

# 7.

## VÁLVULAS DE CONTROL DE PRESIÓN

---

Generalmente son llamadas válvulas de reducción de presión (Pressure Reducing Valves, PRV) aunque pueden configurarse para mantener una presión determinada (PSV, Pressure Sustain Valve) o controlar el flujo (FCV, Flow Controlled Valve). Inicialmente estas válvulas sólo eran capaces de proporcionar una presión de salida constante pero los últimos avances tecnológicos han proporcionado válvulas de control mecánico, hidráulico y electrónico capaces de variar la presión de salida.

### **7.1. Introducción: válvulas de reducción de presión**

Las válvulas de reducción de presión se pueden clasificar en dos grandes grupos: válvulas con control y válvulas sin control.

#### *7.1.1. Válvulas sin control*

- Válvulas de salida fija

Se caracterizan por mantener la presión de salida constante a un valor prefijado previamente. Una PRV de salida fija generalmente estará formada por la válvula principal y una válvula piloto. La válvula piloto hidráulica es la encargada de controlar la posición de la válvula principal mediante el ajuste de la presión en una cámara de control que mueve el elemento principal de la válvula arriba o abajo según convenga. Este movimiento modifica la sección que atraviesa el agua en la válvula principal manteniendo la presión de salida constante. Para ajustar y calibrar la presión aguas abajo se suele realizar mediante un tornillo de ajuste situado en la válvula piloto.

- Válvulas de reducción constante

En este caso la PRV reducirá la presión un valor constante respecto a la presión de entrada. Por lo tanto si existe un perfil diario aguas arriba de la válvula, debido el comportamiento de la válvula, este perfil se repetirá aguas abajo.

Mediante la instalación de un contralor las válvulas se pueden modular por tiempo, caudal o fijando una presión de salida fija:

#### *7.1.2. Válvulas controladas*

- Válvulas moduladas por tiempo

Donde la presión de salida depende del momento del día.

- Válvulas moduladas por caudal:

La presión de salida de la PRV es determinada por el caudal de agua que pasa a través de un caudalímetro como consecuencia del consumo producido dentro del área de influencia de la válvula.

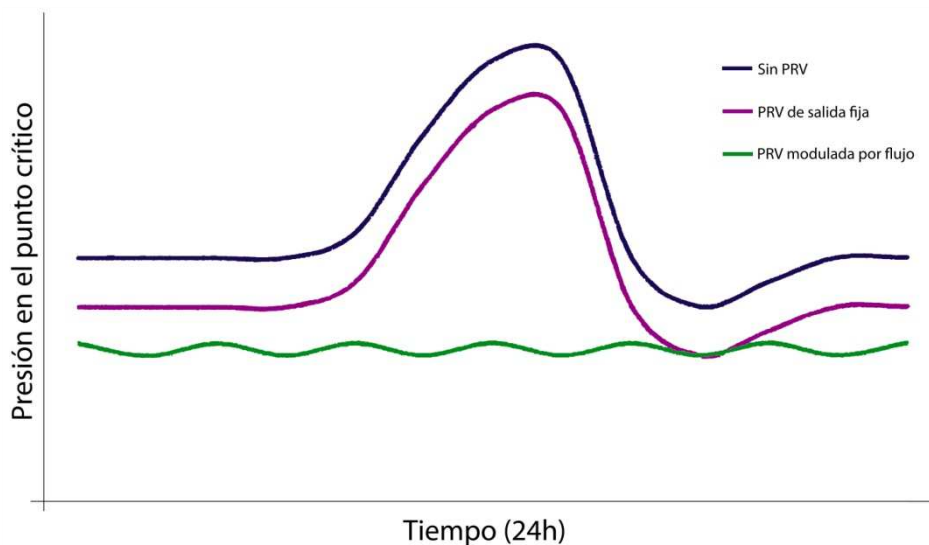
Durante los momentos de menor consumo la PRV se cerrará para reducir la presión y, en los momentos de mayor consumo, la PRV se abrirá. El caudalímetro puede estar separado de la PRV (normalmente se aprovecha el caudalímetro del sector), en cuyo caso el controlador tendrá una salida electrónica y utilizará una curva preprogramada flujo/presión para ese sector que ajustará la válvula a la posición deseada en cada momento. También puede estar integrado en la válvula. En este caso suele consistir en un orificio o Venturi donde el diferencial de presión es función del flujo y puede interactuar directamente con el sistema de control hidráulico para posicionar la válvula correctamente.

- Válvulas moduladas por presión:

La presión de salida de la PRV es ajustada en función de la presión en un determinado punto aguas abajo, soliendo ser el punto suele ser el punto crítico del sistema. Este sistema de control permite garantizar un correcto nivel de presión en este punto.

- Válvulas controladas a tiempo real:

La válvula reacciona a tiempo real a cambios de demanda mediante una conexión con un punto de presión crítica o el flujo medido en un punto determinado del sector.



**Figura 9:** Variación diaria de presión en el punto crítico para varios tipos de PRV.

La figura 9 muestra el efecto de los diferentes tipos de PRV (salida constante y modulada por flujo) en un punto aguas abajo del sistema de control. En el mercado existen una gran variedad de tipos de válvulas de cada uno de estos tipos.

Todas estas válvulas estas válvulas están formadas principalmente pos dos elementos:

- Mecanismo principal de la válvula: es el responsable de la reducción de presión.
- Sistema de control: se encarga del mantenimiento del sistema a la presión deseada.

El mecanismo principal de la válvula puede ser de varios tipos: mariposa, diafragma, compuerta, globo, etc.

El sistema de control de cualquier tipo de válvula puede ser tanto eléctrico como mecánico. Asimismo, el movimiento de la válvula puede realizarse aprovechando la diferencia de presión del fluido o mediante elementos externos

Las PRV destinadas a mantener una caída de presión de salida constante suelen estar operadas por:

- Diafragma accionado por muelle: muy fiable, no disponible para grandes tamaños, presión de salida puede variar, coste contenido para pequeños sectores.
- Pistón: disponible para grandes tamaños, gran duración, buen servicio.
- Diafragma: sensibles, muy exactas, aptas para un amplio rango de flujos.
- Elementos flexibles: Bajo mantenimiento, respuesta suave ante cambios de flujo.

Las PRV operadas mediante pequeños pesos ya no están disponibles y la mayoría ya han sido convertidas utilizando modernos sistemas de control.

## **7.2. Tipos de válvulas de reducción de presión**

Existen diferentes modelos y mecanismos de funcionamiento para las válvulas de control de presión. Antes de su instalación se debe estudiar con detenimiento las características del área donde se instalarán para su correcto funcionamiento.

### **7.2.1. Válvula de compuerta y mariposa**

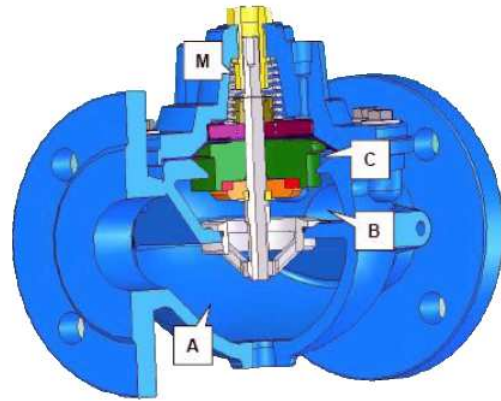
Las válvulas de compuerta y de mariposa son válvulas que generalmente trabajan abiertas o cerradas, pero que bajo circunstancias favorables pueden utilizarse para controlar la presión (baja diferencia de presiones). Este tipo de válvulas son poco utilizadas debido a la falta de precisión para el control de presión.

No obstante, actualmente algunas compañías de agua las utilizan para tuberías de grandes diámetros donde la instalación de otros tipos supondría unos costes muy elevados. En este caso se deben acompañar de un equipo electrónico de control.

### **7.2.2. Válvula de regulación por membrana y muelle**

Las válvulas de regulación por membrana funcionan gracias a la energía del propio fluido. La presión en la entrada aguas arriba (cámara A) impulsa el llenado de la cámara bajo la membrana. La presión del agua dentro de la cámara superior se suma a la del muelle (M) y se oponen al ascenso del conjunto de obturador y membrana (C), impulsado por la presión del agua de entrada (ver figura 10).

Están diseñadas para producir una presión de salida constante pero en la práctica pueden proporcionar mayores presiones de salida ante flujos bajos que para flujos altos.

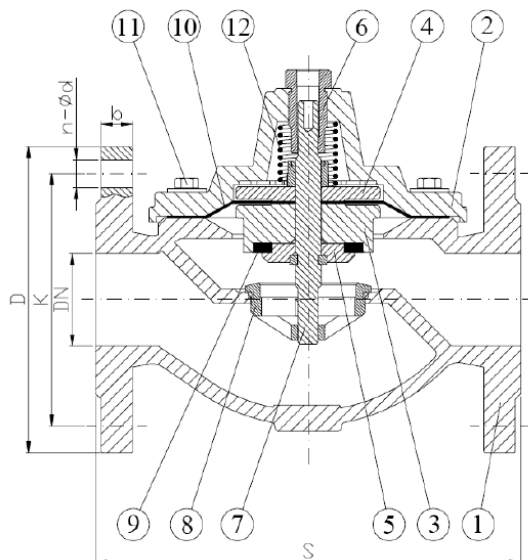


**Figura 10:** PRV regulada por membrana y muelle.

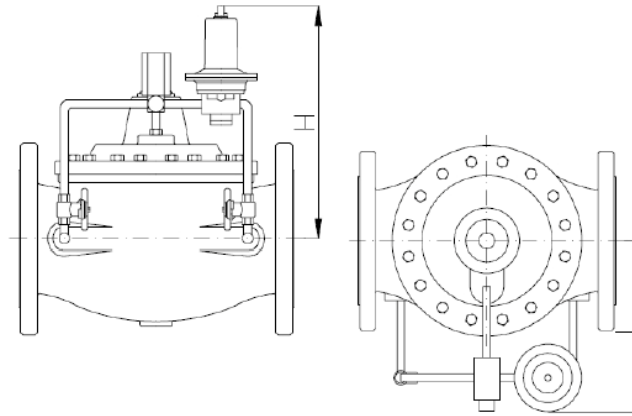
La figura 11 muestra una válvula PRV genérica que consiste esencialmente en un muelle que actúa sobre un diafragma la parte inferior del cual está conectada a un eje. En el mismo eje hay acoplada una válvula que controla la diferencia de presión a través de ella. El valor de la presión de salida (constante), se ajusta cambiando la presión que realiza el muelle sobre la membrana.

El espacio entre el cuerpo del asiento y el obturador regula la resistencia hidráulica de la válvula. Este espacio se mantiene en condiciones de equilibrio, para cualquier flujo, debido a la diferencia de presiones de entrada y salida. La presión aguas abajo es mantenida constante debido a la fuerza que realiza el muelle hacia abajo y a la fuerza producida por la presión de entrada sobre el área del diafragma y la presión de la cámara inferior.

Una modificación en el flujo y, consecuentemente, de la presión aguas arriba modifica el equilibrio de fuerzas y puede inducir un aumento de presión aguas abajo (reducción del flujo) o una disminución (aumento del flujo).



Nº	Designación
1	Cuerpo
2	Tapa
3	Obturador
4	Arandela de la membrana
5	Aro retenedor
6	Guía del eje
7	Eje
8	Cuerpo del asiento
9	Junta del asiento
10	Membrana
11	Tornillo y arandela
12	Muelle



**Figura 11:** Esquema de una válvula PRV regulada por membrana y muelle.

Si consideramos un incremento en el flujo, inicialmente se producirá una caída de presión en la cámara aguas abajo. Esto modificará el equilibrio y permitirá al muelle ejercer presión hacia abajo y devolver la presión establecida en la parte inferior del diafragma. El movimiento hacia abajo del diafragma mueve el eje también hacia abajo permitiendo un mayor espacio entre la boquilla y el asiento. El mayor espacio hace disminuir la resistencia hidráulica y permite el aumento de la presión aguas abajo. Este proceso proseguirá hasta que se vuelva a hallar el equilibrio dentro de la válvula.

Una disminución de la demanda iniciará un proceso similar excepto que el aumento inicial de presión comporta una disminución en la abertura de la válvula.

#### 7.2.2.1. Características principales:

Coefficiente de caudal:

La curva característica hidráulica de cualquier componente relaciona caudal y diferencia de presión mediante una función cuadrática:

$$\Delta P = (1/K_v) \cdot Q^2$$

Donde,

$$\Delta P \text{ (Unidades de presión: bar): } \Delta P = P_{\text{entrada}} - P_{\text{salida}}$$

Al hallarse entrada y salida de la válvula a la misma cota altimétrica, la ecuación de Bernoulli se reduce a  $\Delta P = h_p$ .

$K_v$  (unidades de caudal:  $\text{m}^3/\text{s}$ ) Coeficiente de caudal: es un parámetro constante para cada modelo y tamaño de válvula (haciendo pasar agua potable a  $20^\circ\text{C}$  y sin aditivos que alteren su densidad  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ).

El coeficiente de caudal ( $K_v$ ) indica la capacidad de caudal en  $\text{m}^3/\text{s}$  que puede pasar por la válvula producida por la diferencia de presión de 1 bar.

$$Q(\text{m}^3/\text{s}) = K_v((\Delta P)^{1/2}) = K_v \text{ (Si } \Delta P=1 \text{ bar)}$$

*Pérdidas de carga:*

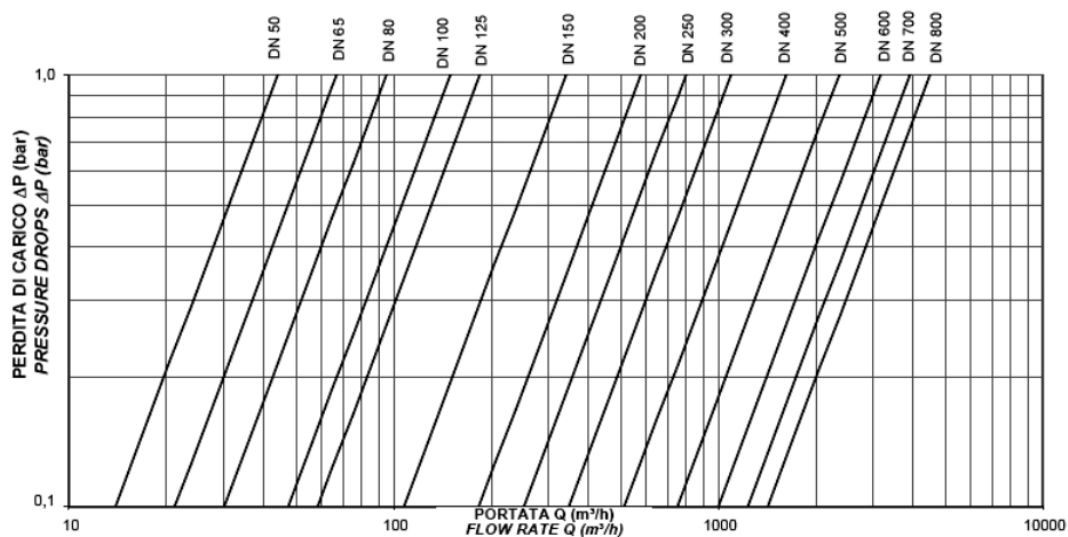
La pérdida de carga singular (que por parte de la Ec. de Bernouilli  $h_p = \Delta P$ ), la diferencia de presión y la velocidad del agua en el estrangulamiento de la válvula se relacionan mediante el Coeficiente de Pérdidas de Carga:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \xi \cdot (v^2 / (2 \cdot g)) \quad (\text{Presiones en m.c.a.})$$

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \xi \cdot (v^2 / 2 \cdot g \cdot 10.197) \quad (\text{Presiones en bar})$$

Donde,

$\xi$  (adimensional): coeficiente de pérdidas de carga

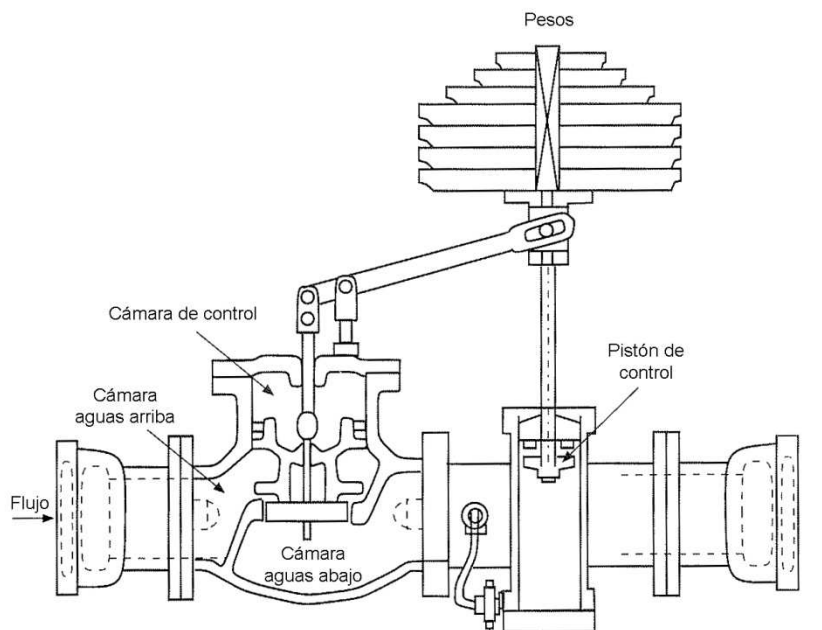


**Figura 12:** Diagrama de pérdidas de carga para válvulas de paso total abiertas al 100% (fuente: Pradinsa)

A partir del diagrama de pérdidas (figura 12) correspondiente se obtiene el rango de obertura óptimo de trabajo. En el caso de las válvulas de regulación de membrana es rango suele estar entre el 25% y el 75% de abertura.

### 7.2.3. Válvula operada mediante peso externo

Estas PRV utilizan la fuerza de los pesos y la presión en la cámara aguas abajo actuando sobre el pistón para un flujo determinado (ver figura 13). La utilización de este tipo de válvulas es cada vez menos común.



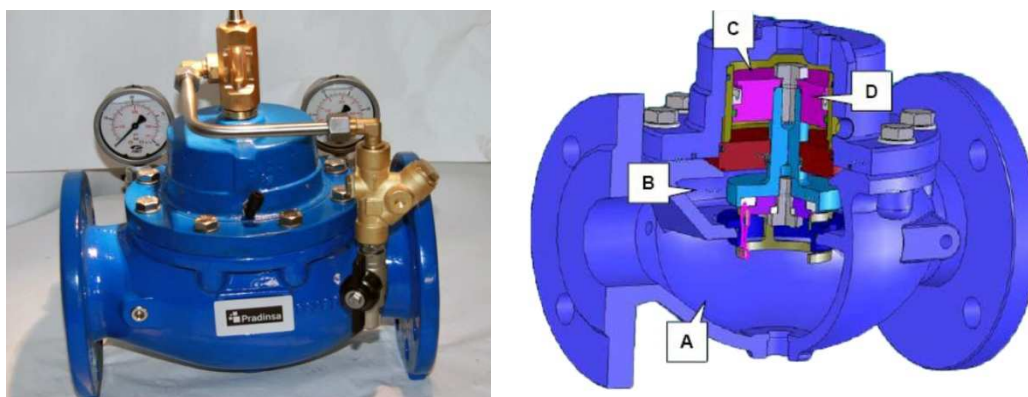
**Figura 13:** Esquema PRV operada por peso externo.

La posición de la válvula se sitúa de manera permite que el gradiente de presiones a través de la válvula sea tal que el valor aguas abajo sea equivalente a los pesos y a la presión aguas arriba.

El funcionamiento es similar al de la válvula de regulación por membrana. Un cambio en el ratio de flujo modifica el equilibrio y los componentes de la válvula cambian hasta lograr el nuevo equilibrio.

#### 7.2.4. Válvula operada mediante pistón

Las válvulas de regulación por pistón funcionan gracias a la energía del propio fluido, cuya presión en su entrada aguas arriba (cámara A) impulsa el llenado de la cámara (C) sobre el pistón (D). La cámara aguas abajo viene representada por B (ver figura 14).



**Figura 14:** PRV operada mediante pistón.

#### 7.2.4.1. Válvulas de pistón pilotadas

Para el efecto de cierre real desde la cámara aguas arriba (A), la presión puede no ser la original (aguas arriba) sino que puede haber sido comparada con la presión de ajuste de una válvula piloto, y ajustada según la función deseada.

A ella hacen frente las presiones desde las cámaras B y C: casi en cualquier grado de abertura de la válvula, mientras se hallen comunicadas, formarán una misma cámara a la presión de la red aguas abajo.

#### 7.2.4.2. Válvula reductora proporcional de presión (no pilotada)

El conjunto móvil forma una superficie expuesta a la presión aguas abajo, justo sobre el obturador, que no se presenta en las válvulas de membrana. El efecto resultante es una cámara adicional (C) en lugar del muelle, cuya presión en las válvulas de membrana era una fija.

Las fuerzas (no presiones si no productos presión x superficie) a las que hace frente el fluido entrante (lado aguas arriba) en la cámara (A) es la suma de:

- La fuerza sobre la cámara (C), por la presión aguas arriba (sin pilotaje).
- La fuerza producto de: presión en la cámara (B) x superficie expuesta a la misma sobre el obturador.

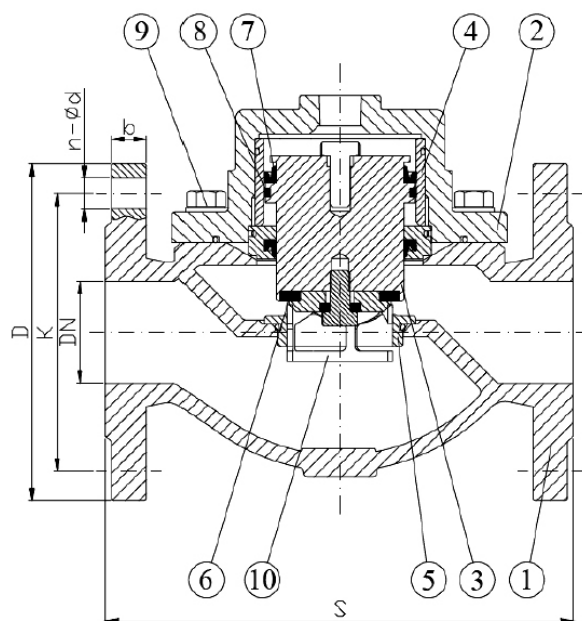
#### 7.2.4.3. Características comunes a ambas válvulas

la válvula tiende a cerrar con el aumento de la presión en la cámara (C) y tiende a abrir cuando la presión en (C) disminuye (ver figura 24). No habiendo muelle, la proporción constructiva entre superficies expuestas es el factor decisivo (y además multiplicador en el caso de la válvula reductora proporcional) a favor del cierre de la válvula principal.

El área de la parte superior del pistón es mayor que la inferior permitiendo que la presión aguas abajo, que es inferior que aguas arriba, ejerza su presión y pueda lograrse el equilibrio.

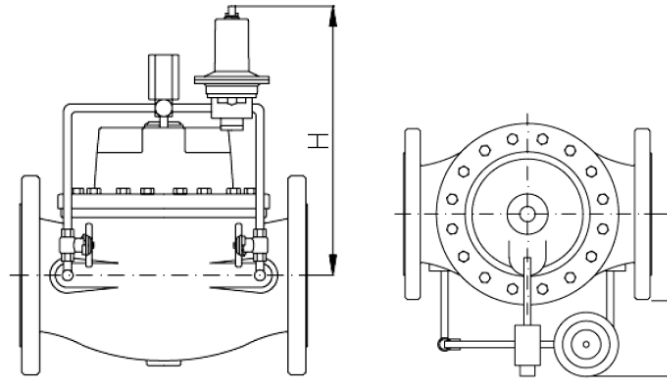
Este tipos de válvula deben instalarse siempre horizontalmente.

La figura 15 muestra el esquema de este tipo de válvulas.



Nº	Designación
1	Cuerpo
2	Tapa
3	Obturador
4	Camisa de guía del pistón superior
5	Anillo de asentamiento
6	Asiento
7	Sello labiado
8	Anillo guía
9	Tornillos y tuercas
10	Vee-port

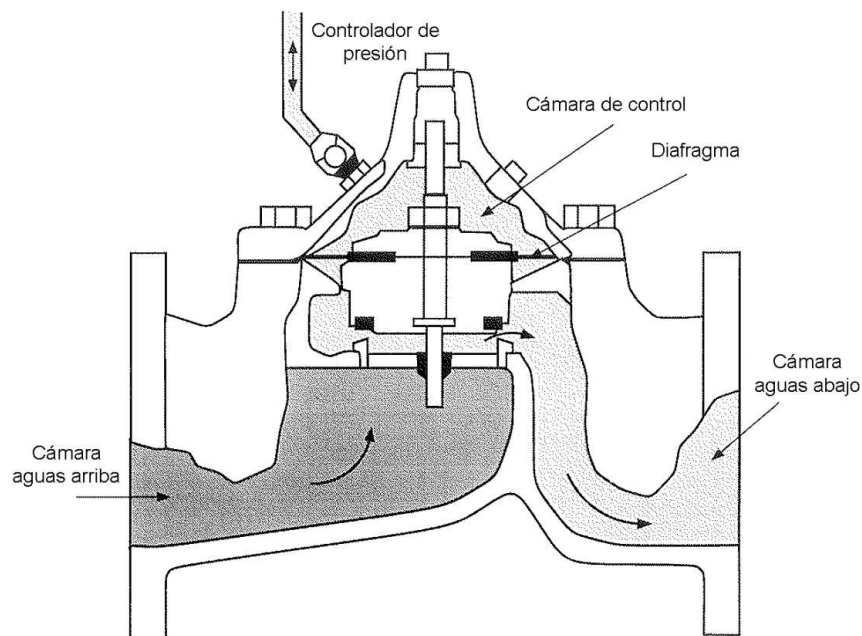




**Figura 15:** Esquema PRV operada mediante pistón.

#### 7.2.5. Válvulas operadas mediante diafragma

Operan exactamente de la misma forma que válvula de pistón descrita anteriormente. La figura 16 muestra un esquema de los componentes principales de la válvula.



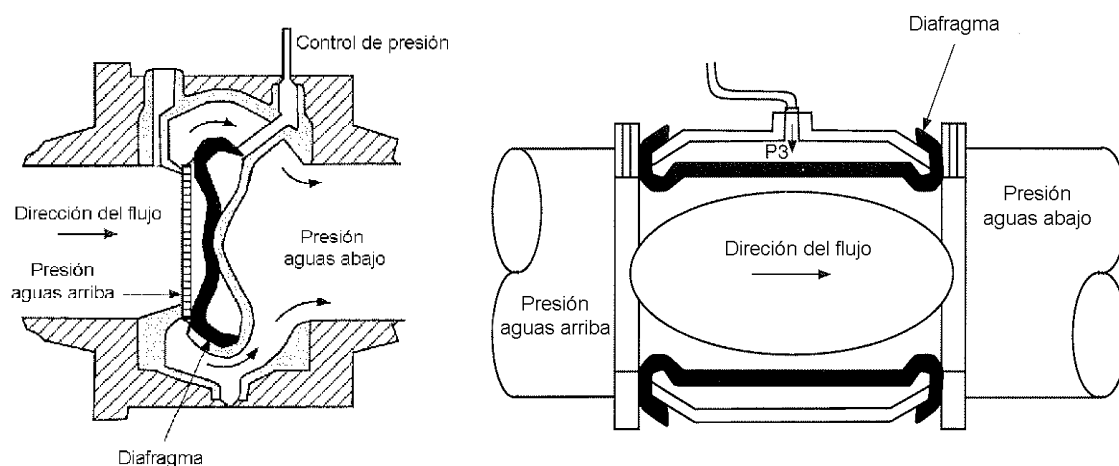
**Figura 16:** Esquema PRV operada mediante diafragma.

El pistón es reemplazado por un diafragma y una superficie de asiento. El diafragma también puede romper pero su instalación no es tan crítica como la válvula de pistón.

### 7.2.6. Válvula operada mediante una manga flexible

Esta válvula utiliza como diafragma un tubo de goma (figura 16). La posición del diafragma es mantenida en posición gracias al balance de fuerzas entre la presión aguas arriba y una presión derivada del piloto de control.

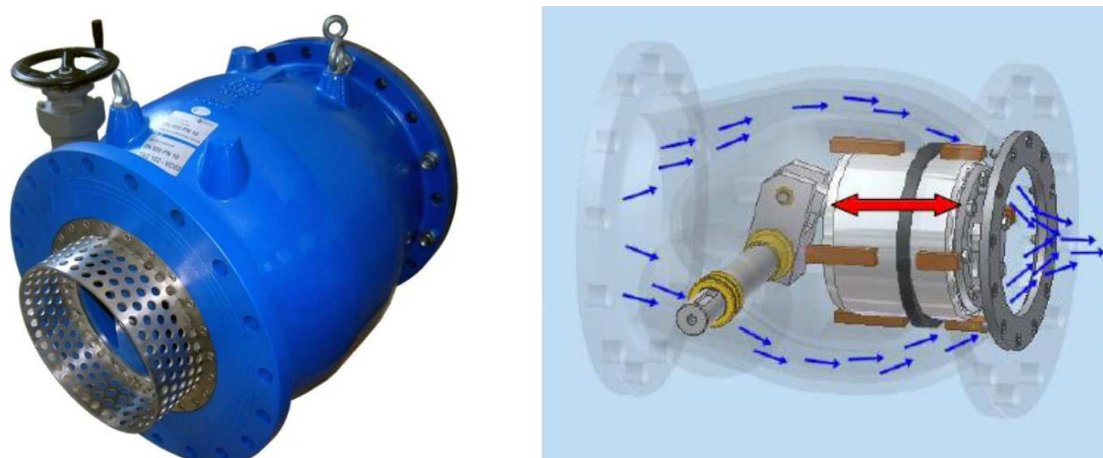
El fallo más grave es la ruptura del diafragma, por norma general se deberá proceder a retirar la válvula de la tubería para su mantenimiento y reparación.



**Figura 17:** Esquema PRV operada manga flexible.

### 7.2.7. Válvula de regulación anular

Se trata de unas válvulas relativamente nuevas. El obturador se desplaza axialmente respecto el flujo principal de agua, incluso en su mismo sentido hacia el asiento del cierre (figura 18). La cubierta dentro de la cual retrocede el obturador al abrir sirve a la vez de deflector carenado para guiar el flujo de agua, confiriéndole así la sección anular que da nombre a la válvula. Este sistema también evita ruidos, vibraciones y cavitación propios de otras válvulas. Al ser esta sección anular función lineal del grado de desplazamiento del obturador (accionado mediante mecanismo de eje, biela y cigüeñal), este tipo de válvulas ofrecen esencialmente una regulación del caudal.



**Figura 18:** PRV anular.

El guiado del flujo también sirve para transformar la energía de presión del agua en aumento de velocidad, y para enfocar las burbujas y la cavitación hacia el centro de la sección de salida, lejos de todo contacto con los componentes de la válvula o de la conducción aguas abajo (figura 19).

Así, en estas válvulas, las pérdidas de carga, que son más elevadas por debajo de un 40% del grado de la abertura, se reducen considerablemente al superarse el 50% de la abertura.

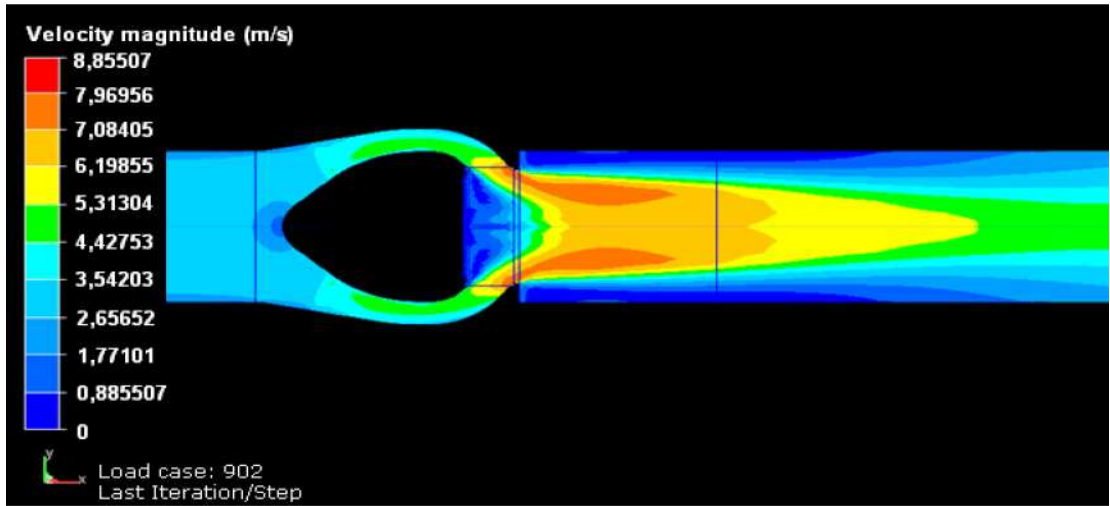


Figura 19: PRV anular, campo de velocidades. (Fuente: Pradinsa)

Componentes de la válvula anular y características constructivas (figura 20):

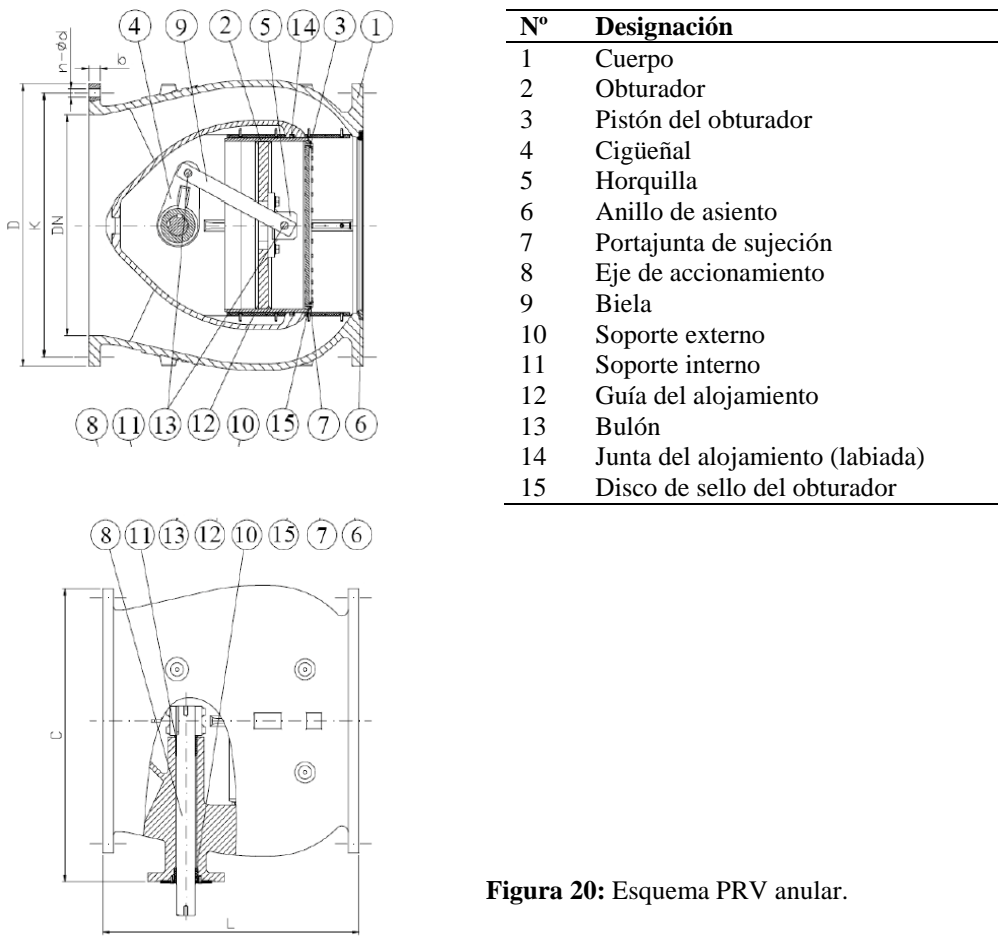
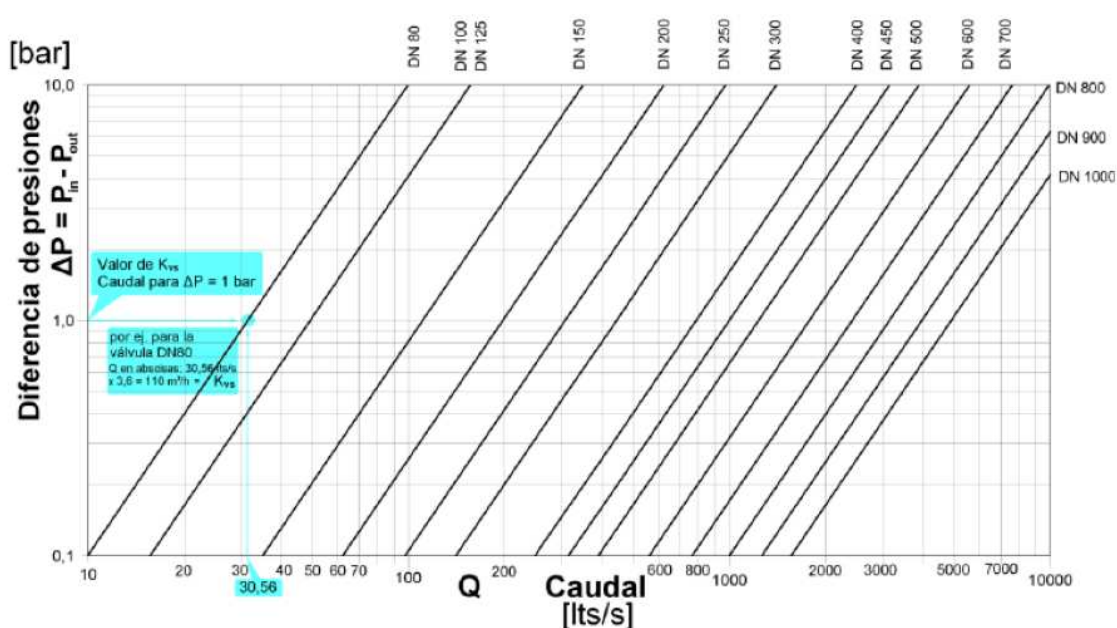


Figura 20: Esquema PRV anular.

En las válvulas de regulación de paso anular no es necesario contrarrestar fuerzas en las cámaras a presión de aguas arriba y aguas abajo, por lo que apenas se consume energía para su funcionamiento

- El mecanismo de movimiento del obturador consta de una manivela (cigüeñal) de acero de carbono niquelado, siendo los bulones, el eje y la biela realizados en acero inoxidable. Los soportes del eje y otros componentes rotatorios son de bronce, cuyo deslizamiento por acero inoxidable minimiza la fricción y la adhesión de incrustaciones.
- El obturador, cuyas superficies se hallan realizadas en acero inoxidable, se desliza entre guías también de bronce, resultando un conjunto robusto y estable, el cual proporcionará condiciones de mínimos rozamientos y adhesión de incrustaciones.
- El disco de sello del obturador, en PTFE (teflón) está protegido, alojado en una ranura del obturador, a su vez de acero inoxidable. La combinación de ambos materiales garantiza un cierre perfectamente estanco, y también, cuando es preciso, un fácil acceso para recambio.
- El asiento, en acero inoxidable, también es de fácil acceso para inspección y recambio.
- El labio de la junta del alojamiento, en elastómero NBR reforzado y conformado para resistir la abrasión, garantiza una perfecta separación entre las aguas.



**Figura 21:** Relación presión de entrada-salida respecto al caudal en función del diámetro de la válvula anular (fuente: Pradinsa).

Grado de abertura óptimo:

La forma de trabajo óptima de las válvulas de regulación de paso anular es:

- En el rango entre el 10% y el 40% de abertura cuando se acepta una gran disipación de energía.
- En el rango entre el 50 y el 90% de abertura cuando se precisa que las pérdidas de carga sean reducidas.

### **7.3. Sistemas de control de presión:**

#### *7.3.1. Control de presión de salida*

Las válvulas se pueden englobar en dos grandes grupos según sea la presión de salida que proporcionen. Válvulas de control de presión de salida constante o variable.

##### *7.3.1.1. Control de presión de salida constante*

Este tipo de control normalmente corresponde a zonas aisladas alimentadas con una sola PRV. La presión de salida de la PRV se fija mediante la modificación de la compresión del muelle de válvula piloto, para que, bajo condiciones de flujo máximo, la presión se mantenga en el valor deseado. Esta presión se calcula teniendo en cuenta 3 factores.

- El nivel de servicio requerido
- La diferencia de cota entre la válvula y el punto crítico.
- Las pérdidas de fricción producidas en el sistema.

También deberían tenerse en cuenta posibles demandas extraordinarias.

Una desventaja de este tipo de instalación es que la presión de salida de la válvula es transferida a todo el sistema aguas abajo ante una baja demanda no logrando la máxima disminución de pérdidas posible.

Algunas de las desventajas de este sistema se pueden reducir si la zona puede ser alimentada desde dos puntos (o más) y por consiguiente reduciendo las pérdidas por fricción en la tubería. Esta situación puede no ser demasiado práctica si se utilizan válvulas piloto mecánicas puesto que una falta de resistencia mecánica puede cerrar una de ellas. Situando la presión de salida de una ligeramente superior a la otra cerrará esta última automáticamente ante bajos cuando las inestabilidades son más importantes.

##### *7.3.1.2. Control de salida de presión variable*

###### *(a) Control hidráulico*

Estos sistemas permiten modular mecánicamente la presión de salida de una PRV de acuerdo al flujo que pasa por el interior de la válvula. Esto es logrado mediante la adición de equipamiento fijado fuera de la PRV.

Todos estos sistemas están configurados de forma que ante flujos bajos el muelle de la válvula piloto es colocado en el nivel de servicio del punto. La presión de salida después es modulada para compensar las pérdidas de fricción del sistema.

La presión de salida de la válvula varía para mantener constante la presión en el punto crítico.

Ventajas:

- No requiere una fuente de alimentación externa.
- Costes de instalación solo ligeramente superiores a una presión de salida fija.

Su principal desventaja es la relativa dificultad de colocación del sistema.

(b) *Modelos electrónicos*

La llegada de los sistemas basados en modelos electrónicos ofrecen la posibilidad de disminuir la variación diaria en una zona permitiendo la variación de la presión de salida de la válvula en función del tiempo y de la demanda del sistema. Muchos de estos sistemas utilizan válvulas solenoides, para aislar el piloto y controlar el flujo desde la parte de arriba de la válvula de control hasta la cámara operativa y desde la cámara operativa hasta el lado aguas abajo de la válvula.

Ante condiciones anormales, por ejemplo un fallo, la válvula de solenoide se abre totalmente y el piloto mecánico coge el control.

Actualmente existen 3 métodos básicos de control:

- 1) Aumento o disminución de la presión dependiendo de la hora del día permitiendo tener en cuenta las variaciones de caudal y las pérdidas por fricción función de este.

Ventajas: No necesita caudalímetro, sistema de control simple (medida de presión aguas arriba y reloj).

Desventajas: No existe compensación debido a un flujo anormal, por lo tanto, se deben fijar unos márgenes de seguridad para garantizar el servicio mínimo.

- 2) Conectando el sistema de control a un caudalímetro adyacente a la válvula de reducción de presión y, mediante una tabla, permitiendo una presión elevada de salida cuando el flujo es alto para compensar las pérdidas de presión entre la válvula y un punto remoto.

Ventajas: La válvula se situará cerca del caudalímetro evitando una conexión para la transmisión de información entre ambos elementos.

Desventajas: Debido a que el sistema no tiene ninguna conexión con el punto remoto la relación entre el flujo y la presión de salida en cada zona particular debe ser calculada o medida experimentalmente y introducida en el sistema de control mediante una tabla. Debe ser añadido un margen de seguridad al controlador para las demandas fuera de lo normal.

- 3) Calculando la presión en el punto crítico del sistema de distribución. El sistema de control permite trabajar a la válvula en función de la presión deseada en el punto crítico.

Ventajas: Es un sistema ideal para mantener la presión más baja posible en el punto crítico. Correcciones automáticas son llevadas a cabo para demandas anormales o impredecibles. Instalaciones de varias válvulas son controladas desde el mismo punto, son posibles por lo tanto mayores reducciones de presión en la zona.

Desventajas: Es necesario un sistema de comunicación entre el punto crítico y las válvulas. Costes de mantenimiento y funcionamiento más elevados.

### 7.3.2. *Mecanismos de regulación*

El conjunto muelle y diafragma mostrado anteriormente es un sistema de control que puede considerarse autopilotado. Los tamaños de estas válvulas no suelen superar los 150 mm

debido a que a partir de estas dimensiones las válvulas se vuelven extremadamente caras y a que tenderán a proporcionarnos mayores presiones de las deseadas ante bajos flujos y inferiores para grande flujos (cuanto más grande sea la válvula mayor será esta diferencia).

Las válvulas de mayor diámetro normalmente están “pilotadas” por otra menor. Estas válvulas piloto son mucho menores que la principal, el muelle y el diafragma vuelven a ser efectivos y sus desventajas se minimizan.

De esta forma los tipos de PRV explicados anteriormente son controlados utilizando una presión derivada de la válvula piloto que será mecánicamente amplificada actuando sobre unos pistones o diafragmas de área mayor de tal forma que se consigue la fuerza necesaria para actuar sobre la válvula principal.

La presión derivada de la válvula piloto actúa sobre la válvula principal para oponerse a las fuerzas derivadas de la presión aguas arriba.

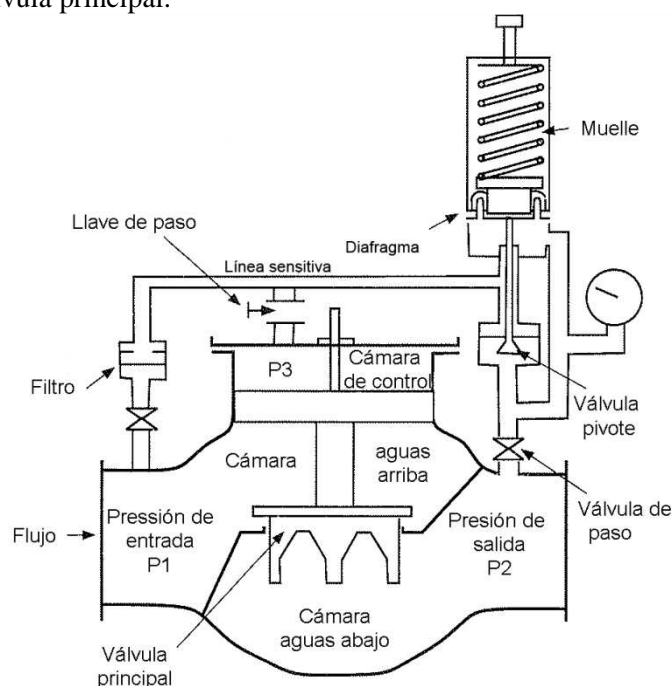
Cuando las fuerzas están en equilibrio el elemento de la válvula está exactamente en la posición correcta para mantener la presión requerida. Este estado de equilibrio también puede lograrse utilizando válvulas de solenoide.

A continuación discutiremos ambos métodos:

#### 7.3.2.1. Válvula piloto

La válvula piloto, utilizada como orificio variable, recibe mediante su diafragma la presión de la cámara de salida de la válvula principal. Esta válvula está conectada a la presión aguas arriba mediante una serie de elementos; filtros, orificios, llaves de paso y conexiones.

Una conexión permite la introducción de un sistema de control de presión, utilizado para actuar sobre la válvula principal.



**Figura 22:** Válvula piloto.

La figura 22 se muestra una válvula de reducción de presión controlada mediante una válvula piloto.

La presión de salida deseada se fija mediante la compresión del muelle. El gradiente permite introducir una presión de control en la cámara que es amplificada mecánicamente y ejerciendo una fuerza sobre en la parte superior del mecanismo principal de la válvula. El lado inferior está en contacto con la presión de entrada que realiza una fuerza opuesta.

El balance de estas fuerzas sitúa el mecanismo principal de la válvula en la posición correcta dejando un espacio suficiente para el flujo necesario en ese momento.

Supongamos que es necesaria una mayor demanda. Consecuentemente aumentará el flujo a través de la válvula con las siguientes consecuencias:

La presión en la cámara aguas abajo disminuirá momentáneamente debido a que el espacio dejado por la válvula en ese momento será el correspondiente al equilibrio previo. La caída de presión aguas abajo permite que el muelle ejerza presión sobre su diafragma (en contacto con la presión aguas abajo) permitiendo a la válvula abrirse y llegar a la nueva posición de equilibrio.

Esto permite un mayor flujo a través de la línea sensitiva lo que provocará una mayor fricción. Este aumento de fricción provocará una reducción de presión en la cámara de control permitiendo a la válvula abrirse. La disminución de resistencia hidráulica a través de la válvula permitirá aumentar la presión aguas abajo y cerrar la válvula piloto llegando a una nueva posición de equilibrio.

Una reducción en el sistema de distribución derivará en un aumento momentáneo de la presión en la cámara aguas abajo provocando el cierre de la válvula piloto. La reducción del flujo en la “línea de control” provoca un aumento de presión en la cámara de control lo que moverá el mecanismo principal hacia abajo permitiendo restablecer de nuevo el equilibrio.

En esencia, es un proceso de prueba y error que oscila hasta llegar al equilibrio. Es importante darse cuenta de que una PRV no se ajusta instantáneamente. La velocidad de ajuste es una característica ajustable en cada PRV. Si el ajuste es demasiado rápido quizás la válvula nunca llegará a la posición de equilibrio.

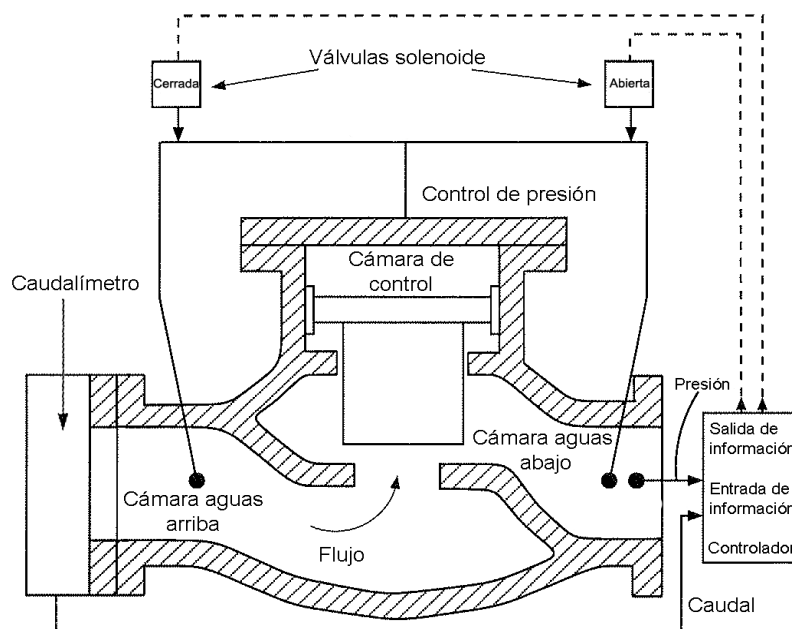
La válvula piloto puede convertirse en una de control de flujo modulado en la cual la presión de salida varía de acuerdo con el flujo para compensar las pérdidas de presión entre el PRV y el punto de estudio.

Algunas válvulas piloto se cierran de forma que al llegar al equilibrio no pasa más agua a través de ellas.



### 7.3.2.2. *Válvula solenoide*

Es posible reemplazar las válvulas hydro-mecánicas por sistemas electromagnéticos llamados válvulas solenoides. Una válvula solenoide consiste en una espiral rodeada de un cilindro de hierro. Cuando fluye una corriente a través de la espiral el campo magnético hace subir el cilindro verticalmente. Por lo tanto la aplicación de esta corriente hace abrir o cerrar la válvula.



**Figura 23:** Válvula solenoide.

La figura 23 ilustra una PRV controlada a través de una válvula de solenoide. La solenoide correspondiente a la presión más alta se llama “cerrada” y la que corresponde a la más baja “abierta”. Las solenoides están conectadas a un controlador que compara la presión de entrada con las instrucciones programadas y desde donde son enviadas las órdenes de funcionamiento según se necesite una u otra solenoide.

Cuando la válvula principal proporciona los parámetros correctos de salida el controlador cierra las dos válvulas solenoides. En caso de producirse un cambio de presión aguas abajo tiene lugar la siguiente secuencia de comandos:

Supongamos inicialmente que el flujo a través de la válvula disminuye. La presión de salida aumentará, el controlador lo percibirá y pondrá en funcionamiento la solenoide “cerrada”. Esto permitirá a la mayor presión introducirse bajando la válvula y disminuyendo el espacio por el que pasa el agua. Esto reduce la presión de salida la cual será comprobada por el controlador hasta que una vez alcanzada la presión de salida cerrara las válvulas solenoides.

En caso contrario, si el flujo aumenta, la presión en la cámara inferior disminuirá y el controlador lo detectará. El solenoide “abierto” se pondrá operativo reduciendo la presión de control. Esta acción permitirá el paso de la presión mayor hacia la cámara de control de presión disminuyendo la presión en ella. De esta forma subirá la válvula y aumentará el espacio disponible para el paso del agua aumentando así la presión aguas abajo. El controlador cerrará la válvula solenoide una vez alcanzada la presión deseada.

Este tipo de sistema es ideal para control de presión por modulación del flujo.