso de deberse realizar la remoción de la tubería existente, previo a la remoción de la misma se construirá si fuera necesaria, una tubería provisoria o más de una tubería provisoria de PEBD u otro material que el Director de Obra acepte, de un diámetro no menor a 50 mm, la que no se retirará hasta la conclusión de la obra. La misma deberá ser dimensionada hidráulicamente de manera de mantener un adecuado abastecimiento a todos los servicios abastecidos por OSE y a los hidrantes existentes en el tramo. La tubería provisoria se retirará una vez habilitada para uso la tubería definitiva.

Las obras se ejecutarán en un todo de acuerdo a lo establecido en el Pliego General de OSE para Conducción de Líquidos a Presión.

Rige asimismo las consideraciones, lineamientos, buenas prácticas y demás requisitos establecidos en el Manual Ambiental de Obras de OSE, al cual se dará cabal cumplimiento.

### 3. Memoria de cálculo

#### 3.1 Red de distribución

##### Procedimiento de cálculo

La red de abastecimiento de agua potable se calculó mediante simulación hidráulica empleando el programa de acceso libre "EPANET versión 2.0".

Los datos proporcionados para simular dicha red fueron los siguientes:

- Datos geométricos de la red: coordenadas y cotas de los nodos, diámetros y longitudes de las tuberías.
- Propiedades hidráulicas de los elementos de la red: coeficientes de fricción asociados a los materiales de las tuberías y presión en el punto de conexión
- Valores de demanda de consumo en los nodos: para la demanda es el caudal máximo horario y se considera que cada tramo concurrente a un nodo aporta la mitad de su caudal al nodo. El caudal de cada tramo se calcula a través de áreas de aporte, según la Figura 23.

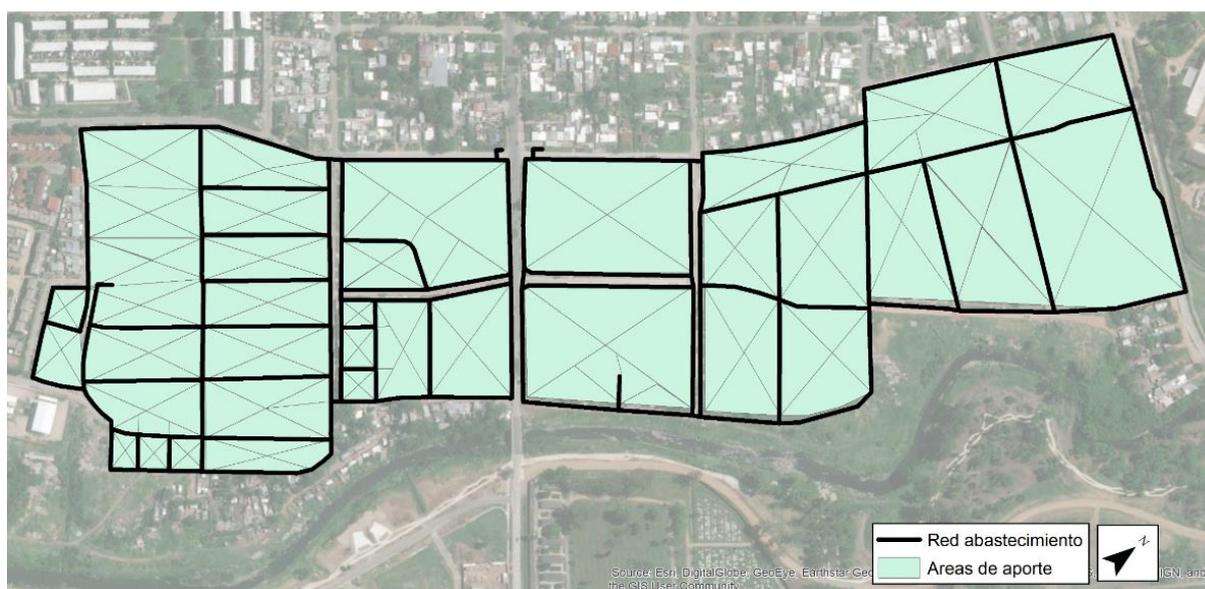


Figura 23. Áreas de aporte a tramos de la red de distribución consideradas para cálculo de demanda en nodos.

El caudal máximo horario aportado a un tramo de la red se calcula a través de la expresión:

$$Q_{\max, h \text{ tramo}} = \frac{K_1 \times K_2 \times Dot \times A_{\text{aporte}} \times DH}{86400}$$

Donde:

$Q_{\max, h \text{ tramo}}$  : es el caudal máximo horario del tramo considerado, en L/s

$K_1$ : coeficiente de pico diario, relación entre caudal máximo diario y caudal medio diario

$K_2$  : coeficiente de pico horario, relación entre caudal máximo horario y caudal máximo diario

$Dot$  : dotación media anual mínima, L/hab/día

$A_{aporte}$  : área de aporte al tramo, en ha

$DH$ : densidad de habitantes, hab/ha

En la Tabla 13 se presentan los valores utilizados para el cálculo de los caudales máximos horarios por tramo, teniendo como referencia para estos valores la reglamentación de OSE. Las áreas de aporte a los tramos fueron presentadas en la Figura 23 y la densidad de habitantes por hectárea se utilizan los valores presentados en la Figura 1.

Tabla 13. Parámetros para cálculo de caudales máximos horarios aportados a tramos de red.

| PARÁMETRO | VALOR       |
|-----------|-------------|
| Dotación  | 200 L/hab/d |
| $K_1$     | 1,5         |
| $K_2$     | 1,5         |

Para la simulación se utiliza el método de Hazen-Williams para estimar las pérdidas de carga en la conducción debido a la rugosidad de las paredes de la tubería. Las pérdidas menores (o pérdidas locales) debido a la existencia de turbulencias en codos y conexiones, no son consideradas en el modelo desarrollado, debido a las bajas velocidades registradas en la red.

A continuación se resumen los pasos llevados a cabo para realizar el cálculo mediante el programa:

- Se realiza el trazado de la red, definiendo longitud de tramos y cotas en los nodos de la malla
- Se propone un diámetro tentativo para cada tubería (75 mm) y se fijan los diámetros de las tuberías existentes
- Se selecciona el valor de  $C=150$  en función del material a adoptar para las tuberías, en este caso el material es PEAD y PVC.
- Se ingresa la demanda base en cada nodo
- Se toma como condición de borde los nodos más próximos a la conexión de cada malla, fijando el valor de presión de 16 m.c.a (valor considerado a la salida de las VRP), simulando esta condición como un depósito elevado que sirve además de suministro de caudal

En estas condiciones, se verifica que la presión de servicio en toda la red sea mayor a 15 m.c.a. de forma tal de asegurar un correcto abastecimiento a las viviendas, considerando al mismo tiempo que las velocidades por las tuberías no sobrepasen las máximas admitidas para el diámetro considerado. Se realiza un procedimiento iterativo ajustando los diámetros de las tuberías proyectadas hasta verificar todos los criterios de diseño asumidos.

### Determinación de caudales y cotas en los nodos

Siguiendo los criterios descriptos anteriormente, se resumen los caudales de diseño y las cotas consideradas en los nodos de las redes malladas de distribución. Se observa que para la determinación de la cota de los nodos fue considerada una tapa mínima según la reglamentación de OSE, y los valores presentados están referidos al cero wharton.

En la Figura 24 se observa la red mallada 1, en la misma se identifican la numeración de los nodos, mientras que en la Tabla 14 se presentan los valores de caudal y cota correspondiente.

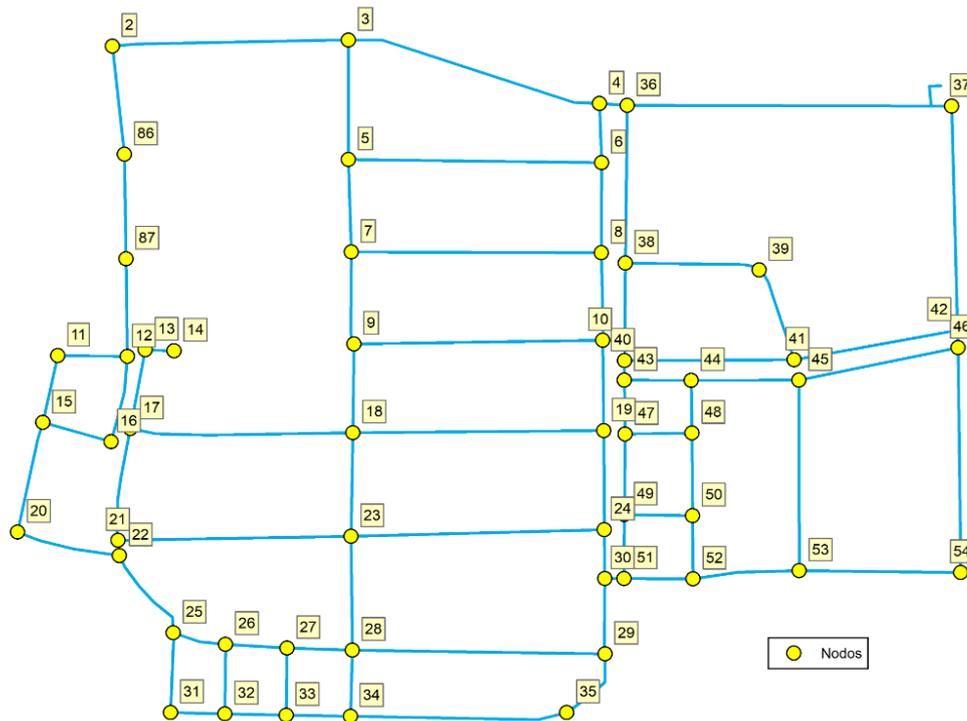


Figura 24. Red mallada 1, numeración asignada a los nodos.

Tabla 14. Red mallada 1, caudales y cotas asociadas a los nodos.

| Nodo | Cota (m) | Caudal (L/s) |
|------|----------|--------------|------|----------|--------------|------|----------|--------------|------|----------|--------------|
| 2    | 16.1     | 0.125        | 16   | 14.2     | 0.042        | 30   | 14.8     | 0.125        | 44   | 18.2     | 0.125        |
| 3    | 24.0     | 0.323        | 17   | 14.9     | 0.281        | 31   | 13.0     | 0.065        | 45   | 18.9     | 0.359        |
| 4    | 26.4     | 0.128        | 18   | 19.8     | 0.609        | 32   | 13.1     | 0.120        | 46   | 19.6     | 0.255        |
| 5    | 22.0     | 0.563        | 19   | 16.9     | 0.354        | 33   | 13.2     | 0.133        | 47   | 17.1     | 0.102        |
| 6    | 24.0     | 0.294        | 20   | 12.1     | 0.055        | 34   | 13.5     | 0.268        | 48   | 17.8     | 0.164        |
| 7    | 20.6     | 0.487        | 21   | 13.0     | 0.315        | 35   | 12.6     | 0.188        | 49   | 16.1     | 0.115        |
| 8    | 21.6     | 0.313        | 22   | 13.0     | 0.094        | 36   | 26.4     | 0.367        | 50   | 15.0     | 0.180        |
| 9    | 20.1     | 0.484        | 23   | 18.1     | 0.758        | 37   | 29.2     | 0.521        | 51   | 14.2     | 0.052        |
| 10   | 19.2     | 0.320        | 24   | 15.3     | 0.331        | 38   | 21.6     | 0.333        | 52   | 13.4     | 0.128        |
| 11   | 14.5     | 0.023        | 25   | 13.7     | 0.135        | 39   | 20.4     | 0.318        | 53   | 13.6     | 0.346        |
| 12   | 15.3     | 0.169        | 26   | 14.2     | 0.164        | 40   | 18.2     | 0.120        | 54   | 13.9     | 0.253        |
| 13   | 15.2     | 0.034        | 27   | 15.6     | 0.182        | 41   | 19.6     | 0.313        | 86   | 15.8     | 0.208        |
| 14   | 15.9     | 0.000        | 28   | 15.6     | 0.602        | 42   | 20.2     | 0.362        | 87   | 15.4     | 0.201        |
| 15   | 13.2     | 0.057        | 29   | 12.8     | 0.388        | 43   | 18.2     | 0.042        |      |          |              |

El caudal máximo horario de abastecimiento a la red mallada 1 es de 13,39 L/s, lo que es equivalente a 48,20 m<sup>3</sup>/h.

En la Figura 25 se observa la red mallada 2, en la misma se identifican la numeración de los nodos, mientras que en la Tabla 15 se presentan los valores de caudal y cota correspondiente.

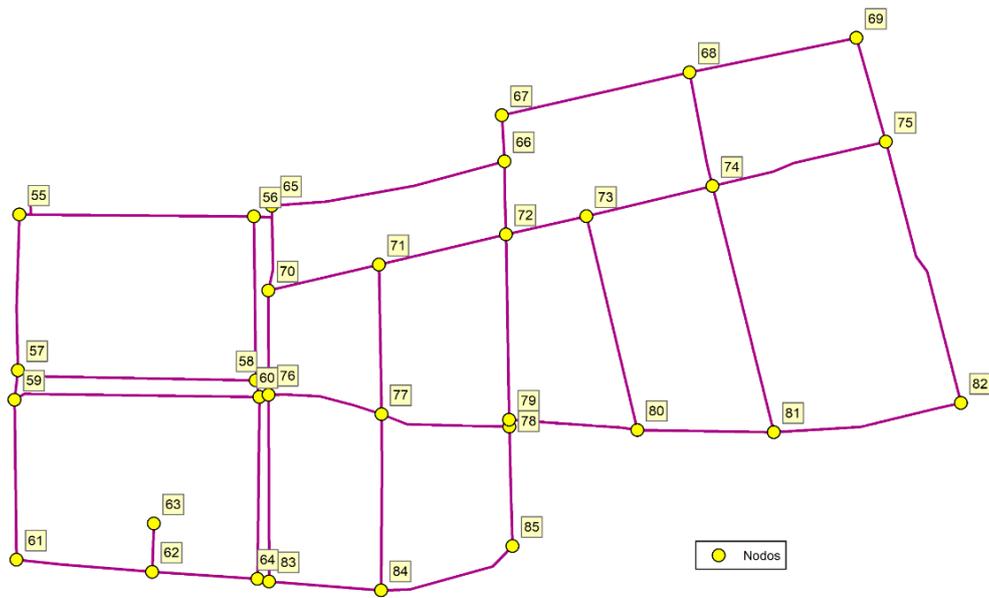


Figura 25. Red mallada 2, numeración asignada a los nodos.

Tabla 15. Red mallada 2, caudales y cotas asociadas a los nodos.

| Nodo | Cota (m) | Caudal (L/s) | Nodo | Cota (m) | Caudal (L/s) |
|------|----------|--------------|------|----------|--------------|
| 55   | 29.2     | 0.302        | 71   | 21.8     | 0.557        |
| 56   | 27.0     | 0.307        | 72   | 18.8     | 0.771        |
| 57   | 20.2     | 0.318        | 73   | 18.2     | 0.464        |
| 58   | 21.9     | 0.323        | 74   | 17.0     | 0.958        |
| 59   | 19.8     | 0.260        | 75   | 18.2     | 0.563        |
| 60   | 21.1     | 0.297        | 76   | 21.2     | 0.268        |
| 61   | 13.8     | 0.250        | 77   | 18.6     | 0.810        |
| 62   | 13.7     | 0.245        | 78   | 16.9     | 0.333        |
| 63   | 13.9     | 0.143        | 79   | 16.9     | 0.438        |
| 64   | 13.1     | 0.253        | 80   | 15.0     | 0.422        |
| 65   | 26.9     | 0.234        | 81   | 14.5     | 0.661        |
| 66   | 20.7     | 0.331        | 82   | 15.1     | 0.445        |
| 67   | 22.8     | 0.125        | 83   | 13.1     | 0.177        |
| 68   | 21.2     | 0.310        | 84   | 12.9     | 0.339        |
| 69   | 20.1     | 0.135        | 85   | 14.4     | 0.143        |
| 70   | 24.9     | 0.214        |      |          |              |

El caudal máximo horario de abastecimiento para la red mallada 2 es de 11,40 L/s, lo que es equivalente a 41,04 m<sup>3</sup>/h.

### Resultados de la modelación hidráulica de la red de distribución

A continuación se presentan los resultados obtenidos a partir de la modelación hidráulica realizada. Los resultados obtenidos son presentados a partir de imágenes y de tablas numéricas, y se observa

que los mismos son adecuados para garantizar la correcta distribución de agua potable en cantidad y presión suficientes.

### Malla 1

La Figura 26 muestra los números de identificación de los tramos de tubería asignadas en el programa de cálculo, la distribución de presiones en los nodos y las velocidades en los tramos de forma gráfica en intervalos según paleta de colores.

La Tabla 16 presta los siguientes resultados para los 56 nodos que componen la red mallada 1 modelada: identificación del nudo, cota en metros, demanda en litros/segundos, altura (piezométrica) en metros, y presión en m.c.a.. El embalse es utilizado como condición de borde para la modelación al mismo se le asigna la Altura total (elevación + presión) = 45,2 m, para esto se asume que la elevación es igual a la cota del nodo 37, es decir 29.2 m, y que la presión es la establecida agua abajo de la VRR<sub>1</sub>, de 16 m.c.a..

La Tabla 17 presenta los siguientes resultados para los 78 tramos de tubería que componen la red mallada 1 modelada: identificación de la línea, longitud en metros, diámetro en milímetros, coeficiente de rugosidad, caudal en litros/segundos, velocidad en metros/segundos y la pérdida de carga distribuida unitaria en metros/kilómetro. El valor negativo de caudal significa que el flujo va en sentido contrario a como se define la línea desde su nodo inicial al final.

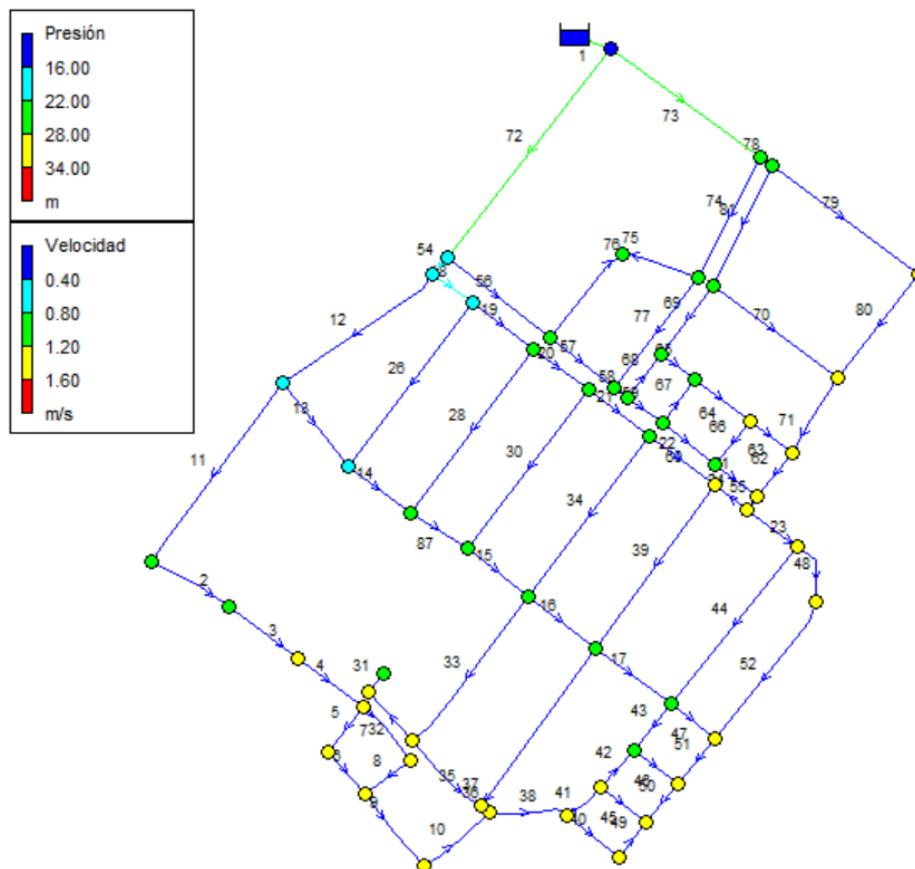


Figura 26. Resultados de la red mallada 1, distribución de presiones en nodos y velocidades en tramos de tubería.

Tabla 16. Resultados de los nodos para red mallada 1.

| ID Nudo     | Cota (m) | Demanda (L/s) | Altura (m) | Presión (m) |
|-------------|----------|---------------|------------|-------------|
| Conexión 2  | 16.1     | 0.12          | 43.6       | 27.5        |
| Conexión 3  | 24.0     | 0.32          | 43.7       | 19.7        |
| Conexión 4  | 26.4     | 0.13          | 43.8       | 17.4        |
| Conexión 5  | 22.0     | 0.56          | 43.6       | 21.6        |
| Conexión 6  | 24.0     | 0.29          | 43.7       | 19.7        |
| Conexión 7  | 20.6     | 0.49          | 43.6       | 23.0        |
| Conexión 8  | 21.6     | 0.31          | 43.6       | 22.0        |
| Conexión 9  | 20.1     | 0.48          | 43.6       | 23.5        |
| Conexión 10 | 19.2     | 0.32          | 43.6       | 24.4        |
| Conexión 11 | 14.5     | 0.02          | 43.6       | 29.1        |
| Conexión 12 | 15.3     | 0.17          | 43.6       | 28.3        |
| Conexión 13 | 15.2     | 0.03          | 43.5       | 28.3        |
| Conexión 14 | 15.9     | 0.00          | 43.5       | 27.6        |
| Conexión 15 | 13.2     | 0.06          | 43.6       | 30.4        |
| Conexión 16 | 14.2     | 0.04          | 43.6       | 29.4        |
| Conexión 17 | 14.9     | 0.28          | 43.5       | 28.6        |
| Conexión 18 | 19.8     | 0.61          | 43.5       | 23.7        |
| Conexión 19 | 16.9     | 0.35          | 43.6       | 26.7        |
| Conexión 20 | 12.1     | 0.05          | 43.6       | 31.5        |
| Conexión 21 | 13.0     | 0.32          | 43.5       | 30.5        |
| Conexión 22 | 13.0     | 0.09          | 43.5       | 30.6        |
| Conexión 23 | 18.1     | 0.76          | 43.5       | 25.4        |
| Conexión 24 | 15.3     | 0.33          | 43.6       | 28.3        |
| Conexión 25 | 13.7     | 0.14          | 43.5       | 29.8        |
| Conexión 26 | 14.2     | 0.16          | 43.5       | 29.3        |
| Conexión 27 | 15.6     | 0.18          | 43.5       | 27.9        |
| Conexión 28 | 15.6     | 0.60          | 43.5       | 27.9        |
| Conexión 29 | 12.8     | 0.39          | 43.5       | 30.7        |
| Conexión 30 | 14.8     | 0.12          | 43.6       | 28.8        |
| Conexión 31 | 13.0     | 0.07          | 43.5       | 30.5        |
| Conexión 32 | 13.1     | 0.12          | 43.5       | 30.4        |
| Conexión 33 | 13.2     | 0.13          | 43.5       | 30.3        |
| Conexión 34 | 13.5     | 0.27          | 43.5       | 30.0        |
| Conexión 35 | 12.6     | 0.19          | 43.5       | 30.9        |
| Conexión 36 | 26.4     | 0.37          | 43.8       | 17.4        |
| Conexión 37 | 29.2     | 0.52          | 45.0       | 15.8        |
| Conexión 38 | 21.6     | 0.33          | 43.7       | 22.1        |
| Conexión 39 | 20.4     | 0.32          | 43.7       | 23.3        |
| Conexión 40 | 18.2     | 0.12          | 43.7       | 25.5        |
| Conexión 41 | 19.6     | 0.31          | 43.7       | 24.1        |
| Conexión 42 | 20.2     | 0.36          | 43.8       | 23.6        |
| Conexión 43 | 18.2     | 0.04          | 43.7       | 25.5        |

|             |      |        |      |      |
|-------------|------|--------|------|------|
| Conexión 44 | 18.2 | 0.12   | 43.7 | 25.5 |
| Conexión 45 | 18.9 | 0.36   | 43.7 | 24.8 |
| Conexión 46 | 19.6 | 0.26   | 43.8 | 24.2 |
| Conexión 47 | 17.1 | 0.10   | 43.7 | 26.6 |
| Conexión 48 | 17.8 | 0.16   | 43.7 | 25.9 |
| Conexión 49 | 16.1 | 0.11   | 43.6 | 27.5 |
| Conexión 50 | 15.0 | 0.18   | 43.6 | 28.6 |
| Conexión 51 | 14.2 | 0.05   | 43.6 | 29.4 |
| Conexión 52 | 13.4 | 0.13   | 43.6 | 30.2 |
| Conexión 53 | 13.6 | 0.35   | 43.7 | 30.1 |
| Conexión 54 | 14.0 | 0.25   | 43.7 | 29.7 |
| Conexión 86 | 15.8 | 0.21   | 43.6 | 27.8 |
| Conexión 87 | 15.4 | 0.20   | 43.6 | 28.2 |
| Embalse 1   | 45.2 | -13.39 | 45.2 | 0.0  |

Tabla 17. Resultados de los tramos de tubería para red mallada 1.

| ID Línea   | Longitud (m) | Diámetro (mm) | Rugosidad | Caudal (L/s) | Velocidad (m/s) | Pérd. Unit (m/km) |
|------------|--------------|---------------|-----------|--------------|-----------------|-------------------|
| Tubería 1  | 20.00        | 125           | 150       | 13.39        | 1.09            | 8.47              |
| Tubería 2  | 55.25        | 110           | 150       | -1.51        | 0.16            | 0.28              |
| Tubería 3  | 52.29        | 110           | 150       | -1.30        | 0.14            | 0.21              |
| Tubería 4  | 49.50        | 110           | 150       | -1.10        | 0.12            | 0.15              |
| Tubería 5  | 34.89        | 110           | 150       | -0.48        | 0.05            | 0.03              |
| Tubería 6  | 34.76        | 110           | 150       | -0.45        | 0.05            | 0.03              |
| Tubería 7  | 44.15        | 110           | 150       | 0.45         | 0.05            | 0.03              |
| Tubería 8  | 35.71        | 110           | 150       | 0.41         | 0.04            | 0.02              |
| Tubería 9  | 56.95        | 75            | 150       | -0.81        | 0.18            | 0.56              |
| Tubería 10 | 52.76        | 75            | 150       | -0.75        | 0.17            | 0.49              |
| Tubería 11 | 118.71       | 110           | 150       | -1.63        | 0.17            | 0.32              |
| Tubería 12 | 131.33       | 110           | 150       | -2.61        | 0.28            | 0.77              |
| Tubería 13 | 60.52        | 75            | 150       | -0.66        | 0.15            | 0.39              |
| Tubería 14 | 47.00        | 75            | 150       | -0.84        | 0.19            | 0.61              |
| Tubería 15 | 45.03        | 75            | 150       | -0.92        | 0.21            | 0.72              |
| Tubería 16 | 52.59        | 75            | 150       | -0.57        | 0.13            | 0.30              |
| Tubería 17 | 57.68        | 75            | 150       | -0.47        | 0.11            | 0.20              |
| Tubería 18 | 29.98        | 110           | 150       | -4.47        | 0.47            | 2.07              |
| Tubería 19 | 45.68        | 110           | 150       | -3.43        | 0.36            | 1.27              |
| Tubería 20 | 44.39        | 110           | 150       | -2.58        | 0.27            | 0.75              |
| Tubería 21 | 45.78        | 110           | 150       | -1.75        | 0.18            | 0.36              |
| Tubería 22 | 50.22        | 110           | 150       | -0.75        | 0.08            | 0.08              |
| Tubería 23 | 38.20        | 75            | 150       | -1.29        | 0.29            | 1.34              |
| Tubería 24 | 24.85        | 110           | 150       | 0.31         | 0.03            | 0.01              |
| Tubería 26 | 127.32       | 75            | 150       | -0.75        | 0.17            | 0.49              |
| Tubería 28 | 125.68       | 75            | 150       | -0.53        | 0.12            | 0.26              |
| Tubería 30 | 125.03       | 75            | 150       | -0.52        | 0.12            | 0.25              |

|            |        |     |     |       |      |       |
|------------|--------|-----|-----|-------|------|-------|
| Tubería 31 | 14.49  | 75  | 150 | 0.00  | 0.00 | 0.00  |
| Tubería 32 | 40.62  | 75  | 150 | -0.03 | 0.01 | 0.00  |
| Tubería 33 | 112.19 | 75  | 150 | 0.39  | 0.09 | 0.14  |
| Tubería 34 | 126.00 | 75  | 150 | -0.65 | 0.15 | 0.37  |
| Tubería 35 | 57.27  | 75  | 150 | -0.07 | 0.02 | 0.01  |
| Tubería 36 | 7.78   | 75  | 150 | 0.17  | 0.04 | 0.03  |
| Tubería 37 | 117.15 | 75  | 150 | -0.07 | 0.02 | 0.01  |
| Tubería 38 | 49.46  | 75  | 150 | 0.49  | 0.11 | 0.22  |
| Tubería 39 | 127.43 | 75  | 150 | -0.72 | 0.16 | 0.46  |
| Tubería 40 | 40.45  | 75  | 150 | -0.15 | 0.03 | 0.02  |
| Tubería 41 | 27.19  | 75  | 150 | 0.20  | 0.05 | 0.04  |
| Tubería 42 | 30.94  | 75  | 150 | 0.02  | 0.00 | 0.00  |
| Tubería 43 | 32.81  | 75  | 150 | -0.17 | 0.04 | 0.03  |
| Tubería 44 | 127.05 | 75  | 150 | -0.40 | 0.09 | 0.15  |
| Tubería 45 | 35.31  | 75  | 150 | 0.02  | 0.01 | 0.00  |
| Tubería 46 | 33.98  | 75  | 150 | 0.01  | 0.00 | 0.00  |
| Tubería 47 | 33.54  | 75  | 150 | 0.09  | 0.02 | 0.01  |
| Tubería 48 | 38.90  | 75  | 150 | -0.50 | 0.11 | 0.23  |
| Tubería 49 | 27.32  | 75  | 150 | 0.08  | 0.02 | 0.01  |
| Tubería 50 | 30.76  | 75  | 150 | -0.01 | 0.00 | 0.00  |
| Tubería 51 | 32.30  | 75  | 150 | -0.14 | 0.03 | 0.02  |
| Tubería 52 | 109.20 | 75  | 150 | -0.31 | 0.07 | 0.10  |
| Tubería 54 | 13.93  | 110 | 150 | -7.21 | 0.76 | 5.02  |
| Tubería 55 | 9.71   | 75  | 150 | 1.72  | 0.39 | 2.29  |
| Tubería 56 | 79.94  | 75  | 150 | -1.32 | 0.30 | 1.39  |
| Tubería 57 | 49.50  | 75  | 150 | -0.87 | 0.20 | 0.65  |
| Tubería 58 | 9.87   | 75  | 150 | -1.41 | 0.32 | 1.58  |
| Tubería 59 | 27.36  | 75  | 150 | -0.93 | 0.21 | 0.73  |
| Tubería 60 | 40.61  | 75  | 150 | 0.75  | 0.17 | 0.49  |
| Tubería 61 | 32.45  | 75  | 150 | -0.90 | 0.20 | 0.69  |
| Tubería 62 | 34.64  | 75  | 150 | -0.88 | 0.20 | 0.66  |
| Tubería 63 | 32.09  | 75  | 150 | 0.24  | 0.05 | 0.06  |
| Tubería 64 | 41.88  | 75  | 150 | 0.68  | 0.16 | 0.41  |
| Tubería 65 | 26.69  | 75  | 150 | -0.77 | 0.18 | 0.52  |
| Tubería 66 | 34.34  | 75  | 150 | -0.26 | 0.06 | 0.07  |
| Tubería 67 | 33.56  | 75  | 150 | 0.07  | 0.02 | 0.01  |
| Tubería 68 | 33.67  | 75  | 150 | 0.44  | 0.10 | 0.19  |
| Tubería 69 | 54.09  | 75  | 150 | -0.45 | 0.10 | 0.19  |
| Tubería 70 | 96.59  | 75  | 150 | -0.42 | 0.10 | 0.17  |
| Tubería 71 | 53.65  | 75  | 150 | -0.76 | 0.17 | 0.51  |
| Tubería 72 | 163.06 | 110 | 150 | -8.90 | 0.94 | 7.40  |
| Tubería 73 | 113.70 | 75  | 150 | 3.97  | 0.90 | 10.74 |
| Tubería 74 | 83.53  | 75  | 150 | -1.18 | 0.27 | 1.14  |
| Tubería 75 | 49.13  | 75  | 150 | -0.21 | 0.05 | 0.04  |
| Tubería 76 | 67.91  | 75  | 150 | -0.11 | 0.03 | 0.01  |
| Tubería 77 | 85.25  | 75  | 150 | -0.66 | 0.15 | 0.39  |

|            |        |    |     |       |      |      |
|------------|--------|----|-----|-------|------|------|
| Tubería 78 | 8.79   | 75 | 150 | -2.43 | 0.55 | 4.32 |
| Tubería 79 | 114.06 | 75 | 150 | -0.94 | 0.21 | 0.74 |
| Tubería 80 | 81.10  | 75 | 150 | -0.68 | 0.15 | 0.41 |
| Tubería 81 | 81.70  | 75 | 150 | -1.24 | 0.28 | 1.24 |
| Tubería 87 | 46.64  | 75 | 150 | 0.89  | 0.20 | 0.67 |

## *Malla 2*

La Figura 27 muestra los números de identificación de los tramos de tubería asignadas en el programa de cálculo, la distribución de presiones en los nodos y las velocidades en los tramos de forma gráfica en intervalos según paleta de colores.

La Figura 24 presta los siguientes resultados para los 32 nodos que componen la red mallada 2 modelada: identificación del nudo, cota en metros, demanda en litros/segundos, altura (piezométrica) en metros, y presión en m.c.a.. El embalse es utilizado como condición de borde para la modelación al mismo se le asigna la Altura total (elevación + presión) = 45,2 m, para esto se asume que la elevación es igual a la cota del nodo 55, es decir 29.2 m, y que la presión es la establecida agua abajo de la VRP<sub>2</sub>, de 16 m.c.a..

La Figura 25 presenta los siguientes resultados para los 44 tramos de tubería que componen la red mallada 2 modelada: identificación de la línea, longitud en metros, diámetro en milímetros, coeficiente de rugosidad, caudal en litros/segundos, velocidad en metros/segundos y la pérdida de carga distribuida unitaria en metros/kilómetro. El valor negativo de caudal significa que el flujo va en sentido contrario a como se define la línea desde su nodo inicial al final.

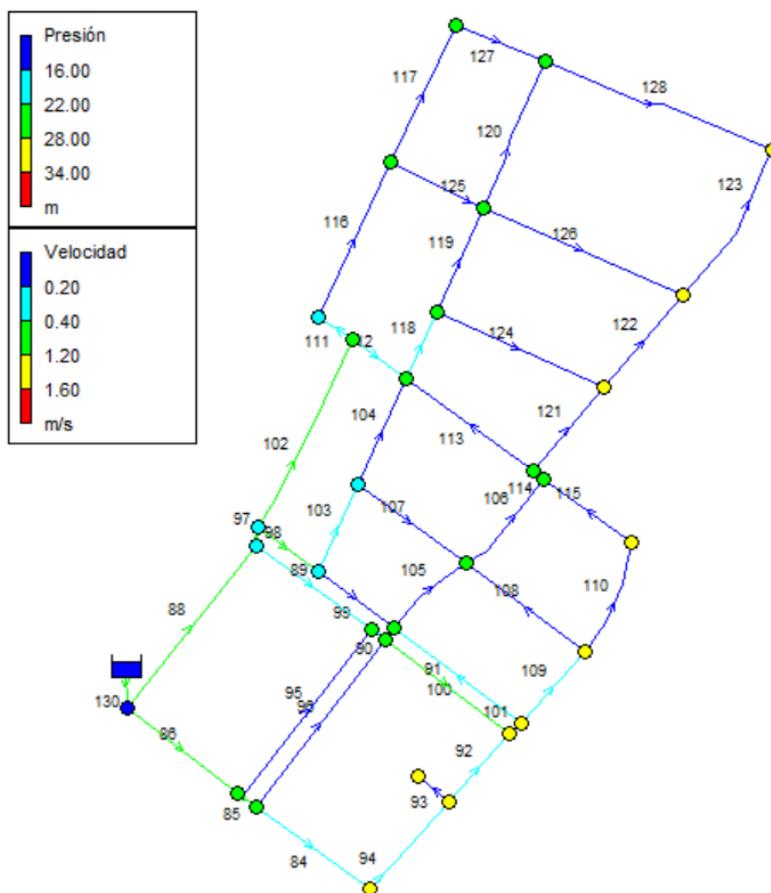


Figura 27. Resultados de la red mallada 2, distribución de presiones en nodos y velocidades en tramos de tubería.

Tabla 18. Resultados de los nodos para red mallada 2.

| ID Nudo     | Cota (m) | Demanda (L/s) | Altura (m) | Presión (m) |
|-------------|----------|---------------|------------|-------------|
| Conexión 55 | 29.2     | 0.30          | 45.1       | 15.9        |
| Conexión 56 | 27.0     | 0.31          | 44.2       | 17.2        |
| Conexión 57 | 20.2     | 0.32          | 44.2       | 24.0        |
| Conexión 58 | 21.9     | 0.32          | 44.1       | 22.2        |
| Conexión 59 | 19.8     | 0.26          | 44.1       | 24.3        |
| Conexión 60 | 21.1     | 0.30          | 44.0       | 22.9        |
| Conexión 61 | 14.0     | 0.25          | 43.9       | 29.9        |
| Conexión 62 | 13.7     | 0.24          | 43.7       | 30.0        |
| Conexión 63 | 13.9     | 0.14          | 43.7       | 29.8        |
| Conexión 64 | 13.1     | 0.25          | 43.7       | 30.6        |
| Conexión 65 | 26.9     | 0.23          | 44.1       | 17.2        |
| Conexión 66 | 20.7     | 0.33          | 43.5       | 22.8        |
| Conexión 67 | 22.8     | 0.12          | 43.5       | 20.7        |
| Conexión 68 | 21.2     | 0.31          | 43.4       | 22.2        |
| Conexión 69 | 20.1     | 0.14          | 43.4       | 23.3        |
| Conexión 70 | 24.9     | 0.21          | 43.6       | 18.7        |
| Conexión 71 | 21.8     | 0.56          | 43.5       | 21.7        |

|             |      |        |      |      |
|-------------|------|--------|------|------|
| Conexión 72 | 18.8 | 0.77   | 43.5 | 24.7 |
| Conexión 73 | 18.2 | 0.46   | 43.4 | 25.2 |
| Conexión 74 | 17.0 | 0.96   | 43.4 | 26.4 |
| Conexión 75 | 18.2 | 0.56   | 43.4 | 25.2 |
| Conexión 76 | 21.2 | 0.27   | 43.5 | 22.3 |
| Conexión 77 | 18.6 | 0.81   | 43.5 | 24.9 |
| Conexión 78 | 16.9 | 0.33   | 43.5 | 26.6 |
| Conexión 79 | 16.9 | 0.44   | 43.5 | 26.6 |
| Conexión 80 | 15.0 | 0.42   | 43.4 | 28.4 |
| Conexión 81 | 14.5 | 0.66   | 43.4 | 28.9 |
| Conexión 82 | 15.1 | 0.45   | 43.4 | 28.3 |
| Conexión 83 | 13.1 | 0.18   | 43.6 | 30.5 |
| Conexión 84 | 12.9 | 0.34   | 43.5 | 30.6 |
| Conexión 85 | 14.4 | 0.14   | 43.5 | 29.1 |
| Embalse 88  | 45.2 | -11.40 | 45.2 | 0.0  |

Tabla 19. Resultados de los tramos de tubería para red mallada 2.

| ID Línea    | Longitud (m) | Diámetro (mm) | Rugosidad | Caudal (L/s) | Velocidad (m/s) | Pérd. Unit (m/km) |
|-------------|--------------|---------------|-----------|--------------|-----------------|-------------------|
| Tubería 84  | 111.84       | 75            | 150       | 1.55         | 0.35            | 1.87              |
| Tubería 85  | 20.74        | 75            | 150       | 2.33         | 0.53            | 4.01              |
| Tubería 86  | 108.80       | 75            | 150       | -3.49        | 0.79            | 8.46              |
| Tubería 88  | 162.66       | 110           | 150       | 7.60         | 0.80            | 5.53              |
| Tubería 89  | 114.56       | 75            | 150       | -1.14        | 0.26            | 1.07              |
| Tubería 90  | 11.83        | 75            | 150       | 1.66         | 0.38            | 2.14              |
| Tubería 91  | 127.13       | 75            | 150       | -1.89        | 0.43            | 2.71              |
| Tubería 92  | 73.14        | 75            | 150       | 0.91         | 0.21            | 0.70              |
| Tubería 93  | 33.77        | 75            | 150       | -0.14        | 0.03            | 0.02              |
| Tubería 94  | 94.53        | 75            | 150       | 1.30         | 0.29            | 1.35              |
| Tubería 95  | 166.16       | 75            | 150       | -0.84        | 0.19            | 0.61              |
| Tubería 96  | 170.96       | 75            | 150       | -0.52        | 0.12            | 0.25              |
| Tubería 97  | 12.50        | 110           | 150       | 6.15         | 0.65            | 3.74              |
| Tubería 98  | 59.73        | 75            | 150       | -3.68        | 0.83            | 9.31              |
| Tubería 99  | 72.81        | 75            | 150       | 0.81         | 0.18            | 0.56              |
| Tubería 101 | 8.28         | 75            | 150       | 2.55         | 0.58            | 4.71              |
| Tubería 102 | 164.78       | 75            | 150       | 2.24         | 0.51            | 3.71              |
| Tubería 103 | 78.81        | 110           | 150       | 2.66         | 0.28            | 0.79              |
| Tubería 104 | 90.66        | 110           | 150       | 1.75         | 0.18            | 0.36              |
| Tubería 105 | 80.24        | 110           | 150       | -1.55        | 0.16            | 0.29              |
| Tubería 106 | 90.01        | 110           | 150       | -1.53        | 0.16            | 0.28              |
| Tubería 107 | 104.58       | 110           | 150       | -0.36        | 0.04            | 0.02              |
| Tubería 108 | 123.11       | 75            | 150       | 0.43         | 0.10            | 0.17              |
| Tubería 109 | 77.92        | 75            | 150       | 1.35         | 0.31            | 1.46              |
| Tubería 110 | 99.37        | 75            | 150       | 0.59         | 0.13            | 0.31              |
| Tubería 111 | 32.18        | 75            | 150       | -0.95        | 0.21            | 0.76              |

|             |        |     |     |       |      |      |
|-------------|--------|-----|-----|-------|------|------|
| Tubería 112 | 50.98  | 75  | 150 | -0.96 | 0.22 | 0.77 |
| Tubería 113 | 129.60 | 110 | 150 | -0.46 | 0.05 | 0.03 |
| Tubería 114 | 4.75   | 110 | 150 | -1.64 | 0.17 | 0.32 |
| Tubería 115 | 83.57  | 75  | 150 | 0.45  | 0.10 | 0.19 |
| Tubería 116 | 133.50 | 75  | 150 | 0.82  | 0.19 | 0.58 |
| Tubería 117 | 118.29 | 75  | 150 | 0.29  | 0.07 | 0.08 |
| Tubería 118 | 57.22  | 110 | 150 | 2.39  | 0.25 | 0.65 |
| Tubería 119 | 89.94  | 110 | 150 | 1.65  | 0.17 | 0.33 |
| Tubería 120 | 124.38 | 110 | 150 | 0.59  | 0.06 | 0.05 |
| Tubería 121 | 89.16  | 75  | 150 | 0.74  | 0.17 | 0.48 |
| Tubería 122 | 94.64  | 75  | 150 | 0.60  | 0.14 | 0.32 |
| Tubería 123 | 131.86 | 75  | 150 | 0.27  | 0.06 | 0.07 |
| Tubería 124 | 153.55 | 110 | 150 | -0.28 | 0.03 | 0.01 |
| Tubería 125 | 81.08  | 75  | 150 | -0.22 | 0.05 | 0.05 |
| Tubería 126 | 177.16 | 110 | 150 | -0.33 | 0.03 | 0.02 |
| Tubería 127 | 75.34  | 110 | 150 | 0.15  | 0.02 | 0.00 |
| Tubería 128 | 190.72 | 75  | 150 | 0.18  | 0.04 | 0.03 |
| Tubería 130 | 20.00  | 125 | 150 | 11.40 | 0.93 | 6.28 |

### 3.2 Válvulas reductoras de presión

#### Calculo de dimensionamiento de válvulas reductoras de presión

##### *Válvula reductora de presión N°1*

Para el dimensionado de la VRP<sub>1</sub> se calcula previamente el valor de  $K_{VRP_1}$ , partiendo de los datos de servicio, con los cuales debe trabajar la válvula. La expresión para el coeficiente de flujo viene dada por:

$$K_V = Q \times \sqrt{\frac{\rho}{1000 \times \Delta P}}$$

Donde:

$K_V$  : coeficiente de flujo, en m<sup>3</sup>/h

$Q$  : caudal volumétrico, en m<sup>3</sup>/h

$\rho$  : densidad del fluido, en kg/m<sup>3</sup>

$P_1$  : presión absoluta aguas arriba de la VRP, en bar

$P_2$  : presión absoluta aguas abajo de la VRP, en bar

$\Delta P$  : diferencia de presiones ( $P_1 - P_2$ ), en bar

La válvula reductora de presión se calcula para el caudal máximo horario,  $Q_{VRP_1}^{\max, h} = 48,20 \text{ m}^3/\text{h}$ , se asume que la densidad del agua es  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ . La presión aguas arriba es la informada por OSE en la red disminuida un 10%, por lo tanto, la misma es de  $P_{1VRP_1} = 20,7 \text{ m.c.a.}$ , o lo que es equivalente a  $P_{1VRP_1} = 2,03 \text{ bar}$ . La presión agua abajo que se quiere regular es  $P_{2VRP_1} = 16 \text{ m.c.a.}$ , lo que es equivalente a  $P_{2VRP_1} = 1,57 \text{ bar}$ .

Sustituyendo los valores en la expresión del coeficiente de flujo se obtiene:

$$K_{VRP_1} = 48,20 \times \sqrt{\frac{1000}{1000 \times (2,03 - 1,57)}}$$

$$K_{VRP_1} = 71,07 \text{ m}^3/\text{h}$$

Al valor de  $K_{VRP_1}$  determinado de los datos de servicio se le aplica un factor de seguridad de 1,30 y con ello se obtiene el valor de  $K_{V_0}$  que la válvula a elegir debe tener como mínimo.

$$K_{V_0} \geq 1,30 \times K_{VRP_1} = 1,30 \times 71,07 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$K_{V_0} \geq 92,39 \text{ m}^3/\text{h}$$

### *Válvula reductora de presión N°2*

La válvula reductora de presión se calcula para el caudal máximo horario,  $Q_{VRP_2}^{\max, h} = 41,04 \text{ m}^3/\text{h}$ , se asume que la densidad del agua es  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ . La presión aguas arriba es la informada por OSE en la red disminuida un 10%, por lo tanto la misma es de  $P_{1VRP_2} = 20,7 \text{ m.c.a.}$ , o lo que es equivalente a  $P_{1VRP_2} = 2,03 \text{ bar}$ . La presión agua abajo que se quiere regular es  $P_{2VRP_2} = 16 \text{ m.c.a.}$ , lo que es equivalente a  $P_{2VRP_2} = 1,57 \text{ bar}$ .

Sustituyendo los valores en la expresión del coeficiente de flujo se obtiene:

$$K_{VRP_2} = 41,04 \times \sqrt{\frac{1000}{1000 \times (2,03 - 1,57)}}$$

$$K_{VRP_2} = 60,51 \text{ m}^3/\text{h}$$

Al valor de  $K_{VRP_2}$  determinado de los datos de servicio se le aplica un factor de seguridad de 1,30 y con ello se obtiene el valor de  $K_{V_0}$  que la válvula a elegir debe tener como mínimo.

$$K_{V_0} \geq 1,30 \times K_{VRP_2} = 1,30 \times 60,51 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$K_{V_0} \geq 78,66 \text{ m}^3/\text{h}$$

### Selección de válvulas reductoras de presión

Se selecciona una válvula del catálogo de BERMAD tal que la misma verifique la condición requerida para el servicio de las dos estaciones previstas en el proyecto. La selección de la válvula se detalla a continuación, mientras que las especificaciones técnicas de la misma son presentadas en el apartado correspondiente.

#### Características de la válvula a instalar

A continuación se presentan los datos de la válvula reductora seleccionada, según el coeficiente de flujo  $K_{V_0}$ , bajo la condición más restrictiva que corresponde a la VRP<sub>1</sub>.

Tabla 20. Características de la válvula reguladora de presión seleccionada para las dos estaciones, según catálogo BERMAD modelo 720.

|                         |                               |                        |     |
|-------------------------|-------------------------------|------------------------|-----|
| Tipo                    | 700 Y - PN16 Clase 150- Brida | DN (mm)                | 80  |
|                         |                               | $K_{V_0}$ - "Y" V-Port | 98  |
| Dimensiones principales |                               | L (mm)                 | 250 |
|                         |                               | W (mm)                 | 200 |
|                         |                               | h (mm)                 | 100 |
|                         |                               | H (mm)                 | 305 |
|                         |                               | Peso (kg)              | 22  |

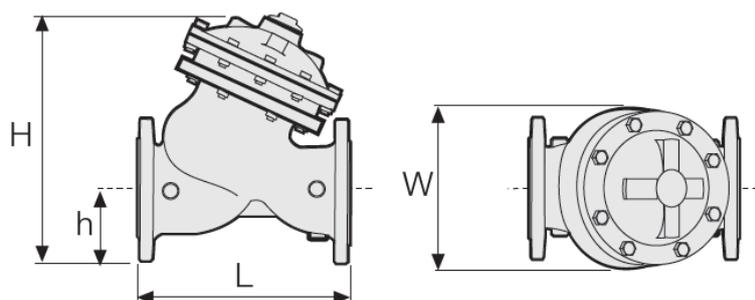


Figura 28. Esquema de las dimensiones principales de la VRP, según catálogo BERMAD modelo 720.

#### Verificación del funcionamiento

Se verifica que la válvula instalada opera en las condiciones de servicio fuera de la zona de cavitación, según el diagrama de cavitación proporcionado por el fabricante en el catálogo. Ver Figura 29.

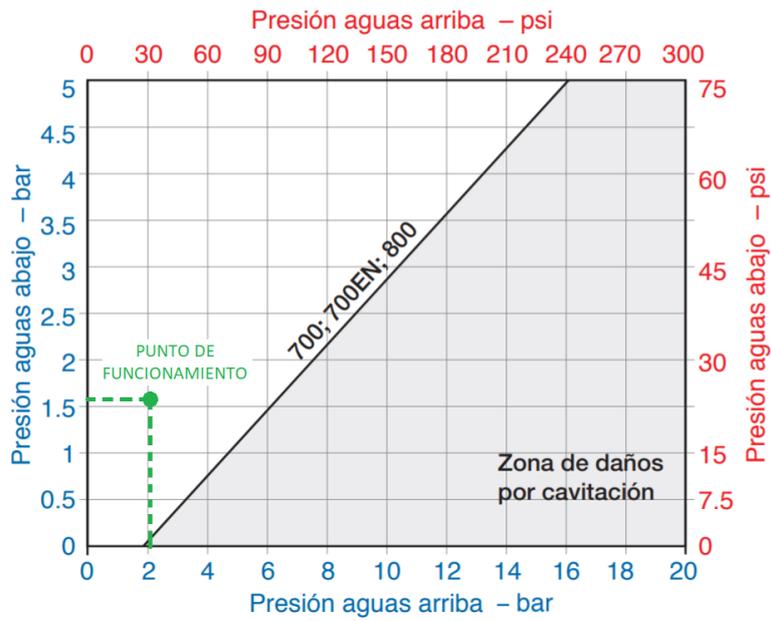


Figura 29. Ábaco para verificación de cavitación, según catálogo BERMAD modelo 720.

A continuación se presentan las velocidades calculadas a partir del caudal máximo horario que se tienen para la línea principal, donde estarán instaladas las válvulas reductoras de presión.

Tabla 21. Determinación de la velocidad en la línea principal de la VRP<sub>1</sub>.

| $Q_{\max,h}$ VRP <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> /s) | DN (mm) | Área (m <sup>2</sup> ) | $v$ VRP <sub>1</sub> (m/s) |
|---|---------|------------------------|----------------------------|
| 0.01339   | 80      | 0.005027               | 2.66                       |

Tabla 22. Determinación de la velocidad en la línea principal de la VRP<sub>2</sub>.

| $Q_{\max,h}$ VRP <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> /s) | DN (mm) | Área (m <sup>2</sup> ) | $v$ VRP <sub>2</sub> (m/s) |
|---|---------|------------------------|----------------------------|
| 0.01140   | 80      | 0.005027               | 2.27                       |

## Referencias consultadas

Catálogo comercial, Fertor Ductil 2010 para reducciones en tuberías de Fundición Dúctil.

Catálogo comercial, De Wit para manómetros.

Válvulas y conexiones del pacífico S.A.C, para filtros tipo “Y” bridado, unión de desmontaje autoportante, válvula compuerta bridada con elastómetro.

BERMAD, Abastecimiento de Agua, Medidores de Agua WPH 40-500 mm.

NORMA DE CONSTRUCCIÓN DE CAJA PARA ESTACIÓN REDUCTORA DE PRESIÓN PARA LA RED DE DISTRIBUCION SECUNDARIA DE ACUEDUCTO. NC-AS-IL01-04

Reglamento para el Trámite y Ejecución de Proyectos y Obras de Abastecimiento de Agua Potable y Servicio de Saneamiento destinado a Nuevos Fraccionamientos R/D N° 689/00 del 15/06/00.

Reglamento para el Trámite y Ejecución de Proyectos y Obras de Abastecimiento de Agua Potable y Servicio de Saneamiento destinado a Conjuntos Habitacionales excepto M.E.V.I.R. R/D N° 690/00 del 15/06/00.

Línea Polietileno de Alta Densidad para Conducción Agua Potable y Riego. Catálogo de productos TIGRE.

Dimensionado de válvulas reguladoras de presión, MANKENRBERG.

Conexiones de electrofusión. Catálogo de productos TIGRE.

Reglamento para la prestación de servicios (RPS), OSE.

BERMAD, abastecimiento de agua, válvulas de control hidráulicas Series 700 y 800.

TUBACERO, S.A. Catálogo general.