

# La Guía Definitiva

de las válvulas de control independientes de la presión

Manual técnico V2

Introducción	Página
<b>Explicación de las PICV</b>	<b>7</b>
¿Qué es una PICV?	8
¿Cuál es la diferencia entre una PICV y una PICCV?	9
¿Cuándo utilizar las PICV?	9
¿Cómo funciona una PICV?	10
¿Qué hace una PICV?	11
<b>Control de la PICV - Consideraciones esenciales</b>	<b>13</b>
Característica de isoporcentual	14
Autoridad	15
Selección de actuador	16
Control de la temperatura del aire de suministro	17
Precisión de flujo y repetibilidad	18
Histéresis	19
Válvulas de carrera completa o válvulas de carrera limitada	20
Suspensión	21
Ajuste manual	21
Puesta en marcha remota	21
Mantenimiento DeltaT	23
Pérdidas de presión y arranque	23
Materiales	23
<b>Diseño del sistema</b>	<b>24</b>
Aislamiento	25
Juntas de unión	25
Tamaño de la bomba	25
Ubicación de la PICV	25
Montaje de flujo o retorno	26
Selección de PICV	26
Filtros	26
By-pass de limpieza y desagües de limpieza	27
Medición de flujo	27
Válvulas reguladoras adicionales	28
Válvula de control de presión diferencial	28

By-passes del sistema	28
Uso futuro de bucles de desvío	29
Control de velocidad de la bomba	29
Esquemas típicos	30
<b>Puesta en marcha del sistema</b>	<b>31</b>
Comprobaciones previas a la puesta en servicio	32
Sistema con válvulas preajustables	33
Método 1 - Configuración tras obtención de mediciones de flujo	33
Método 2: preconfigurar, medir y recortar	33
Configuración remota de válvulas por controlador BMS	34
Método 3 - Configuración en condiciones de presión descendente	34
Método 4 - Configuración en condiciones de presión ascendente	34
Puesta en marcha de sistemas incompletos	35
Puesta en servicio por puntos de referencia	35
Verificación	36
Puesta en marcha de controles	36
Actuadores 0-10v	36
Actuadores de 3 puntos	36
<b>Operación y optimización del sistema con PICV</b>	<b>37</b>
Costes del ciclo de vida	38
Exceso de flujo y DeltaT	38
Efecto de la alta presión de arranque en una válvula PICV	40
Mantenimiento de la válvula	41
Calidad del agua: qué hacer en caso de que no se mantenga	42
Ventajas del preajuste externo	43
<b>Tolerancias</b>	<b>44</b>
<b>PICV de Pettinaroli</b>	<b>47</b>
EVOPICV, PICV Axial	47
PICV rotativa	49
<b>LISTA DE VERIFICACIÓN</b>	<b>50</b>
<b>Información complementaria</b>	<b>51</b>

# Introducción

Esta guía pretende abordar las preguntas más frecuentes sobre las válvulas de control independientes de la presión (PICV) y su aplicación en sistemas de calefacción y refrigeración de agua de flujo variable. El asesoramiento proporcionado se basa en los productos y la experiencia de Pettinaroli, pero puede aplicarse por extensión a todas las PICV en general.

Esta guía se elabora con el propósito de explicar a los diseñadores, instaladores y especialistas en puesta en marcha las funciones de las válvulas y su comportamiento cuando se instalan en sistemas reales. El objetivo es asimismo garantizar que las válvulas se seleccionen correctamente y que los sistemas se diseñen y pongan en marcha de forma que se alcance el óptimo rendimiento de las válvulas. Para ello, se requerirá la aplicación de un enfoque diferente al de los sistemas más tradicionales basados en soluciones de válvulas de control de 2, 3 o 4 vías. Las PICV ofrecen el potencial de un mejor control del confort térmico y un importante ahorro energético.

Fratelli Pettinaroli se enorgullece de poder desempeñar un papel importante en la mejora de la sostenibilidad de los sistemas de climatización, ofreciendo una amplia gama de PICV para todas las necesidades. Con 500.000 PICV vendidos en todo el mundo y más de 10 años de experiencia, seguimos apostando por un sector en el que todos los actores trabajemos en consonancia para hacer de la Tierra un lugar mejor. Fratelli Pettinaroli se planteó el reto de desarrollar válvulas PICV de alto rendimiento y, de esta forma, ayudar a los usuarios a beneficiarse de todas sus potenciales ventajas asociadas. Así, damos soporte a diseñadores, contratistas, operadores de puesta en marcha y usuarios para que puedan llegar a comprender en profundidad el comportamiento operativo de las válvulas y sus características clave.

En esta guía nos centraremos en diferentes temas específicos para mejorar el rendimiento de edificios y reducir la huella ambiental, como:

- Característica de control, carrera de la válvula de control y DeltaT
- Histéresis
- Mantenimiento de una PICV
- Preajuste y puesta en marcha
- Presión de arranque
- Actuadores
- Diseño y disposición del sistema
- Calidad del agua

Esperamos que su lectura le pueda ser provechosa.

## Ugo Pettinaroli

CEO de Fratelli Pettinaroli S.p.A



# Introducción

Esta guía describe el diseño y el funcionamiento de las válvulas de control independientes de presión de Pettinaroli (PICV) y las válvulas de control caracterizadas independientes de la presión (PICCV).

Estas válvulas son ideales para su uso en sistemas de tuberías de recirculación de flujo variable y proporcionan:

- Regulación de flujo constante en condiciones de presión variable.
- Características de protección de flujo para un óptimo control.

Esta guía detalla el funcionamiento de las válvulas, sus límites operativos y las opciones de control disponibles. El objetivo es formar a los diseñadores para que puedan seleccionar la solución PICV adecuada para su aplicación específica, y aprendan a diseñar sistemas para garantizar el mejor rendimiento de las válvulas.



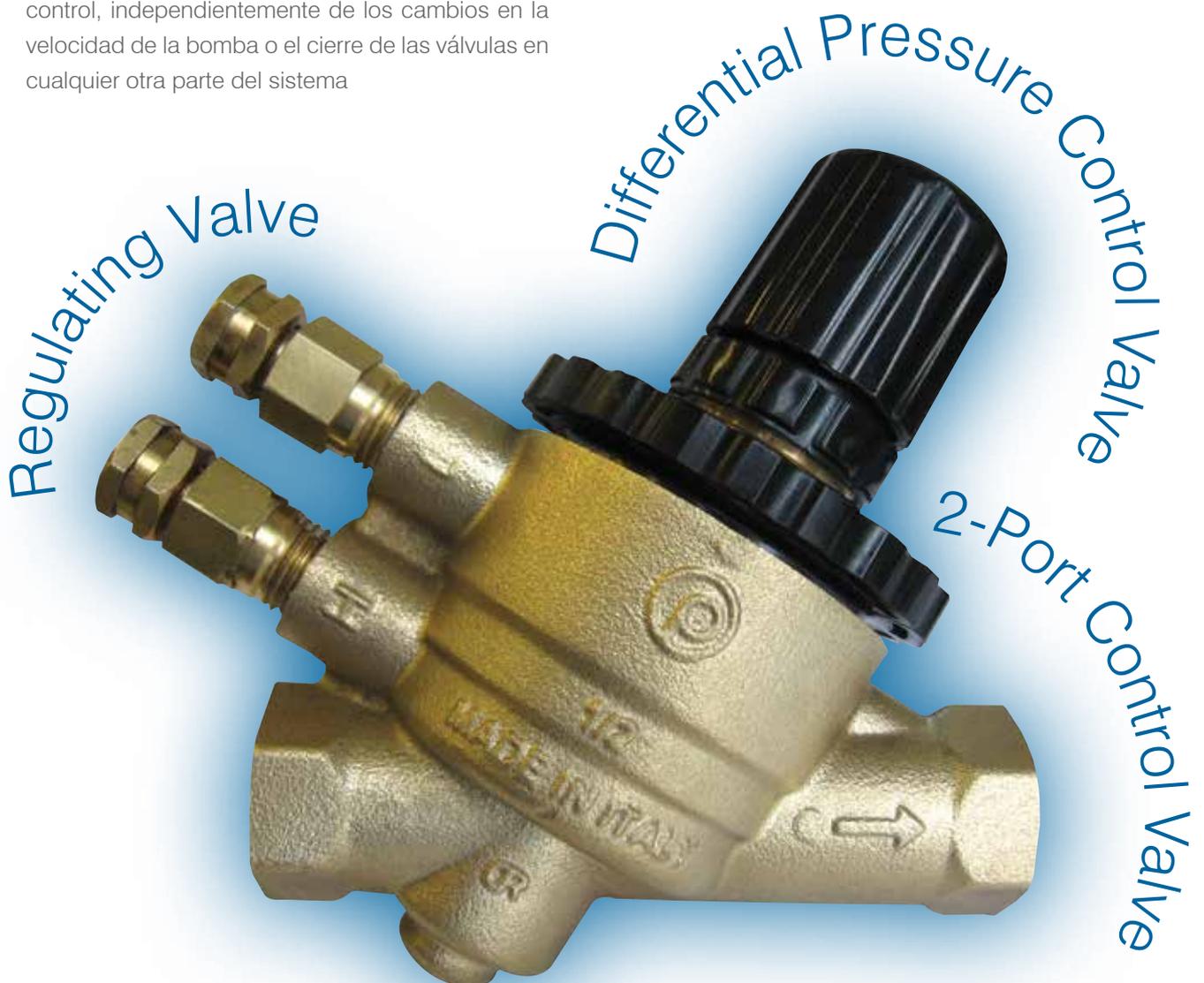
# Explicación de las PICV

## ¿Qué es un PICV?

Una PICV es una válvula que se puede instalar en sistemas de calefacción y refrigeración de agua para proporcionar:

- Control de flujo - permite llevar a cabo un control de la modulación de las salidas de calefacción/ refrigeración
- Regulación de flujo - permite establecer los caudales en los valores de diseño especificados
- Control de presión diferencial: garantiza una presión diferencial constante a través de las válvulas de control, independientemente de los cambios en la velocidad de la bomba o el cierre de las válvulas en cualquier otra parte del sistema

Esto significa que cada PICV realiza la función de hasta tres válvulas diferentes que, de otro modo, serían necesarias para el correcto funcionamiento (estas válvulas serían la válvula reguladora, la válvula de control de dos vías, más una válvula de control de presión diferencial).



**3**  
**VALVES IN**  
**1**

## ¿Qué diferencias hay entre una PICV y una PICCV?

Una válvula de control independiente de la presión (PICV) es una válvula que permite el control de modulación del caudal, pero donde la característica de flujo (es decir, la relación entre el cierre de la válvula y el caudal) puede variar según el diferencial de presión que circula a través de la válvula, la configuración del flujo de la válvula o el actuador instalado.

Una válvula de control caracterizada independiente de la presión (PICCV) proporciona un control de modulación del caudal más preciso porque la válvula tiene una característica protegida. De esta forma, la característica no se ve afectada por las condiciones de funcionamiento.

[Pettinaroli proporciona ambos tipos de válvula](#)

## ¿Cuándo utilizar las PICV?

Las PICV son la mejor solución para el control de flujos a través de unidades de tratamiento de aire, unidades de fan coil y vigas frías alimentadas desde sistemas de calefacción y refrigeración de flujo variable. Estos son sistemas en los que la velocidad de la bomba y, a su vez, el caudal varían en respuesta a la demanda de calefacción o refrigeración, lo que permite ahorrar en energía de la bomba.

Antes de que se introdujeran las PICV, los sistemas de flujo variable solían experimentar los siguientes problemas:

- Problemas de selección de válvulas: las válvulas de control de 2 vías no siempre eran adecuadas, puesto que su funcionamiento dependía de que la válvula de control de presión diferencial aguas arriba más cercana (DPCV) mantuviera una presión constante. Estos ajustes de presión no siempre eran posibles hasta la etapa de puesta en marcha.
- Ruidos de la válvula: las válvulas de control de 2 vías a veces emiten ruido debido a presiones diferenciales excesivas. Las DPCV están destinadas a proteger las válvulas de 2 vías de los excesos de presión. Si se encuentran demasiado lejos de las válvulas de 2 vías, no podrán realizar esta función.
- Control deficiente: las válvulas de control de 2 vías a menudo presentaban un rendimiento deficiente en el control de la modulación de los flujos, aunque normalmente solía ser mejor que el de las válvulas de conmutación. Dicha deficiencia solía estar provocada, de nuevo, por la mala ubicación de las DPCV, por lo que se permitía el paso de excesos de presión a través de las válvulas de control.
- Excesos y derroches energéticos: las válvulas de control de 2 vías más el equilibrio estático hacen

que el sistema se desequilibre cada vez que se trabaja en condiciones de carga parcial. Si no hay equilibrio dinámico, los excesos de presión incontrolados a través de válvulas de control de 2 vías completamente abiertas provocan un significativo derroche energético. Si se usa una característica de válvula incorrecta, no se puede mantener el diseño DeltaT, lo que genera una disminución global del rendimiento del sistema.

Las PICV consiguen mitigar todos estos problemas, mejorando así el confort térmico en el edificio y maximizando el ahorro de energía de la bomba. Se proporciona asesoramiento sobre cómo diseñar sistemas con PICV en la **GUÍA DE LA SERIE DE CONOCIMIENTOS CIBSE KS7 SISTEMAS DE TUBERÍAS DE FLUJO VARIABLE (CIBSE KNOWLEDGE SERIES GUIDE KS7 VARIABLE FLOW PIPEWORK SYSTEMS)**.

Las PICV también presentan la ventaja adicional de requerir un procedimiento de puesta en marcha más simple. Se elimina la necesidad de llevar a cabo el procedimiento tradicional de equilibrar proporcionalmente los caudales en todas las ramas y, en cambio, solo es necesario establecer el caudal requerido en cada PICV. Este procedimiento se explica en el **CÓDIGO DE PUESTA EN MARCHA CIBSE W, SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA y GUÍA BSRIA BG2 / 2010 PUESTA EN MARCHA DE SISTEMAS DE AGUA (CIBSE COMMISSIONING CODE W, WATER DISTRIBUTION SYSTEMS and BSRIA GUIDE BG2/2010 COMMISSIONING WATER SYSTEMS)**.

## ¿Cómo funciona una PICV?

En las Figuras 1a y 1b se muestran los diagramas simplificados típicos de los dos tipos más comunes de PICV. Algunas válvulas, como se muestra en la Figura 1a, están formadas por tres secciones distintas que corresponden a las diferentes funciones de la válvula, es decir, regulación de presión, ajuste de flujo y control de flujo modulante. También existe la opción de que las funciones de ajuste de flujo y control de flujo se combinen dentro de la misma sección de válvula como se muestra en la Figura 1b.

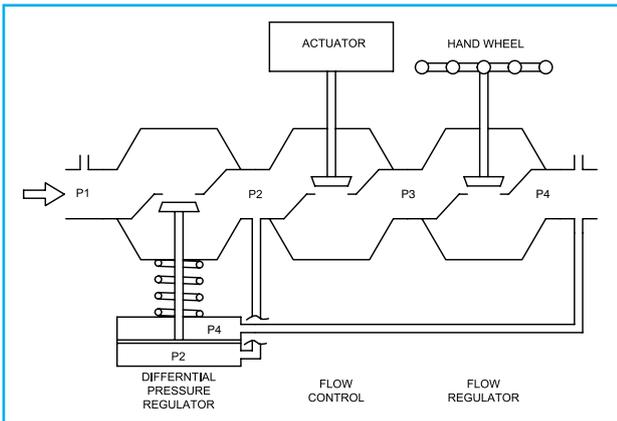


Figura 1a. PICV de tres secciones

Cada sección de la válvula funciona de la siguiente manera. La entrada a la válvula aloja el regulador de presión diferencial. Este cuenta con un diafragma de goma flexible que se flexiona contra un resorte que varía simultáneamente el tamaño de la abertura para el paso del flujo. Un lado del diafragma está en contacto con el agua desde la entrada a la válvula a una presión P1, mientras que el otro lado está en contacto con el agua desde la salida a la válvula a una presión P4. Esto significa que si hay algún cambio en la presión diferencial en un rango de P1 a P4, la posición del regulador de presión diferencial también cambiará. El resultado será que la presión diferencial P2 a P4 (es decir, aguas abajo del regulador de presión diferencial a la salida de la válvula) siempre permanecerá constante independientemente de los cambios en la presión diferencial general P1 a P4. De ahí el término «independiente de la presión»: no importa en qué medida varíen las presiones externas, el rendimiento y la función de la válvula no se verán afectados siempre que se encuentre dentro de su rango de trabajo. En la sección central, hay una válvula de control para alcanzar el valor de caudal de diseño requerido, según lo especificado por el fabricante. El caudal requerido se puede configurar utilizando el dial de configuración de flujo incorporado en el cuerpo de la válvula. La carrera de la válvula de control no se ve afectada por el ajuste

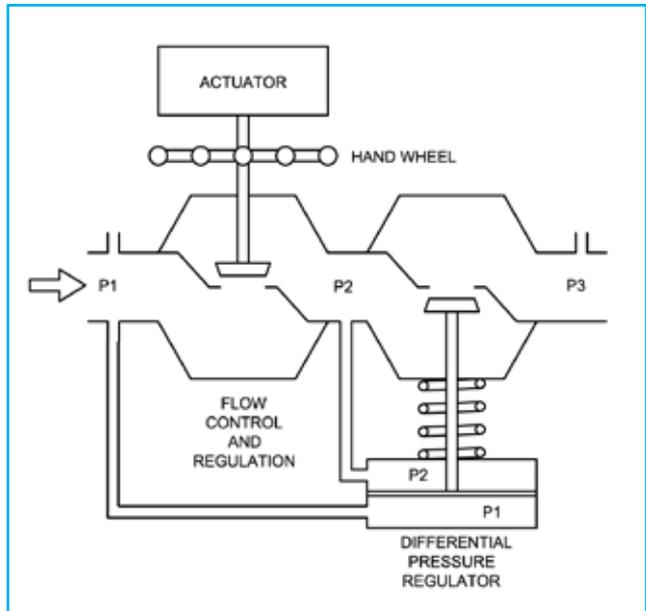


Figura 1b. PICV de dos secciones

del flujo. Una carrera completa proporciona un buen control del caudal, especialmente cuando se utiliza un actuador de modulación. La característica de control de una PICCV no se ve afectada. Si el dispositivo de ajuste de flujo se combina con la válvula de control de modulación (Figura 1b), a medida que se ajusta la configuración de flujo, parte del recorrido de la válvula de control se utiliza para regular el flujo. La reducción en la carrera afecta el control de flujo de modulación a través del recorrido restante de la válvula, una vez configurada. Por lo tanto, la carrera de la válvula de control disponible para la modulación es limitada: Esta limitación en la modulación podría afectar el rendimiento de la válvula y terminar convirtiendo la válvula en una de tipo ON-OFF. Las tomas de presión incorporadas en la válvula permiten medir el diferencial de presión general P1 a P4 (o P3) a fin de garantizar que la válvula esté operando dentro del rango de presión diferencial establecido por el fabricante. Será necesario llevar a cabo una cuidadosa evaluación siempre que se desee utilizar en un mismo sistema el equilibrado estático (DRV y conjuntos de puesta en servicio) y las PICV (equilibrado dinámico). Un sistema donde las unidades terminales están equipadas con equilibrado estático sin protección dinámica solo tendrá un flujo de diseño completo durante la puesta en marcha y el flujo cambiará en condiciones de carga. En la salida al cuerpo de la válvula hay un dispositivo de ajuste de flujo. Esto permite que la válvula se ajuste a parcial. Esto puede suponer un exceso de flujo a través del DRV y la reducción de la presión del sistema, lo que derivaría en una afectación al rendimiento de la PICV (bajo arranque). Es decir, se producirá un efecto sobre el rendimiento global del sistema.

# ¿Qué hace una PICV?

**El funcionamiento de las PICV las hace ideales para su uso en sistemas de flujo variable.**

Cualquier cambio en la presión P1 (como los que podrían ser causados por cambios en la velocidad de la bomba o por el cierre de válvulas en otras partes del sistema) se compensará automáticamente por la acción del regulador de presión diferencial. El controlador simplemente aumentará la resistencia de la válvula si P1 aumenta o la reducirá si P1 disminuye.

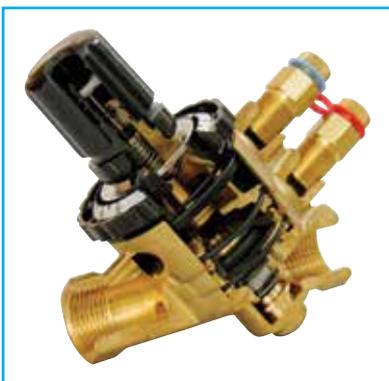
Además, la capacidad del regulador para mantener un diferencial de presión constante entre P2 y P3 tiene dos implicaciones importantes.

En primer lugar, con la válvula de control completamente abierta y el dispositivo de ajuste de flujo configurado a su valor requerido, la válvula se convierte efectivamente en un regulador de flujo constante (dado que un diferencial de presión constante a través de una resistencia constante dará como resultado un caudal constante). Por lo tanto, si se instala sin el actuador, la válvula puede usarse como una válvula limitadora de flujo, para mantener el flujo en un valor preestablecido fijo, independientemente de los cambios en otras partes del sistema. Esto puede ser útil en circuitos de by-pass.

En segundo lugar, al mantener un diferencial de presión constante a través de la válvula de control y el

dispositivo de ajuste de flujo, se maximiza la autoridad de la válvula de control. La autoridad de una válvula es una indicación de la precisión con la que la válvula podrá modular el flujo cuando se abre y se cierra. Para lograr un correcto nivel de autoridad, el diferencial de presión a través de la válvula debe ser al menos el 50% del diferencial de presión total en la tubería, ramal o circuito para el cual está controlando el flujo. Se consideraría que dicha válvula tiene una autoridad de 0,5. A menudo es imposible dimensionar las válvulas de control de 2 vías convencionales con un nivel de autoridad tan alto, porque el circuito controlado puede incluir la unidad terminal y las pérdidas de la tubería a una bomba remota o DPCV. En muchas aplicaciones, esta condición requiere válvulas de 2 vías con resistencias demasiado altas. De esta forma, el valor de autoridad de las válvulas más común suele ser de 0,2 que es una cifra que dista mucho de ser la ideal.

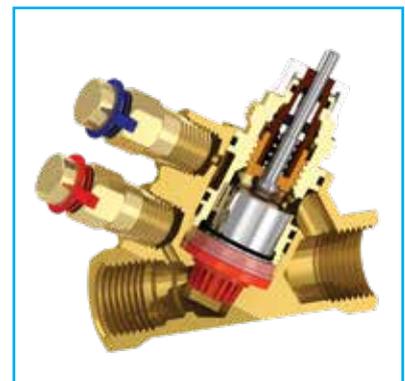
En una PICV, se consigue mejorar el nivel de autoridad porque la presión diferencial P2 a P3 (o P1 a P2) a través de la válvula de control y el dispositivo de ajuste de flujo es, efectivamente, el circuito por el cual la válvula controla el flujo. Esto significa que no es necesario tener en cuenta la pérdida de presión de la unidad terminal y la tubería para la selección de la válvula, y las válvulas pueden seleccionarse únicamente en función del caudal.



Corte de 3 secciones PICV axial



Corte de 2 secciones PICV rotativa



Corte de 2 secciones PICV axial



# Control de la PICV

## Consideraciones esenciales



Las PICV generalmente proporcionan un mejor control que la mayoría de las soluciones basadas en DPCV separadas y válvulas de control de 2 vías. Sin embargo, el rendimiento de las PICV puede variar significativamente en función del proveedor que las suministre. Las siguientes páginas detallan los principales problemas de rendimiento que deben tenerse en cuenta al seleccionar las PICV.

## Característica isoporcentual

La «característica» de una válvula es la relación entre el flujo que pasa a través de la válvula en relación con su grado de cierre. La característica de la válvula es una condición del diseño de la válvula en sí o de la combinación de válvula y actuador. Las características típicas de control de la válvula dependen de su condición inherente y se clasifican entre las de apertura rápida (tipo on/off), las lineales y las isoporcentuales. Podemos verlas ilustradas gráficamente en la Figura 2. Para los serpentines de «convección forzada», en los que un ventilador sopla aire a través de los serpentines, la mejor solución es la característica isoporcentual. Esto se debe a que para estos tipos de serpentín, la salida de calentamiento o enfriamiento se estabiliza gradualmente a medida que aumenta el flujo de agua hasta que se alcanza un punto donde la salida deja de responder a los aumentos adicionales en el flujo. En la Figura 3 se ilustra este proceso.

Para los serpentines de «convección pasiva», en los que el aire es atraído naturalmente a través del serpentín, la caracterización no es tan crítica y el nivel de control no se mejorará al instalar una válvula de control isoporcentual. Para dispositivos donde la característica de salida de potencia es, en gran medida, lineal, como un intercambiador de calor de placas, puede ser apropiada una válvula característica de control lineal.

Para conseguir un buen control de modulación de la salida de calentamiento o enfriamiento sensible desde el serpentín, la válvula de control necesita una característica que refleje el rendimiento del serpentín. Esto se consigue con la característica isoporcentual. Las válvulas con característica isoporcentual reciben este nombre porque a medida que la válvula se abre, por cada incremento porcentual en el recorrido de la válvula, el flujo aumenta en un porcentaje igual. Es decir, producen pequeños cambios en el flujo cuando la válvula está casi cerrada, y grandes cambios en el flujo cuando la válvula está casi abierta.

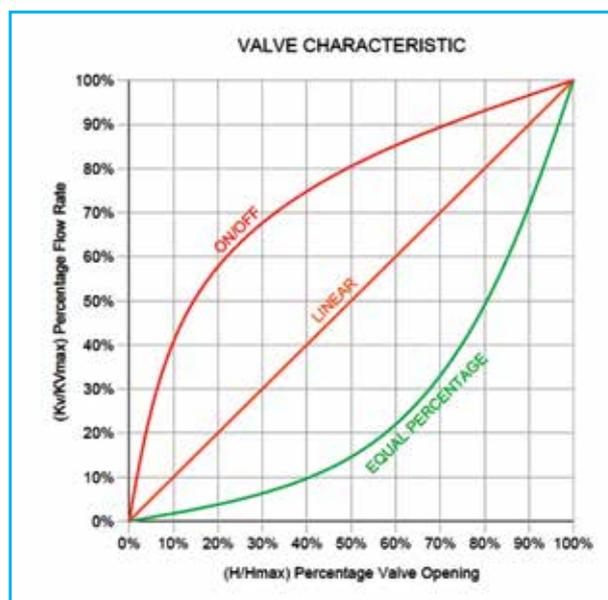


Figura 2. Características de la válvula de control

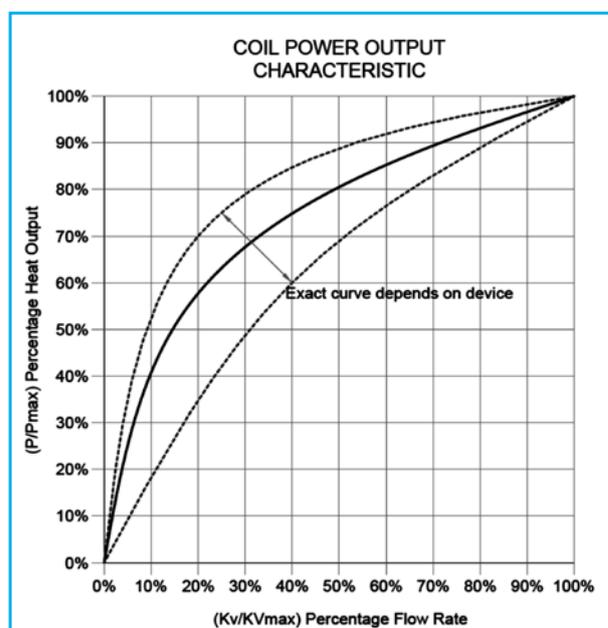


Figura 3. Transferencia de calor versus caudal de diseño porcentual

Una válvula de control con carrera completa, cuya característica inherente del disco de la válvula es isoporcentual, presenta esta característica en cada preajuste. Los actuadores electromecánicos instalados en válvulas PICV de diseño lineal pueden generar una característica isoporcentual. La precisión de la característica isoporcentual solo se obtiene en la posición completamente abierta.

La Figura 4 muestra la forma en que la característica de transferencia de calor de la bobina de calentamiento o enfriamiento se modifica por diversas características de la válvula de control. Una característica isoporcentual garantiza el mejor control cuando cada cambio en la transferencia de calor es

igual a cada cambio en la apertura de la válvula.

La característica isoporcentual, además, reduce el riesgo de excesos de presión en condiciones de carga parcial, manteniendo el Delta T constante (NOTA: el Delta T también puede verse afectado por factores externos como el estado de limpieza del serpentín).

El rendimiento de una unidad terminal y su potencia de salida requerida pueden verse reducidos a causa de un Delta T deficiente, puesto que el agua que fluye a través de la bobina no puede intercambiar toda la energía, lo que provocará la reducción del Delta T.

La reducción del Delta T se muestra a través de la fórmula:

$$P = G * c_p * \Delta T$$

Donde P es la potencia térmica, G el caudal másico,  $c_p$  la constante (4.186 kJ / kg K) y DeltaT la diferencia de temperatura entre el flujo de entrada y salida de la unidad terminal.

Para mantener la misma potencia de salida, si el Delta T aumenta, el caudal debe disminuir. Cuando no se mantiene el valor de Delta T, en condiciones de carga parcial, se desperdicia energía. La energía requerida para bombear agua aumenta debido al mayor caudal, lo que termina mermando la eficiencia del enfriador/calentador. Tal como se muestra en la Figura 2, en el caso del controlador que requiera el 50% de la salida térmica, una válvula lineal proporciona el 50% del caudal nominal, mientras que una válvula isoporcentual solo el 15%: como se detalla a continuación, el consumo de energía de la bomba varía cúbicamente con respecto al caudal. Una válvula lineal consumirá potencialmente 37 veces más energía que una válvula isoporcentual en este caso específico (vea la explicación de la ley de afinidad en la página 39).

También se deduce que una válvula de característica lineal con autoridad perfecta no es tan buena como una válvula isoporcentual. Como se explicó anteriormente, todas las PICV consiguen un valor de autoridad muy próximo al ideal, pero existe una marcada diferencia en la estabilidad de las temperaturas del aire fuera del serpentín entre las bobinas controladas por válvulas de característica isoporcentual y las válvulas de característica lineal u on-off. Aunque la característica isoporcentual maximiza el Delta T en los intercambiadores de calor agua-aire, la característica lineal es más adecuada para los intercambiadores de calor agua-agua, donde se requieren aumentos muy rápidos en la temperatura del agua secundaria para cumplir con los requisitos de diseño. La capacidad de una válvula PICV lineal de abrirse rápidamente, mientras se mantiene el control de presión, es esencial para el agua caliente sanitaria en un intercambiador de calor.

## Autoridad

En el caso de una PICV, la autoridad se calcula comparando la presión perdida a través del elemento de control de flujo con la diferencia de presión controlada; estos dos valores son casi iguales, lo que da como resultado una autoridad cercana a 1. En función del diseño de la PICV, la autoridad del elemento de control de flujo puede cambiar a medida que se regula la válvula. Esta pérdida de autoridad se evidencia como un cambio en la curva característica de la válvula. La Figura 5 muestra el efecto de la pérdida de autoridad en las válvulas isoporcentuales.

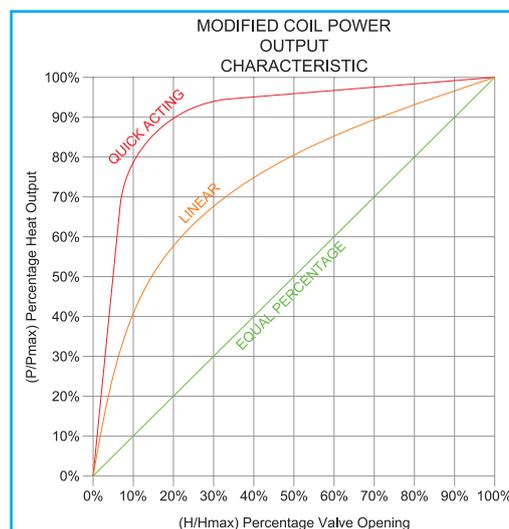


Figura 4. Transferencia de calor versus apertura de válvula

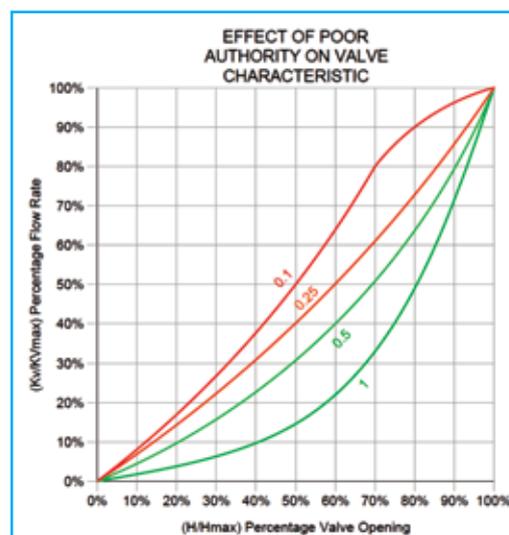


Figura 5. Pérdida de autoridad en la válvula de control isoporcentual

## Selección de actuador

Aunque una válvula tuviera una característica intrínsecamente isoporcentual, esta podría verse anulada por una mala elección del actuador. Por ejemplo, en caso de que la carrera del actuador no coincida con la carrera de la válvula, la característica podría deformarse. Este factor es particularmente importante cuando se cambia la carrera de la válvula para regular el caudal máximo de la válvula. En la Figura 6 se muestra cómo la elección incorrecta del actuador puede afectar a la característica intrínseca de la válvula.

Si la válvula cuenta con una característica inherentemente lineal o de on/off, esta puede mejorarse en algunos casos mediante el uso de un actuador caracterizador para cambiar la curva intrínseca a una más aceptable. Sin embargo, es importante hacer coincidir la acción de caracterización del actuador con la válvula en la que está instalado. Las características resultantes en diferentes preajustes (100%, 75%, 50% y 25%) solo pueden dar como resultado las características deseables en un solo preajuste.

Asimismo, también hay diferentes tipos de actuadores disponibles: térmicos, equipos eléctricos y a prueba de fallos (Fail safe). A continuación se proporciona una breve descripción de cada tipo de actuador. También se detalla una selección del actuador que mejor se adapta a la aplicación.

- Tipo térmico A prueba de fallos (Fail safe): es una solución económica común, que presenta como desventaja un tiempo de apertura de al menos 3 minutos o más. La operación a prueba de fallos solo puede cerrarse o abrirse porque el cartucho de cera dentro del actuador se calienta para abrirse o cerrarse (según el modelo).
- Engranaje eléctrico Fallo en posición: una solución de actuador preferida que utiliza motor eléctrico y engranajes, su funcionamiento es relativamente más rápido y lleva de 30 segundos a 90 segundos, dependiendo del fabricante, para pasar



Actuador electromecánico

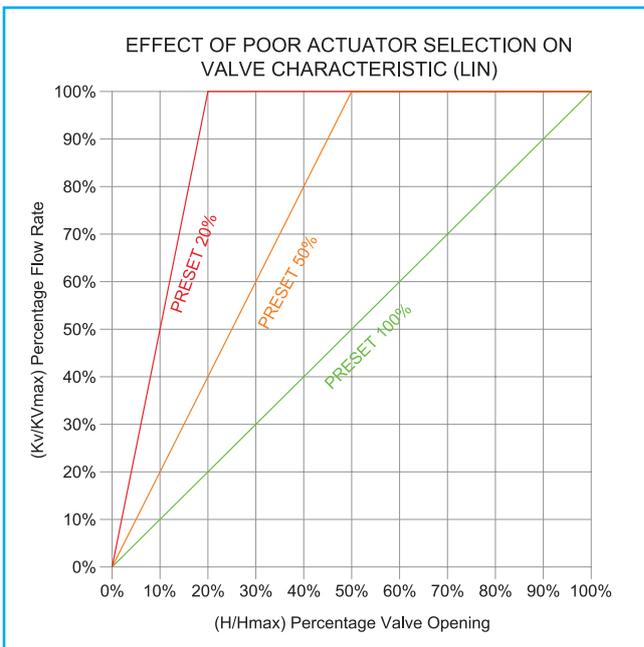


Figura 6. Degradación de la autoridad de la válvula (característica lineal) al ajustar el actuador incorrecto a la válvula de carrera limitada

completamente de la condición de abierto a cerrado.

En caso de fallo eléctrico, no existe mecanismo de seguridad a prueba de fallos en este tipo de actuador.

- Tipo de condensador a prueba de fallos: un motor eléctrico modificado y tipo de engranajes con una característica adicional de operación a prueba de fallos. Se carga un condensador durante el funcionamiento normal. Cuando se produce un fallo eléctrico, el condensador se descarga y se obtiene la operación a prueba de fallos. El tiempo típico que suele llevar esta operación es de al menos 60 segundos.
- Retorno por resorte a prueba de fallos: el motor eléctrico es un dispositivo alternativo de protección contra fallos, de tipo de engranaje con resorte. Al añadir esta opción a prueba de fallos se incorpora una acción de cierre del 100 %, que se suministra mediante un resorte mecánico, lo que proporciona un cierre a prueba de fallos en 10 segundos. El resorte mecánico siempre garantiza un funcionamiento seguro contra fallos.



Actuador electrotérmico

## Control de la temperatura del aire de suministro

La importancia de alcanzar una característica precisa de control isoporcentual y una buena autoridad de la válvula se hace evidente al considerar las variaciones resultantes en las temperaturas de suministro fuera de la bobina.

Cuando está en uso, la válvula de control forma la parte de salida de un controlador de circuito cerrado, cambiando su apertura en respuesta a los cambios en la habitación medida o la temperatura del aire de retorno. En tales sistemas, es particularmente importante garantizar un control de modulación efectivo de la temperatura fuera del serpentín, función que debe llevar a cabo la válvula de control. Si no se lleva a cabo un control exacto, puede tener lugar el efecto conocido como «oscilación», mediante el cual la temperatura controlada en el espacio ocupado rebasa o no alcanza de forma repetida su valor de punto de ajuste. Estas variaciones de temperatura comportan un desperdicio energético y dan como resultado una incomodidad para los ocupantes de la estancia. Por esta razón, se recomienda encarecidamente que la PICV y su actuador proporcionen una característica isoporcentual precisa.

La Figura 7 compara la temperatura de suministro en un espacio con una válvula mal caracterizada, actuando como las de tipo on/off, y una válvula de control isoporcentual que funciona correctamente.

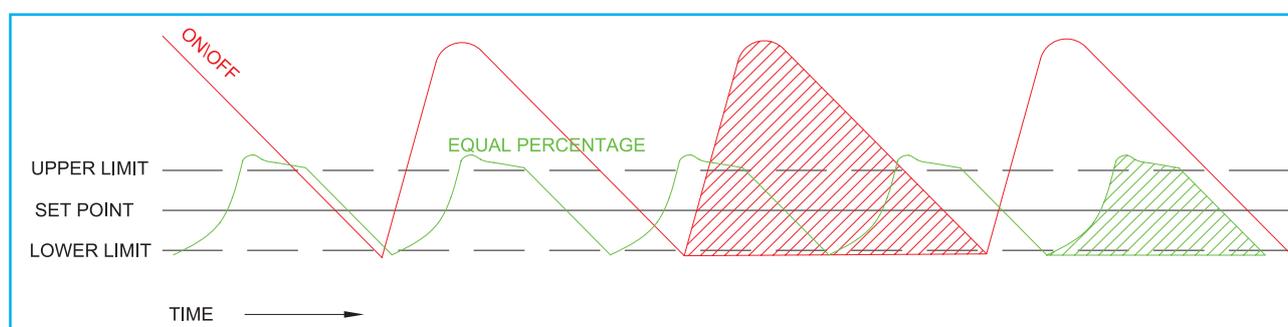


Figura 7. Variaciones típicas en la temperatura fuera del serpentín para serpentines de calentamiento

## Precisión de flujo y repetibilidad?

Todas las PICV muestran variaciones en la precisión y repetibilidad de sus configuraciones de caudal. Las razones por las que esto ocurre pueden entenderse al observar un gráfico del caudal de la válvula en relación con la presión diferencial. Se muestra un gráfico típico en la Figura 8.

Cada válvula tiene un valor diferencial de presión mínimo y máximo por debajo o por encima del cual la válvula no controlará el flujo. Si el diferencial de presión es inferior al valor mínimo, el resorte dentro del regulador de presión permanece completamente extendido, mientras que, en caso de que el diferencial de presión sea superior al valor máximo, el resorte se comprime totalmente. En ambas condiciones, el elemento de control de presión en la válvula actúa como resistencia fija; la válvula solo puede controlar el flujo cuando el resorte se encuentra bajo cierto grado

de compresión parcial. El «rango operativo» de la válvula es el rango de presiones diferenciales para las cuales se puede llevar a cabo un control.

Dentro de su rango operativo, el flujo que pasa a través de la válvula se estabiliza, aunque, como se puede ver en la Figura 8, incluso dentro de este rango, es posible que el caudal no sea constante. Si se permite que la presión a través de la válvula varíe entre sus presiones operativas mínimas y máximas, su flujo puede variar hasta en un  $\pm 10\%$  de su valor de punto de ajuste. El grado de variación de flujo que demuestra una válvula que funciona dentro de su rango operativo recomendado a veces se denomina «banda proporcional» de la válvula. Cuanto menor sea la banda proporcional, mayor será la precisión con la que la válvula mantenga su velocidad de caudal establecida.

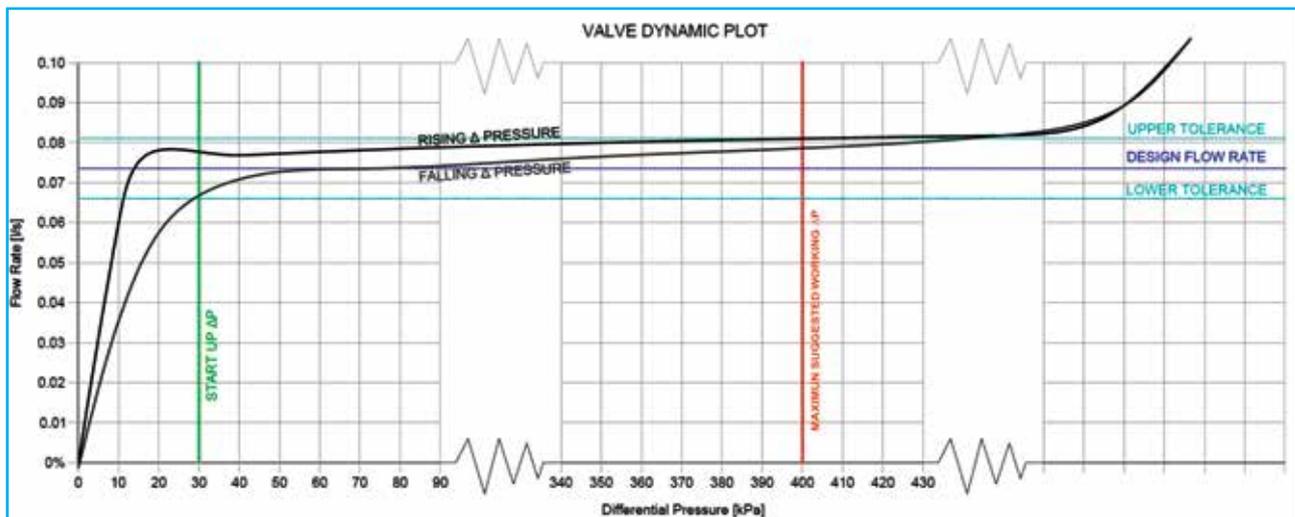
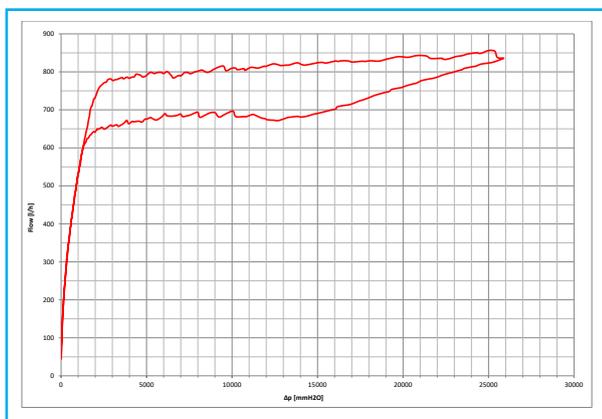
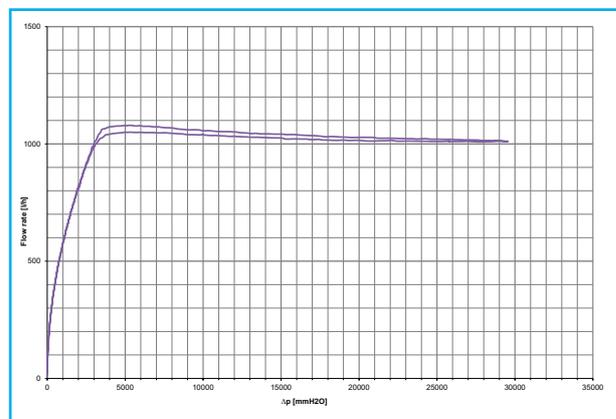


Figura 8. Caudal versus presión diferencial (PICV típica) - 600 kPa



Ejemplo de histéresis deficiente



Ejemplo de histéresis adecuada

## Histéresis

Para complicar todavía más las cosas, la precisión con la que se mantiene el ajuste del caudal también depende de si el diferencial de presión a través de la válvula está aumentando o disminuyendo. En la Figura 8, se puede ver que hay distintas curvas de presión ascendente y descendente. La diferencia entre las dos curvas a menudo se denomina «histéresis» de la válvula. El efecto de histéresis viene causado por los elementos de sellado en la parte de regulación de presión de la válvula, aunque el resorte y la membrana elástica también pueden influir en cierta manera. Este efecto de histéresis se puede ver en todas las PICV y DPCV accionadas por resorte de acción automática. Debido a la histéresis, se pueden obtener dos lecturas de flujo repetibles dependiendo de si el diferencial de presión a través de la válvula ha aumentado o disminuido al valor cuando se realiza la medición. Dado que las válvulas se prueban en fábrica en sus curvas de presión ascendente, el dispositivo de ajuste de flujo indica flujos que corresponden a un diferencial de presión ascendente en lugar de decreciente. Por las razones mencionadas, la banda proporcional y la histéresis de la válvula pueden causar que los valores de flujo varíen de sus valores establecidos. Estos efectos se pueden minimizar garantizando que los sistemas:

- Estén diseñados de forma que cuando una PICV se abre para aumentar el caudal hacia una unidad terminal, su diferencial de presión aumente simultáneamente en lugar de disminuir.
- Se pongan en marcha de forma que cuando una PICV se establece a su caudal requerido, el valor de presión diferencial a través de la válvula sea lo más próximo posible a su valor operativo final.

Ambos objetivos se pueden alcanzar fácilmente garantizando que durante la puesta en marcha y la operación posterior del sistema, la presión de la bomba siempre se reduzca a medida que se cierran las PICV. Para ello, el método más efectivo es configurar el controlador de velocidad de la bomba de modo que se mantenga un diferencial de presión constante en un sensor de presión diferencial ubicado hacia el índice PICV, es decir, la PICV que se encuentre más alejada de la bomba. La presencia de un solo sensor ubicado a dos tercios de la trayectoria a lo largo de la rama índice es adecuada en sistemas con un patrón de carga uniforme; por otro lado, en sistemas con un patrón de carga impredecible y variable se pueden usar múltiples sensores en las ramas de terminales controladas por PICV más remotas. Siempre que sea posible, deberá evitarse controlar la velocidad de la bomba de modo que la presión se mantenga constante. Esta solución produce inevitablemente grandes aumentos en la diferencia de presión a través de las PICV a medida que se cierran, lo que resulta en grandes variaciones de los valores de caudal establecidos, muy superiores a las que podrían tener lugar con válvulas de 2 vías estándar. El uso de sensores remotos para el control de velocidad de la bomba permitirá que las PICV funcionen con la mayor precisión posible. Esta solución también garantiza el máximo ahorro energético de la bomba posible, según recomendaciones de la guía CIBSE KS7 Sistemas de tuberías de flujo variable y BSRIA BG 12/2011 Sistemas de bombeo de eficiencia energética - una guía de diseño. (CIBSE Knowledge Series guide KS7 Variable flow pipework systems and BSRIA BG 12/2011 Energy Efficient Pumping Systems ).

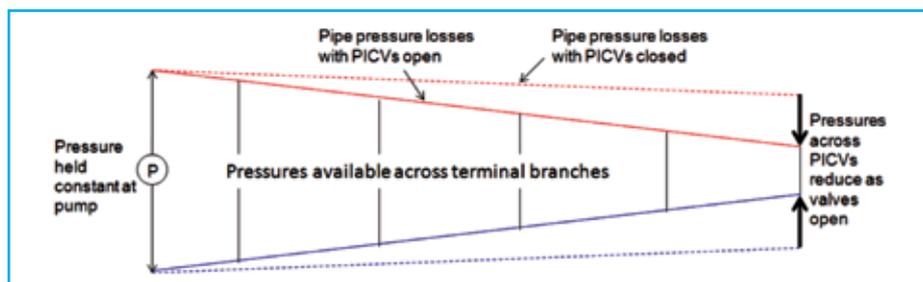


Figura 9. Sensor DP instalado en la bomba

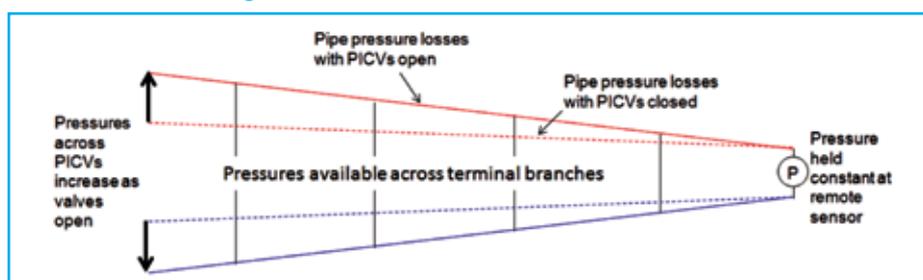


Figura 10. Sensor DP instalado en el índice

## Válvulas de carrera completa o válvulas de carrera limitada

Las PICV en las que las funciones de control y configuración de flujo están separadas dentro de la válvula (Figura 1a) se conocen como válvulas de control de «carrera completa» porque se puede controlar la carrera completa de la válvula de control. Este tipo de válvula se puede equipar con un actuador programable que se puede configurar para proporcionar una característica isoporcentual. El actuador siempre funciona sobre la carrera completa de la válvula, por lo que nunca necesita modificar su característica programada. El principal beneficio que ofrece una válvula de carrera completa es que el actuador se puede conducir a través de su rango completo, lo cual es de particular importancia en las válvulas donde la carrera es bastante corta (por ejemplo, en las que tienen unas dimensiones dentro del rango 15-25 mm). Cuando los elementos de control y regulación de la válvula están separados, existe el riesgo de que la característica de control pueda cambiar a medida que se regula la válvula, aunque este factor puede mitigarse a través de un elemento de control con una característica isoporcentual intrínseca y mediante una adecuada selección del actuador.

Las PICV en las que la válvula de control y los dispositivos de ajuste de flujo se combinan en un solo componente se conocen como válvulas de control de «carrera limitada» (Figura 1b). Esto se debe a que parte de la carrera de la válvula de control se utilizará para regular el flujo a la configuración requerida. En las válvulas de carrera limitada, una proporción significativa de la carrera de la válvula puede absorberse durante la regulación del flujo. Esta limitación en la carrera es más evidente con las válvulas con características lineales, ya que para regular una válvula al 50 % de su flujo máximo, también se pierde el 50 % de la carrera de control. Por lo tanto, es esencial que las válvulas de carrera limitada cuenten con una característica intrínseca isoporcentual; si una válvula isoporcentual está regulada de forma similar al 50 % de su caudal máximo, solo se perderá alrededor del 18 % de la carrera de la válvula.

Las válvulas de carrera limitada pueden ser de tipo lift, lay o multi-turn o de tipo bola. Las de tipo lift y lay cuentan con un vástago ascendente contra el cual el actuador empuja para cerrar la válvula. Las de tipo bola



PICCV rotativa con actuador

o multi-turn tienen un vástago giratorio que el actuador debe girar para cerrar la válvula.

En el caso de las válvulas de tipo lift y lay, se debe suministrar un actuador que pueda compensar la carrera perdida ya que la válvula está regulada mecánicamente, de lo contrario, la característica de control de la válvula se verá afectada negativamente. Las válvulas de tipo multi-turn generalmente se suministran con un actuador adaptado para evitar este problema. En el caso de las válvulas de tipo rotativo, donde el dispositivo de control y regulación es una ranura caracterizada en una válvula de bola, la válvula se puede conducir a la posición regulada escalando la salida del controlador al actuador. También hay actuadores especiales disponibles para su uso en los casos en los que el controlador no pueda realizar el escalado. En general, las válvulas de carrera limitada pueden verse afectadas por la falta de capacidad de control: este defecto puede solucionarse al menos parcialmente con los actuadores.

Tanto las soluciones de válvula de carrera completa como las de carrera limitada pueden proporcionar un control de modulación efectivo del caudal. Aunque ambos tipos de válvula pueden presentar de forma inevitable alguna pérdida en la capacidad de control cuando los dispositivos de ajuste de flujo se encuentren regulados a su configuración de flujo mínimo, el nivel de control alcanzado es invariablemente mejor que el que se puede lograr con válvulas de control de 2 vías equivalentes que trabajen para impedir los diferenciales de presión variables.

## Suspensión

La norma internacional IEC 60534-4 define varias clases de cierre y métodos para probar la capacidad de cierre de una válvula de control. La mayoría de las válvulas de control independientes de la presión se especifican como de Clase IV, lo que se relaciona con una tasa de fuga del 0,01 % del caudal nominal máximo de la válvula. Este valor equivale al de las válvulas de control tradicionales.

Una de las preocupaciones que surgen en relación con cualquier válvula de control tradicional es la presión diferencial máxima de cierre, que se define como la presión diferencial máxima contra la cual el actuador puede cerrar la válvula. La carga de cierre que debe superar el actuador es el producto de la presión diferencial que actúa sobre el elemento de cierre de

la válvula y el área de la superficie de este elemento de cierre (globo, manguito o bola). En una válvula de control independiente de la presión, se controla la presión diferencial que actúa sobre el elemento de cierre de la válvula (P2 en las Figuras 1a y 1b), lo que significa que la presión de cierre de la válvula es constante a lo largo de todo el rango de trabajo.

## Ajuste manual

Para configurar la mayoría de las válvulas PICV, basta con girar la rueda de ajuste a la posición especificada. A menudo, la rueda de ajuste de las PICV viene graduada con una escala que muestra el caudal expresado como porcentaje del caudal máximo de la válvula. Para más detalles, consulte la página 43.



## Puesta en marcha remota

Además de la configuración manual, algunas PICV se pueden usar junto con un controlador BMS para devolver la válvula con precisión a una determinada configuración de flujo preprogramada. Esto puede hacerse con un controlador BMS remoto, sin la necesidad de actuar en cada válvula y configurar manualmente los caudales requeridos, lo que permite un mejor aprovechamiento del tiempo de puesta en servicio disponible.

Un controlador BMS estándar con estrategia patentada puede controlar las salidas de calefacción y refrigeración para unidades terminales individuales. Cada controlador puede preprogramarse con las referencias de la válvula de calefacción y refrigeración y los valores máximos de caudal de diseño para cada válvula.



Durante la puesta en servicio, cada válvula de control se establece en una posición que permita alcanzar su caudal de diseño especificado. El controlador viene preconfigurado de fábrica con los caudales de diseño requeridos, aunque estos pueden deshabilitarse in situ con un ordenador de puesta en marcha. La configuración requerida para cada válvula se determina en función de la relación conocida entre el caudal y la configuración de la válvula, medida en un equipo de prueba. En el software de control se dispone de un «factor de ajuste», a fin de permitir que la configuración de flujo se ajuste para conseguir mayor precisión. Deberán seleccionarse los actuadores y controladores adecuados en función del propósito.

Este enfoque constituye un método flexible para establecer caudales de diseño durante la puesta en marcha. Una vez establecidos, los flujos se mantendrán

dentro de los límites de precisión dictados por los límites de histéresis del resorte, como se explica en la página 19. La configuración de las válvulas con este método aporta grandes beneficios en el caso de edificios cuyos sistemas se ponen en marcha estacionalmente, es decir, que se deben poner en marcha varias veces al año con el edificio ocupado.

En el caso de aplicaciones críticas, se puede garantizar una precisión de flujo todavía superior mediante la incorporación de sensores de flujo en las unidades terminales de alimentación de tuberías. El controlador puede entonces ajustar su configuración hasta que se alcance el caudal especificado en el sensor de flujo. Esta solución proporciona un control de flujo casi perfecto, ya que puede corregir las variaciones de flujo causadas por el efecto de histéresis.



Kit Hidronicos premontados para sistemas HVAC

## Mantenimiento DeltaT

El diseño de un refrigerador (chiller) o calentador requiere un intercambiador de calor seleccionado para poder transmitir calor entre dos sustancias (en las refrigeradoras se usa un gas refrigerante) a diversos caudales y temperaturas. Una vez el fabricante haya determinado el rendimiento del refrigerador o calentador al caudal de diseño y diferencia de temperatura, cualquier cambio adicional en el flujo y la temperatura influirá en la eficiencia del refrigerador o calentador. Si un refrigerador está diseñado para funcionar con una temperatura del agua de retorno de 15 °C, pero, debido a que el sistema usa una válvula lineal para controlar el flujo que pasa a una unidad Fan Coil, el agua de retorno circula a 10 °C, el intercambiador de calor se verá fuertemente afectado y el refrigerante dentro del refrigerador deberá compensar la reducción de Delta T reduciendo a su vez la eficiencia del intercambio de calor. Así pues, para alcanzar este nivel de rendimiento, el refrigerador no podrá funcionar a sus condiciones óptimas de trabajo. Es esencial que el Delta T se mantenga siempre dentro de un sistema de distribución de agua. La mayor parte del desperdicio de energía provocado por un DeltaT bajo se debe a excesos de flujo y bombeo (consulte la sección específica en la página 38)

## Pérdidas de presión y arranque

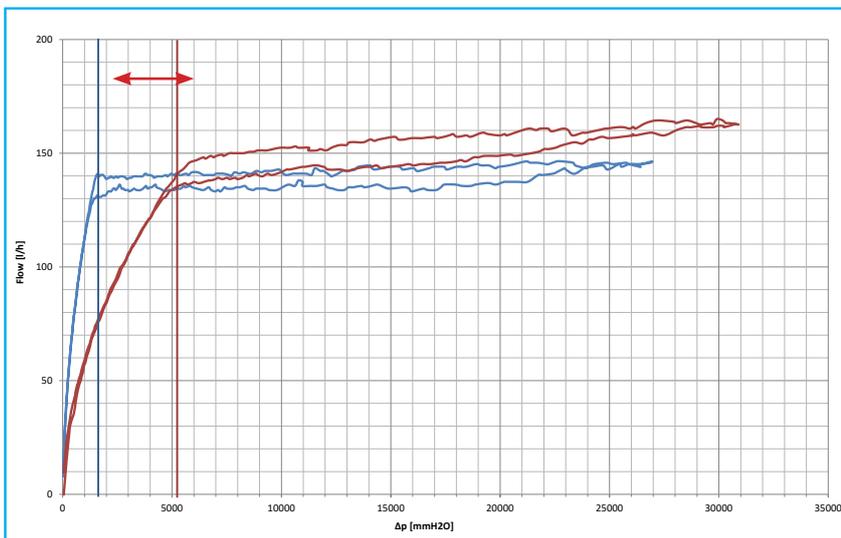
Un diseño eficiente de un sistema de distribución de agua

es aquel en el que la presión generada por la bomba es la mínima requerida para dar servicio completo a las unidades terminales.

Para garantizar que la caída de presión se mantiene al mínimo en un sistema:

- 1) Deben retirarse todas las válvulas de equilibrado manual de las ramas y elevadores
- 2) Deben seleccionarse válvulas PICV con una presión de arranque mínima
- 3) Los caudales siempre deben establecerse a un valor lo más próximo posible al del caudal nominal de las válvulas PICV
- 4) El sistema debe funcionar en la curva de presión diferencial ascendente
- 5) El conjunto de bombas debe alcanzar de 5 a 10 % más del flujo de diseño en el índice, en la curva ascendente
- 6) La bomba debe controlarse para garantizar que las válvulas se encuentren en su curva ascendente en el arranque mínimo.

Si no se tiene cuidado durante el diseño y la puesta en marcha del sistema de distribución de agua y las consideraciones anteriores no se incorporan en el diseño ni se siguen durante el proceso de puesta en marcha, el rendimiento y la eficiencia del sistema pueden verse comprometidos. Deberá evitarse el uso de válvulas PICV con alta presión de arranque. Una elevada presión de arranque requerirá un cabezal de bomba más alta y un aumento en la potencia nominal. Además, se produce un gran desperdicio energético en el edificio durante toda la vida útil del sistema. Para más información, véase la página 40.



Ejemplo de dos PICV: mismo caudal nominal, diferente presión de arranque

## Materiales

Es importante que los materiales de todas las válvulas, tuberías y accesorios utilizados en un sistema de distribución de agua sean aptos para el tipo de sistema en el que deben instalarse. Los materiales deben seleccionarse y, si es necesario, someterse a un proceso especializado adicional (como tratamientos de calor específicos) para garantizar que los componentes no sufran alteraciones provocadas por la tensión, como la corrosión bajo tensión. Los componentes deben estar diseñados para encajar entre sí a fin de evitar el estrés excesivo y la distorsión de las roscas hembra.

# Diseño del sistema

El diseño de los sistemas de tuberías de calefacción y refrigeración que incorporan PICV se explica en los SISTEMAS DE TUBERÍAS DE FLUJO VARIABLE KS7. En la GUÍA BSRIA BG 12/2011, SISTEMAS DE BOMBEO EFICIENTES ENERGÉTICOS: UNA GUÍA DE DISEÑO (BSRIA GUIDE BG 12/2011 ENERGY EFFICIENT PUMPING SYSTEMS - A DESIGN GUIDE), se proporciona asesoramiento para minimizar el consumo de energía de la bomba.

A continuación, se resumen las principales consideraciones de diseño que deben tenerse en cuenta:

## Aislamiento

No se recomienda confiar en las PICV como válvulas de cierre para fines de mantenimiento, sino que deben instalarse válvulas de aislamiento separadas.

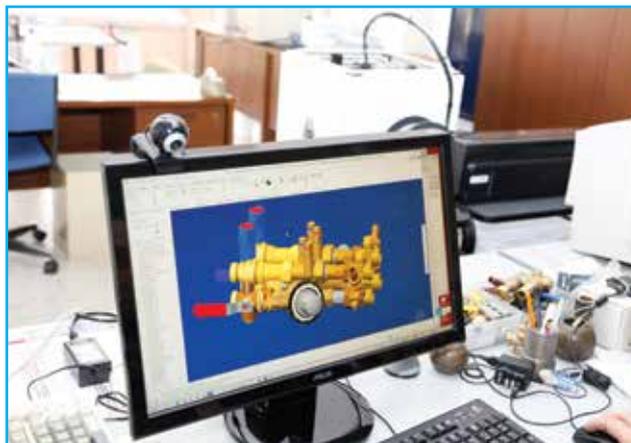
## Juntas de unión

Al igual que con todas las válvulas de control, se deben incluir juntas de unión para que las PICV se puedan retirar fácilmente del sistema, en caso de que sea necesario reemplazarlas en el futuro. Para PICV mayores, se debe tener en cuenta la instalación de aislamiento en ambos lados.

## Tamaño de la bomba

Para permitir cierta variabilidad en el rango del resultado final de medición de flujo, el CÓDIGO DE PUESTA EN MARCHA CIBSE W recomienda que las bombas se dimensionen con capacidad para 110 % del caudal de diseño. De esta forma, se pueden establecer flujos en el rango de -0 % a + 10 %.

En caso de sistemas que incorporen PICV, por las razones explicadas en la página 16, las mediciones finales de flujo pueden arrojar valores en un rango del



$\pm 10 \%$ . Así pues, las bombas deben dimensionarse con una capacidad del 120 % del caudal de diseño (a fin de contar con margen para factores de diversidad) para que los flujos puedan establecerse en un rango de -0% a + 20% si aún no se ha aplicado un factor de seguridad o diversidad.

Al calcular la pérdida de presión del sistema para el dimensionamiento de la bomba, incluya 1,5 veces la presión de arranque del PICV en el cálculo de la pérdida de presión del circuito índice.

## Ubicaciones de las PICV

Las PICV deben ubicarse en todas las ramas de la unidad terminal donde se requiere un control de modulación de la salida de calefacción o refrigeración. En el caso de que se incorporen unidades terminales controladas por válvulas de control distribuidoras de 3 y 4 vías en un mismo sistema donde también hay unidades terminales controladas por PICV, se debe instalar algún tipo de válvula limitadora de flujo constante en las ramas terminales controladas por válvulas de 3 o 4 vías. Esto podría hacerse mediante la instalación de una PICV sin un cabezal actuador.

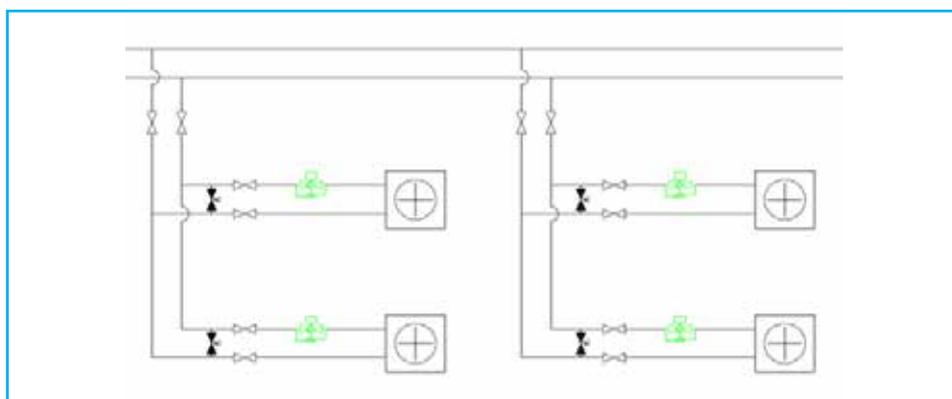


Figura 11. Ubicaciones típicas para PIC

## Montaje de flujo o retorno

Las PICV se pueden montar en tuberías de flujo o retorno que sirvan a las unidades terminales. Cuando se debe decidir la posición de la PICV, es necesario tener en cuenta el régimen de descarga del sistema.

## Selección de PICV

Las PICV se pueden seleccionar basándose únicamente en los caudales de diseño de la unidad terminal. Seleccione siempre la válvula más pequeña que pueda suministrar el caudal de diseño a menos que se sepa de antemano que el valor del caudal de diseño puede aumentar.

Para funcionar satisfactoriamente, el regulador de presión diferencial debe poder operar dentro de su rango de control especificado, es decir, de modo que la diferencia de presión medible a través de las tomas en la válvula sea mayor que el valor mínimo de "arranque" y menor que el valor máximo.

## Filtros

Las PICV no deben instalarse en sistemas donde se sabe que la calidad del agua es baja. En caso de que deban instalarse de todas formas (por ejemplo, en proyectos de retroadaptación y readaptación) será necesario implementar las acciones necesarias para mejorar la calidad del agua. La GUÍA BSRIA BG 29/2012 ofrece asesoramiento sobre métodos para

mejorar la calidad del agua en sistemas cerrados de tuberías de recirculación.

La mayoría de las PICV suelen ser sensibles a la presencia de altos niveles de partículas de impurezas, que causan el ensuciamiento de las áreas de baja presión dentro de la válvula. Sin embargo, los filtros no son efectivos para eliminar este tipo de suciedad, ya que el tamaño de malla que suele instalarse es demasiado grande para atrapar las diminutas partículas. Este tipo de suciedad solo puede evitarse garantizando una alta calidad de los medios de calentamiento o enfriamiento, a través del tratamiento y la filtración de agua en curso. Los filtros siempre deben instalarse en las terminales de alimentación de tuberías de la rama principal que reciben servicio de las PICV. Sin embargo, se recomienda instalar un filtro para cada PICV en caso de que el diseñador prevea que puede existir el riesgo de altos niveles de contaminación en circulación por el sistema.

La rutina de limpieza previa a la puesta en marcha debe estar diseñada para mitigar el riesgo de que grandes contaminantes lleguen a pasar a través de la PICV.

El uso de válvulas de bola con filtro integrado mejora el rendimiento del sistema (menores pérdidas de presión) y facilita el mantenimiento.

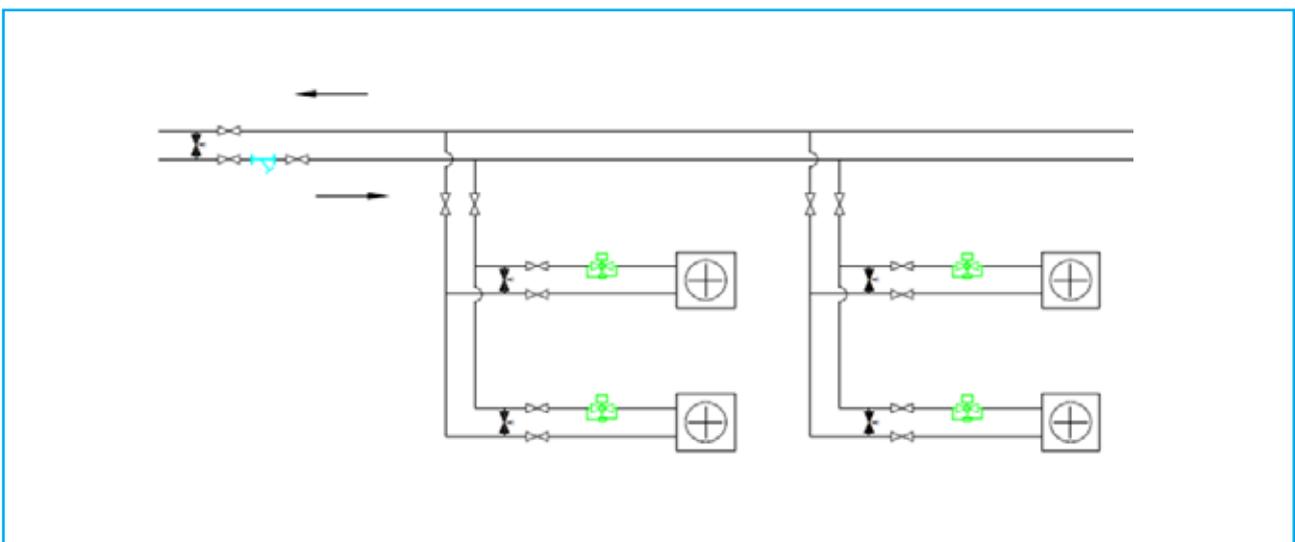


Figura 12. Filtros en las ramas principales de la tubería

## By-pass de limpieza y desagües de limpieza

Deberán instalarse by-pass de limpieza en todas las ramas que contengan una PICV. De esta forma, se permite que las tuberías de la rama principal se enjuaguen y se limpien químicamente sin tener que hacer circular agua sucia y productos químicos de limpieza a través de las PICV o unidades terminales. Cada rama también debe contar con un desagüe de limpieza, para que (una vez que las tuberías de la rama principal estén limpias) la unidad terminal pueda enjuagarse con agua limpia sin tener que enviar la misma agua a través de la PICV. Para ello, el desagüe de limpieza siempre deberá situarse entre la PICV y la unidad terminal. Las válvulas PICV nunca pueden enjuagarse hacia delante ya que están diseñadas para reaccionar al aumento de presión y mantener un flujo constante. Asimismo, debe evitarse el enjuague inverso porque también puede dañar el funcionamiento interno de la válvula. Por lo tanto, se debe instalar un by-pass de limpieza con una válvula de bola de tres vías en todas las unidades terminales para proteger la PICV contra posibles enjuagues inversos, siempre que se encuentre instalada en el retorno. Si se requiere

un retrolavado del serpentín del ventilador, la válvula PICV debe instalarse en el flujo utilizando una válvula de bola doble de 3 vías en el bypass de limpieza.

Las válvulas PICV nunca pueden enjuagarse hacia delante ya que están diseñadas para reaccionar al aumento de presión y mantener un flujo constante. Si las especificaciones establecen que la unidad terminal debe enjuagarse desde la tubería de retorno hacia atrás a través del serpentín hasta un desagüe en el flujo. La válvula PICV nunca debe instalarse en el retorno y solo debe instalarse en el flujo con un desagüe instalado entre la válvula PICV y la unidad terminal. La tubería de retorno no tiene conexión directa con el flujo de bombeo y la presión está limitada a la presión estática, lo que limita la presión en el enjuague inverso (esta presión puede ser significativamente mayor en edificios de varios pisos debido a la altitud). Tratar de realizar retrolavados a través de una válvula PICV que pueda tener una alta resistencia y luego a través de un dispositivo de medición de flujo en el retorno reducirá significativamente la presión disponible. Además, la presencia de alta presión estática en el sistema, en el caso de que la limpieza se realice a través de la válvula PICV, puede dañar los componentes internos de la propia válvula.

## Medición de flujo

Para fines de verificación, los dispositivos de medición de flujo deben ubicarse en las ramas principales y sub-ramas aguas arriba de los terminales, según lo considere apropiado la persona encargada del diseño del sistema. Los dispositivos de medición de flujo también deben instalarse en las unidades terminales a menos que se acuerde lo contrario con los ingenieros de validaciones/diseñadores.

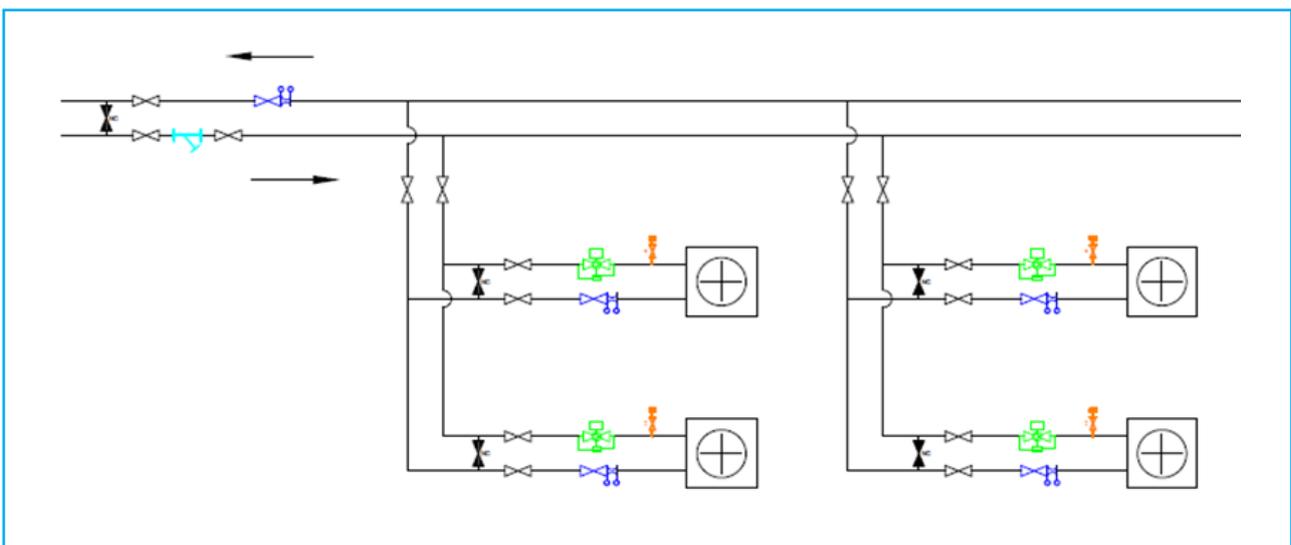


Figura 13. Ubicación de los dispositivos de medición de flujo

## Válvulas reguladoras adicionales

Toda la regulación del flujo se obtiene mediante las PICV. Por tanto, no se requiere la instalación de válvulas reguladoras adicionales en ninguna de las ramas principales o secundarias que alimentan a las ramas de la unidad terminal que contienen PICV. Los sistemas que combinan válvulas de doble regulación y válvulas de control de 2 vías con válvulas PICV no pueden alcanzar el rendimiento óptimo a causa de la imposibilidad de controlar el flujo que pasa través de válvulas no dinámicas.

## Válvulas de control de presión diferencial (DPCV)

Como cada PICV incluye su propio regulador de presión diferencial, no se requieren válvulas de control de presión diferencial separadas en los circuitos que contienen PICV. La única excepción a esta regla se daría en casos en que la presión diferencial del circuito exceda el límite de presión máximo de las PICV, lo cual solo es probable en sistemas inusualmente grandes. En ese caso, podría usarse una DPCV separada en el circuito que alimenta a las PICV, a fin de limitar el diferencial de presión que pasa a través de las PICV. Aunque no se requiere en circuitos que alimentan PICV, las DPCV todavía podrían ser necesarias en circuitos que alimentan a terminales con otros tipos de válvula de control que carecen de control de presión diferencial. Esto podría incluir válvulas de radiadores termostáticos y válvulas de control de 2 vías.

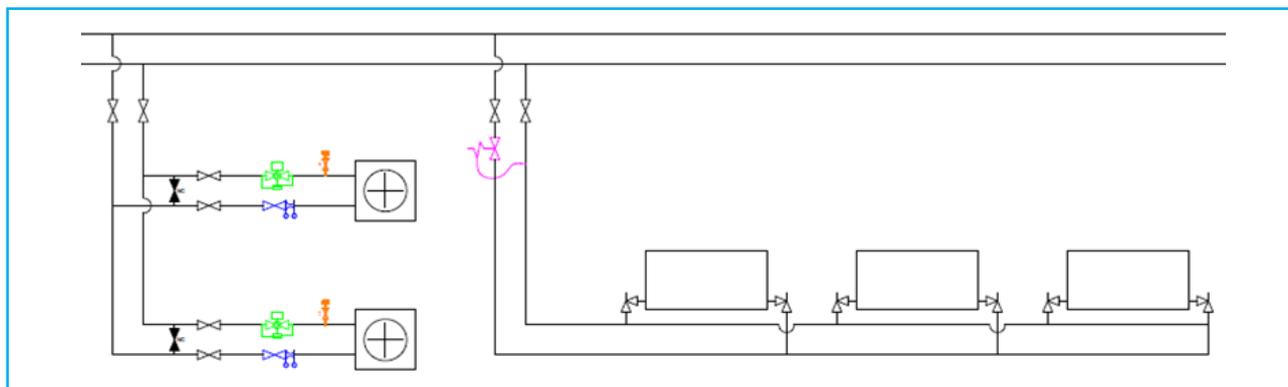


Figura 14. Ramas que requieren válvulas de control de presión diferencial adicionales

## Bypass del sistema

Cuando todas las PICV se encuentran cerradas, es necesario que haya algún camino abierto para el paso del flujo, a fin de evitar que la bomba funcione contra un sistema cerrado.

Una solución simple sería utilizar PICV no actuadas (sin actuador) como limitadores de flujo en los bypass ubicados en los extremos de los ramales terminales. Estas permitirán el paso de un flujo fijo de agua a través de las mismas en todas las condiciones de funcionamiento. Asimismo, con esta solución puede ahorrarse algo de energía de la bomba, pero para ello deben accionarse las PICV de derivación para que se abran solo a medida que se reduce la velocidad de la bomba. De forma alternativa, los by-pass pueden integrarse dentro los ramales terminales instalando válvulas de control de 3 o 4 vías en los ramales terminales al final del recorrido. Cuando se adopta esta solución, las ramas controladas por válvulas de 3 o 4

vías también requieren limitadores de flujo constante para que se mantenga un caudal constante bajo condiciones de presión variables. Esto podría hacerse mediante la instalación de una PICV no accionada.

Las bombas modernas deberían poder hacer frente a flujos mínimos de hasta el 5 % de sus valores de carga completa. Las derivaciones deben dimensionarse para proporcionar un flujo general que coincida con el caudal mínimo de la bomba seleccionada (esto debe confirmarse con el fabricante de la bomba).

Al ubicar los bypass en las extremidades del sistema, se mantiene el flujo de productos químicos para el tratamiento del agua y las tuberías permanecerán «activas», preparadas para cualquier demanda de calefacción o refrigeración. Como alternativa en los casos en los que no sea factible ubicar bypasses en todas las extremidades del sistema, el sistema de control debe configurarse para «ejercitar» las válvulas, asegurándose de que todas las válvulas motoricen una posición abierta al menos una vez cada 24 horas.

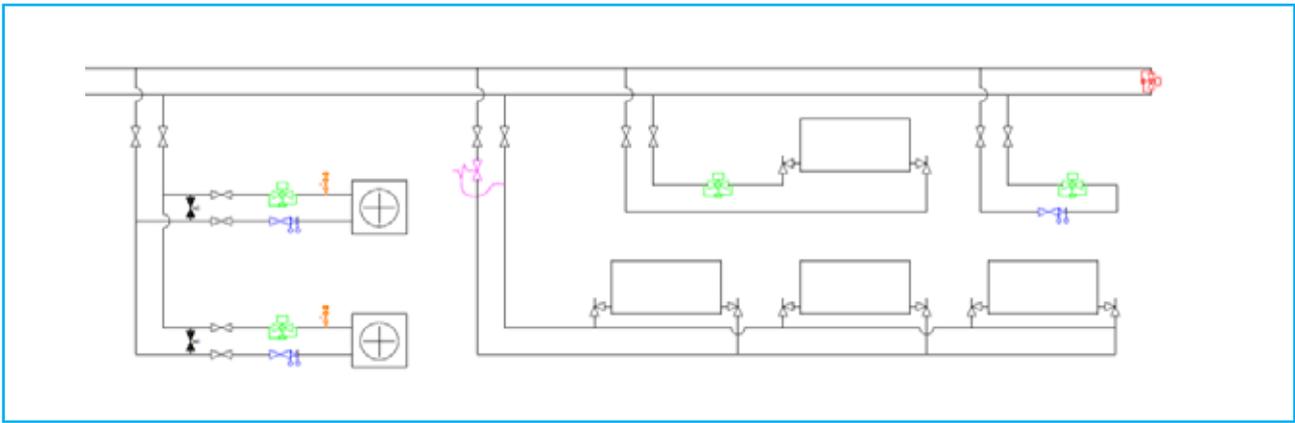


Figura 15. Bypass del sistema

## Uso futuro de bucles de desvío

También deben instalarse PICV sin actuadores en derivaciones de uso futuro para poder controlar el caudal adicional sin comprometer la capacidad de puesta en servicio del edificio base. En algunos casos, se ha preferido una combinación de DRV y DPCV que una única PICV. A continuación, se detalla una comparación entre estos tipos de soluciones:

1. Número de juntas durante la instalación:
  - DRV + DPCV: Más, debido al uso de múltiples dispositivos PICV: Solo 2, ya que la PICV es una combinación de DRV
  - DPCV incorporado (cuanto menor el número de juntas, menores las posibilidades de fugas y mejor resultará el acabado final)
2. Diseño:
  - DRV + DPCV: Se requiere más cálculos al seleccionar el DPCV correcto (flujo, presión, etc.)
  - PICV: Solo se requiere caudal al seleccionar PICV es mejor (debido a las menores posibilidades de error que presentan las PICV por la presencia de un único parámetro implicado).
3. Tiempo de equilibrado:
  - DRV + DPCV: El tiempo requerido es más un requisito para equilibrar el DRV y el DPCV
  - PICV: Solo se requiere preajuste en la PICV
4. Pérdida de energía después de la puesta en servicio:
  - DRV + DPCV: Una vez que el flujo se establece en DRV, no se puede cambiar, ya que provocará un error cuando el área se ocupe más adelante
  - PICV: En el caso de las PICV, el preajuste permanece igual y la parte de control puede estar cerca para ahorrar energía hasta que el área se ocupe.
5. Mantenimiento de  $\Delta T$ :
  - DRV + DPCV: Delta T no se puede mantener ya que el DRV se establecerá en el flujo requerido y solamente en condiciones de carga completa
  - PICV: Delta T está asegurado ya que la PICV solo regulará el flujo requerido y, además, el flujo real pueden seguir reduciéndose hasta el momento de no ocupación (puesto que no hay diversidad en el sistema actual, se recomienda encarecidamente el uso de PICV)

## 6. Precisión:

- DRV + DPCV: Dado que están involucrados 2 componentes, la precisión de la configuración en el sitio sería baja
- PICV: La precisión de la configuración siempre es mejor

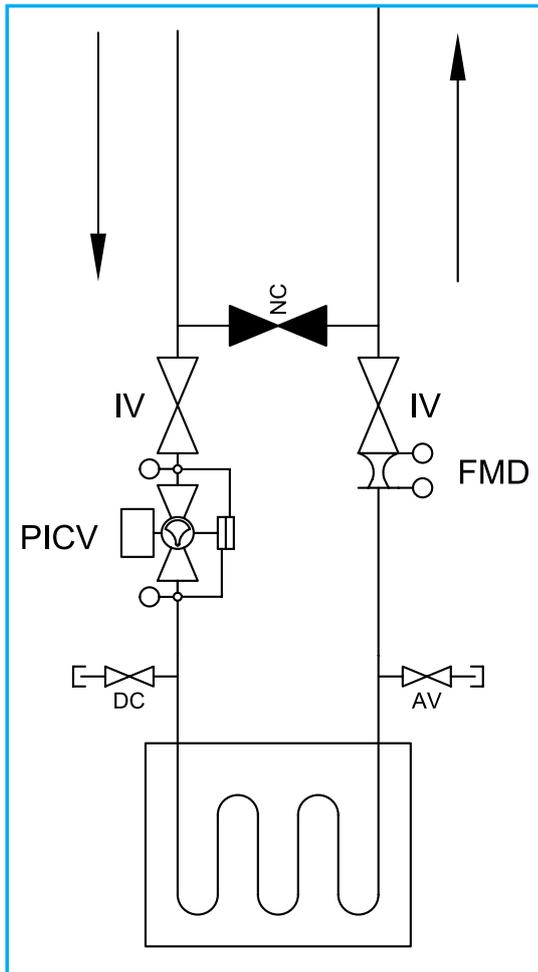
## Control de velocidad de la bomba

El control de velocidad de la bomba debe configurarse de modo que se mantenga un diferencial de presión constante en un sensor de presión diferencial ubicado hacia el índice PICV, es decir, la PICV que se encuentre más alejada de la bomba. Un solo sensor ubicado a dos tercios del camino a lo largo de la rama índice es satisfactorio en sistemas con un patrón de carga uniforme. Como alternativa, se pueden usar múltiples sensores en las ramas más remotas de terminales controladas por PICV en sistemas con un patrón de carga impredecible y variable.

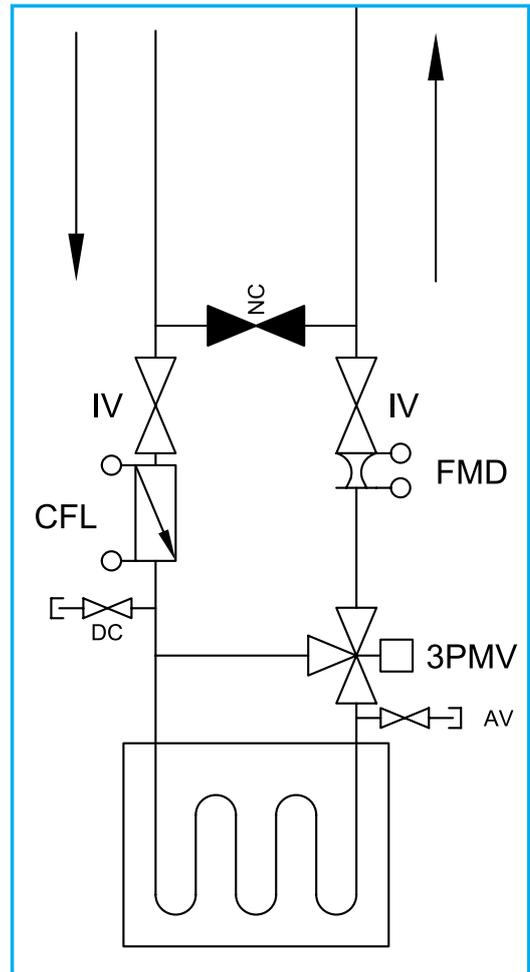
Bajo ninguna circunstancia se debe controlar la velocidad de la bomba de modo que la presión de la bomba se mantenga constante. Esta solución produce inevitablemente grandes aumentos en la diferencia de presión a través de las PICV a medida que se cierran, lo que resulta en significativas variaciones de los valores de caudal establecidos.

El uso de sensores remotos para el control de velocidad de la bomba permitirá que las PICV funcionen con la mayor precisión posible. Esta solución también garantiza el máximo ahorro energético de la bomba posible, según recomendaciones de la guía CIBSE KS7 Sistemas de tuberías de flujo variable y BSRIA BG 12/2011 Sistemas de bombeo de eficiencia energética - una guía de diseño (CIBSE Knowledge Series guide KS7 Variable flow pipework systems and BSRIA BG 12/2011 Energy Efficient Pumping Systems - a design guide).

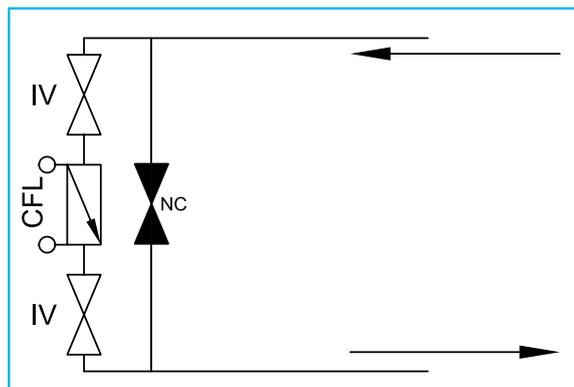
# Esquemas típicos



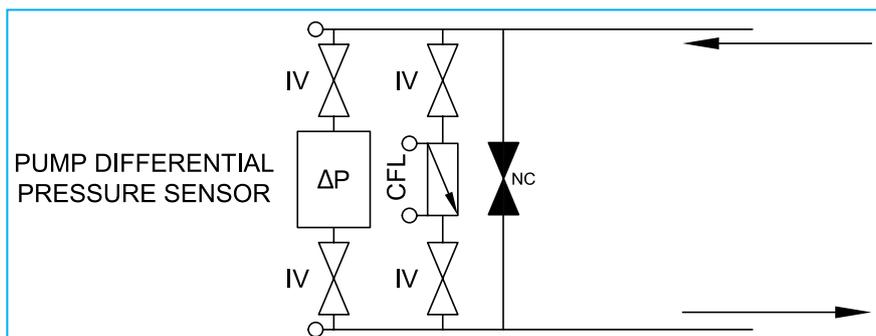
Esquema típico de terminal PICV



Típico extremo de rama con válvula de 3 vías



Típico final de rama con CFL



Típica instalación del sensor DP

# Puesta en marcha del sistema

**Sección W7.7.3 de PUESTA EN MARCHA CIBSE CÓDIGO W: 2010 (Section W7.7.3 of CIBSE COMMISSIONING CODE W: 2010 ) proporciona un método generalizado para la puesta en marcha de sistemas PICV. Las disposiciones que se detallan a continuación sobre dichos métodos proporcionan consejos específicos relacionados con los productos Pettinaroli.**

Estos métodos de puesta en marcha deberían garantizar resultados repetibles dentro de límites aceptables pero teniendo en cuenta los inevitables problemas de precisión y repetibilidad descritos en la página 16 de esta guía.

Cabe señalar que la puesta en marcha de sistemas PICV no se trata de un simple proceso de «lectura y registro». En general, se deben permitir dos visitas a cada válvula con tiempo asignado para encontrar fallos en el medio.

En primer lugar, la presión de arranque siempre debe verificarse en todos los circuitos de índice de la instalación (index circuits). Antes de tomar más lecturas, se deben medir los flujos de diseño en los pisos (elevadores) para garantizar que se alcance el flujo de diseño. En caso de que se detecte un piso con un flujo inferior o superior al de diseño, se requerirá mayor investigación en ese piso. Un aumento en el flujo podría deberse a un by-pass abierto o a que las válvulas PICV no se han regulado en su posición de diseño. Una reducción en el flujo podría ser provocada por unidades terminales aisladas. Es importante garantizar que se alcance el flujo de diseño en cada piso y que la presión de índice esté ligeramente por encima de la presión de arranque a través de la válvula PICV antes de tomar las lecturas de flujo.

En la fase de limpieza y puesta en servicio, se deben verificar todas las PICV instaladas en el sistema. La operación de verificación requiere tiempo, pero es importante asegurarse de que el sistema funcione correctamente, antes de tomar lecturas del caudal. Los ejemplos de posibles problemas que puedan detectarse suelen variar entre dispositivos terminales que generan caídas de presión más altas o desviación de flujos debido a una tubería incompleta o no verificada (es decir, un bypass de limpieza que se haya dejado abierto tras la descarga). Siempre se sugiere medir y registrar la presión diferencial en todas las PICV instaladas en el sistema (consulte el borrador de la lista de verificación en el apéndice). La presión de arranque debe verificarse y alcanzarse en cada una de las PICV. Junto con esta primera verificación, se debe verificar y registrar el caudal a través de cada unidad terminal y elevador. Se sugiere instalar un dispositivo de medición de flujo Venturi en cada unidad terminal y elevador para verificar el flujo; la medición de flujo a través de un orificio variable siempre es menos precisa que un dispositivo de orificio fijo calibrado ( $\pm 20\%$  contra  $\pm 5\%$ ). Todos estos datos deben registrarse en las fichas de puesta en servicio, a fin de que los

ingenieros y los gerentes de las instalaciones verifiquen el funcionamiento del sistema en cualquier momento de su vida útil.

Todas las PICV deben contar con puntos de prueba que permitan la medición de la presión diferencial total a través de la válvula (no solo a través de la válvula de control) y todas las unidades terminales deben tener un orificio fijo Venturi calibrado para una medición precisa y repetible del caudal. Aunque los puntos de prueba suponen un coste extra en la compra de la válvula PICV, gracias a dichas pruebas se consigue obtener una idea del funcionamiento del sistema y explicar las desviaciones de flujo.



## Comprobaciones previas a la puesta en servicio

Antes de iniciar la puesta en marcha, se deben realizar verificaciones previas a la puesta en marcha de acuerdo con lo descrito en el **CÓDIGO DE PUESTA EN MARCHA CIBSE W: 2010 (CIBSE COMMISSIONING CODE W: 2010 )**.

Para los diferentes tipos de válvula PICV también se requiere la siguiente preparación.

Cuando las PICV deben preestablecerse manualmente mediante el ajuste de la rueda manual, los cabezales del actuador, en caso de estar instalados, deben conducirse a su posición completamente abierta y no reposicionarse durante el proceso de puesta en marcha.

Cuando el BMS se va a utilizar como herramienta de puesta en marcha, también se deben completar los siguientes requisitos previos.

- Todos los controladores que se utilizarán para el trabajo de puesta en servicio deben ser alimentados y sometidos a pruebas eléctricas
- La configuración de fábrica debe descargarse a los controladores y deben ingresarse los caudales finales.

- Los cables de comunicación a cada piso o subsección del edificio que deba ponerse en marcha deben instalarse y terminarse adecuadamente.
- Debe establecerse comunicación con los controles y demostrarse su estabilidad y solidez.
- Los actuadores deben estar bien montados y desembragado.
- Deberá haberse puesto a disposición del equipo de puesta en marcha un ordenador destinado a tal efecto, con la consecuente formación previa para su uso.

## Sistemas con válvulas preajustables

Los métodos 1 y 2 se relacionan con la puesta en marcha de válvulas preajustables. Estas son válvulas en las que el caudal está determinado por la posición de una rueda manual o un actuador programable.

### Método 1 - Configuración tras obtención de mediciones de flujo

Este método implica configurar las PICV utilizando mediciones obtenidas de un dispositivo de medición de flujo local. La puesta en marcha se puede completar piso por piso o por secciones.

#### Pasos iniciales

Antes de comenzar las mediciones para cada piso o sección:

1. Asegúrese de que las PICV estén en su posición de fábrica 100 % abierta.
2. Asegúrese de que todos los actuadores de válvula, si están instalados, estén completamente abiertos.
3. Ajuste la bomba a la configuración de velocidad de diseño.
4. Apague la bomba y vuelva a encenderla.
5. Mida la presión diferencial a través de la PICV que se encuentre ubicada más lejos de la bomba utilizando las tomas de presión incorporadas en la PICV. Si el diferencial de presión medido excede el valor de arranque de la PICV, continúe con la «medición y configuración» (consulte la página).
6. Si no se consigue alcanzar la presión de arranque, cierre las secciones del sistema de tuberías o aumente la velocidad de la bomba hasta que se exceda la presión de arranque en el punto de medición. Luego apague y vuelva a encender la bomba antes de comenzar a medir y configurar.

## Medición y configuración

Trabajando a distancia de la bomba, para cada PICV:

1. Conecte un manómetro al dispositivo de medición de flujo en la misma rama que la PICV.
2. Usando la ruedecilla de mano de la PICV, ajuste la configuración hasta que el manómetro indique la medición de flujo requerida. El objetivo es establecer la PICV al 115 % del flujo de diseño.
3. Registre la señal de caída de presión lograda en la estación de medición de flujo y la configuración de flujo PICV indicada.

### Método 2: preconfigurar, medir y recortar

Este método implica preconfigurar las válvulas a sus valores de caudal calculados antes de tomar cualquier medida de caudal. Esta preconfiguración podría llevarse a cabo cuando se completen los trabajos de lavado, preconfigurando la válvula antes de que cada terminal se ponga en línea.

#### Pasos iniciales

1. Asegúrese de que todas las válvulas PICV se hayan preajustado a sus valores de caudal especificados.
2. Asegúrese de que todos los actuadores de válvula, si están instalados, estén completamente abiertos.
3. Ajuste la bomba a la configuración de velocidad de diseño.
4. Apague la bomba y vuelva a encenderla.
5. Mida la presión diferencial a través de la PICV que se encuentre ubicada más lejos de la bomba utilizando las tomas de presión incorporadas en la PICV. Si el diferencial de presión medido excede el valor de arranque de la PICV, continúe con la "medición y configuración" (véase a continuación).
6. Si no se consigue alcanzar la presión de arranque, cierre las secciones del sistema de tuberías o aumente la velocidad de la bomba hasta que se exceda la presión de arranque en el punto de medición. Luego apague y vuelva a encender la bomba antes de comenzar a medir y configurar.
7. Verifique la velocidad de caudal en la rama principal para verificar que su valor sea igual a la suma de las velocidades de caudal PICV preconfiguradas alimentadas desde la rama.

## Medición y configuración

Para cada PICV, y en cualquier orden, realice las siguientes acciones:

1. Conecte un manómetro al dispositivo de medición de flujo en la misma rama que la PICV.
2. Verifique que la medición de flujo indicada se encuentre entre el 105 % y el 115 % del valor de diseño.
3. En caso necesario, ajuste la configuración hasta que se observe una lectura de flujo dentro de estos límites en el dispositivo de medición de flujo.
4. Registre la señal de caída de presión lograda en la estación de medición de flujo y la configuración de flujo PICV indicada.

## Configuración remota de válvulas por controlador BMS

Los métodos 3 y 4 se relacionan con la puesta en servicio de válvulas donde el ajuste de la tasa de caudal se realiza mediante el ajuste del actuador conectado utilizando un BMS.

### Método 3 - Configuración en condiciones de presión descendente

Este método implica configurar las válvulas de forma remota desde un BMS utilizando el actuador de la válvula para posicionar la válvula y alcanzar el caudal requerido. La configuración de las válvulas en condiciones de presión descendente debe garantizar que los flujos alcanzados sean lo más cercanos posible a los que se experimentarán durante las condiciones normales de funcionamiento (siempre que se sigan los consejos dados en la sección 3.5 de esta guía).

#### Pasos iniciales

1. Mediante el ordenador portátil de puesta en marcha, configure todas las válvulas en modo de puesta en marcha.
2. Configure la bomba para que funcione a velocidad constante en la posición de diseño calculada.
3. Mida el caudal en la rama principal y compárelo con el caudal de diseño.
4. Mediante el ordenador de puesta en marcha cierre todas las válvulas, verifique que la lectura del flujo en

la rama principal caiga a cero.

5. Vuelva a abrir todas las válvulas con el ordenador de puesta en marcha
6. Mida la presión diferencial a través de la PICV que se encuentre ubicada más lejos de la bomba utilizando las tomas de presión incorporadas en la PICV. Si el diferencial de presión medido excede el valor de arranque de la PICV, continúe con la «medición y configuración» (véase en la parte superior de la página).
7. Si no se consigue alcanzar la presión de arranque, cierre las secciones del sistema de tuberías o aumente la velocidad de la bomba hasta que se exceda la presión de arranque en el punto de medición. Luego apague y vuelva a encender la bomba antes de comenzar a medir y configura.

## Medición y recorte

Para cada PICV, y en cualquier orden, realice las siguientes acciones:

1. Conecte un manómetro al dispositivo de medición de flujo en la misma rama que la PICV.
2. Verifique que la medición de flujo indicada se encuentre entre el 100% y el 110% del valor de diseño.
3. Si la válvula requiere un ajuste, hágalo configurando el factor de recorte en el software de puesta en marcha.
4. Espere a que la válvula se vuelva a sincronizar.
5. Cuando la bomba se haya reiniciado, registre la señal de caída de presión en la estación de medición y cualquier factor de compensación aplicado.

### Método 4 - Configuración en condiciones de presión ascendente

Este método implica configurar las válvulas de forma remota desde un BMS utilizando el actuador de la válvula para posicionar la válvula y alcanzar el caudal requerido.

La configuración de las válvulas en condiciones de presión ascendente debe garantizar que los flujos alcanzados sean lo más cercanos posible a los que se experimentarán durante las condiciones normales de funcionamiento (siempre que se sigan los consejos del capítulo «Control PICV - Consideraciones esenciales» de esta guía).

## Antes de comenzar con las mediciones

1. Mediante el ordenador portátil de puesta en marcha, configure todas las válvulas en modo de puesta en marcha.
2. Configure la bomba para que funcione a velocidad constante en la posición de diseño calculada.
3. Encienda la bomba.
4. Mida el caudal en la rama principal y compárelo con el caudal de diseño.
5. Mediante el ordenador de puesta en marcha cierre todas las válvulas, verifique que la lectura del flujo en la rama principal caiga a cero.
6. Vuelva a abrir todas las válvulas con el ordenador de puesta en marcha
7. Mida la presión diferencial a través del índice PICV utilizando las clavijas de prueba incorporadas. En caso de que exceda la presión de arranque de las válvulas PICV, proceda a la medición (consulte la verificación por punto de referencia para establecer parámetros conocidos).
8. Si no se consigue alcanzar la presión de arranque, cierre las secciones del edificio o aumente la velocidad de la bomba hasta que se exceda la presión de arranque en el punto de medición. Luego apague y vuelva a encender la bomba antes de comenzar a medir.
9. Anote la posición de ajuste de la bomba.

## Toma de medidas y recorte

En cualquier orden, para cada PICV,

1. El equipo de puesta en marcha puede decidir que se midan y configuren las válvulas en grupos de hasta cinco válvulas, siempre que se cuente con suficientes instrumentos de medición.
2. Conecte un manómetro al dispositivo de medición de flujo.
3. Verifique que la lectura indicada se encuentre entre 110 % y 115 % del valor de diseño.
4. Si la válvula requiere un ajuste, hágalo configurando el factor de recorte en el software de puesta en marcha.
5. Cuando la válvula se haya sincronizado nuevamente a la nueva posición, baje la bomba y luego vuelva a la posición establecida.

## Puesta en marcha de sistemas incompletos

En los casos en los que se deba proceder a la puesta en marcha antes de que se haya completado el sistema de distribución de agua, se deben aplicar las siguientes recomendaciones. El objetivo es simplemente garantizar que el ajuste final y el posterior control de la válvula se realicen siempre bajo las mismas condiciones de presión diferencial. Este método también proporciona una referencia temporal de las condiciones del sistema y debe formar parte del proceso de puesta en marcha. Esta recomendación también debe aplicarse en caso de que el sistema no haya sido diseñado para la recomendación que se ha dado en este capítulo y los elementos como los bypasses se hayan instalado sin control de presión.

Tanto si son los dispositivos de enjuague los que abren parte del sistema como un ingeniero de puesta en marcha que cierra una válvula de by-pass, el problema al intentar poner en marcha un sistema que no haya sido del todo terminado es que el gradiente de presión puede cambiar durante el proceso de puesta en marcha. Esto significará que los resultados medidos serán mucho menos repetibles con respecto a los que pudieran obtenerse de un sistema completamente terminado. Cuando el sistema está a punto de completarse, el circuito de índice puede ser más identificable y, por lo tanto, la información puede tener que cambiar para cumplir con los requisitos de un sistema casi terminado. Este ejercicio podría tener que repetirse.

## Puesta en servicio por puntos de referencia

Para establecer un proceso para tomar mediciones repetibles en terminales y ramas, es importante asegurarse primero de que se repitan las circunstancias en las que se toma cada medición. Para ello, deben establecerse puntos de referencia de presión diferencial en la sección del sistema que se está poniendo en marcha. Cuando se repiten las lecturas en los puntos de referencia, las mediciones terminales deben ser repetibles. La posición de ajuste de la bomba también debe tenerse en cuenta.

## Antes del ajuste inicial de las válvulas PICV por cualquier método

1. Establezca dónde estarán los puntos de referencia para el subsistema. Estos, en general, deberían ser una válvula PICV en el índice o al final del recorrido y, opcionalmente, una válvula PICV cerca del comienzo del recorrido de la tubería
2. Apague la bomba y vuelva a encenderla.
3. Mida la presión diferencial en el índice y asegúrese de que sea superior a la presión de arranque para la válvula PICV. Si no es lo suficientemente alta, ajuste la velocidad de la bomba y luego apague la bomba y vuelva a encenderla.
4. Mida y registre la presión diferencial en los puntos de referencia utilizando las clavijas de prueba incorporadas.
5. Registre la configuración de la bomba.

## Toma de lecturas repetidas

1. Antes de comenzar a volver a medir el caudal en el subcircuito, mida la presión diferencial en el punto de referencia.
2. Apague la bomba y vuelva a encenderla.
3. Si las lecturas de presión diferencial en los puntos de referencia arrojan los mismos valores que en las lecturas iniciales, proceda entonces a registrar la repetición de mediciones.
4. Si las mediciones en los puntos de referencia son diferentes a las lecturas iniciales, ajuste la velocidad de la bomba hasta alcanzar los valores de referencia. Apague la bomba, vuelva a encenderla y vuelva a verificarlo.

## Verificación

La verificación puede realizarse mediante la realización de controles puntuales o a través de una nueva medición completa, según la preferencia de la autoridad verificadora. Para garantizar altos niveles de consistencia en las lecturas de la verificación, antes de verificar los caudales, asegúrese de seguir los mismos pasos que se realizaron durante el proceso de puesta en marcha.

## Puesta en marcha de controles

En general, durante el uso de una PICV no existen tareas adicionales de puesta en marcha de controles, pero se debe garantizar que el instalador de los controles tenga en cuenta la selección del actuador.

## Actuadores 0-10v

En general, los actuadores proporcionales de 0-10v no requieren una puesta en marcha especial; sin embargo, algunos modelos son configurables sobre el terreno mediante interruptores DIP o conexiones de puente. Debe establecerse con el fabricante si hay alguna configuración que deba realizarse sobre el terreno.

## Actuadores de 3 puntos

Los actuadores de 3 puntos flotantes (accionamiento abierto / accionamiento cerrado, tri-estado) requieren que el tiempo de accionamiento (y el tiempo de resincronización) para la combinación de válvula y actuador se configure correctamente en el controlador BMS.

# Operación y optimización del sistema con PICV



## Costes del ciclo de vida

Para calcular el coste del ciclo de vida de un edificio, será necesario ir más allá de sus costes de instalación inicial. Desde la perspectiva del propietario, el precio inicial difiere mucho del coste total, pues todavía deben sumarse los costes relativos a la posesión y operación de la instalación.

Los estudios muestran que, en general, el coste ciclo de vida de cuarenta años de un edificio comercial, solamente se aproxima al 11 % del coste inicial de construcción. Casi el 75 % de los costes se irán generando a medida que el propietario use y cambie la instalación para satisfacer sus necesidades de cada momento. Los costes suelen generarse por renovaciones de la instalación, así como por las operaciones en curso y las necesidades de mantenimiento del edificio.

El propietario compra o alquila el edificio a un promotor. A este último solo le preocupan los costes de construcción, por lo que trata de reducir el coste de la inversión inicial, eligiendo e instalando los equipos solamente en función de su precio inicial. Es decir, no tiene en cuenta los costes que se irán generando a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio, procedentes de necesidades de operación, mantenimiento y modernización. Por otro lado, la calidad y eficiencia del equipo que se instale influye directamente en los costes de operación.

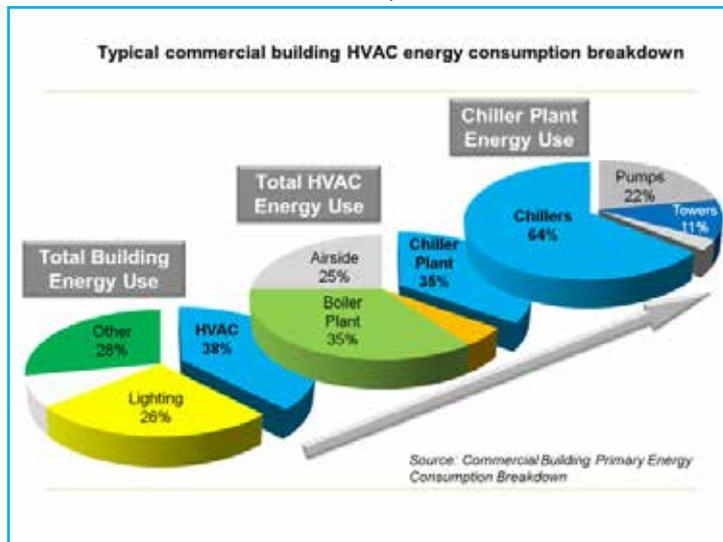
El consumo promedio de climatización puede variar, entre un conservador 38 por ciento y un 50 por ciento del coste total del ciclo de vida. Entre los diferentes tipos de sistemas de climatización (aire, enfriadores, calderas), los que mayor porcentaje de energía consumen son las plantas de refrigeración, que se sitúan en aproximadamente un 35 %. Dentro de la planta de refrigeración, el refrigerador es el que consume la mayor cantidad de energía, alrededor del 64 %, seguido por las bombas, que también utilizan un significativo porcentaje de la energía total utilizada.

El rendimiento y la eficiencia del refrigerador están determinados por el efecto Delta T de las unidades terminales.

El equilibrio hidráulico y el control de flujo son una parte muy importante para mantener la eficiencia para alcanzar un buen rendimiento en todo el sistema de climatización.

Aunque la mano de obra representa el mayor coste durante la vida útil del edificio, el coste energético es el coste individual más importante que el administrador de la instalación puede controlar.

La introducción de un programa de ahorro energético que afecte a las personas que trabajan en el edificio podría conllevar importantes efectos negativos (productividad, bajas por enfermedad, etc.) si al implementarlo llegara a perjudicar la comodidad y la calidad del aire interior del edificio.



## Exceso de flujo y DeltaT

Un exceso de flujo en los sistemas de climatización puede provocar una pérdida de la eficiencia y generar gastos innecesarios por muchos factores.

- Pérdida de eficiencia en refrigeradores debido al bajo Delta T generado por el exceso de flujo
- Gasto innecesario en bombeo, ya que se está moviendo un flujo de agua superior al necesario.
- Pérdida de eficiencia en intercambiadores de calor.
- Desgaste prematuro de equipos.
- Costes intrínsecos generados por la pérdida de productividad del edificio causada por un funcionamiento incorrecto o un bajo rendimiento de los equipos de aire acondicionado.

El uso de PICV con características isoporcentuales reduce el exceso de flujo y evita los fenómenos de Delta T bajos. El sistema de climatización funciona principalmente en condiciones de carga parcial, lo que significa que las válvulas de control controlan el caudal que fluye al terminal. La característica de la válvula de control determina el rendimiento del sistema. La característica isoporcentual en una válvula de control de presión regulada en un intercambiador de calor de agua a aire es la única característica que permite garantizar óptimas condiciones de confort sin perder eficiencia. Teniendo en cuenta que la salida térmica (P) depende de los requisitos térmicos del entorno (temperatura ambiente), las válvulas lineales o las válvulas ON-OFF permiten mayores caudales (m) con carga parcial que una válvula PICV isoporcentual, como se muestra en la página 14. Un control deficiente provoca una disminución del Delta T ( $\Delta T$ ) de diseño.

$$P = \dot{m}c_p\Delta T$$

Una velocidad de flujo mayor que la requerida provoca un significativo derroche energético debido al sobredimensionamiento de la bomba: para alcanzar el aumento de la velocidad de caudal en un sistema de volumen variable, la bomba debe, por lo tanto, aumentar la velocidad de bombeo o, como alternativa, aplicar más bombeo por etapas. Según las leyes de afinidad de la bomba y la ecuación de potencia de la bomba, un mayor caudal requiere una mayor velocidad de bombeo (N).

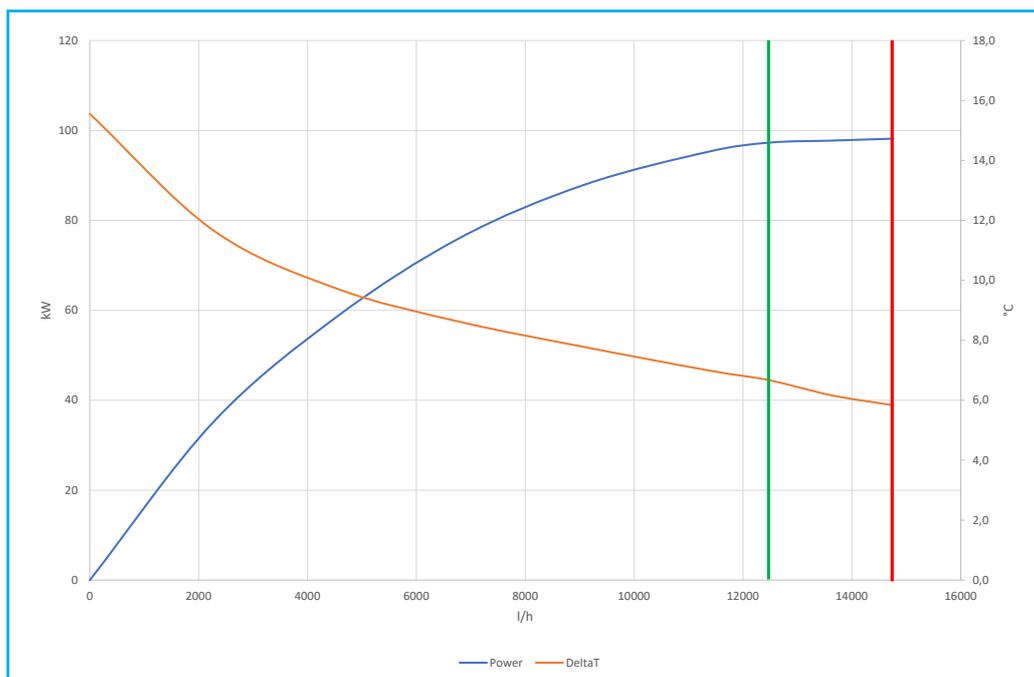
$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 \left(\frac{N_1}{N_2}\right)$$

$$\Delta p_1 = \Delta p_2 \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

$$P_1 = P_2 \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3$$

Un aumento de la velocidad de bombeo provoca un aumento cúbico del consumo energético de la bomba (P). El exceso de flujo aumenta el consumo energético. Un exceso de flujo que no se haya resuelto en años de operación puede terminar generando un importante derroche energético. Para evitar los efectos de un Delta T deficiente, es necesario diseñar y seleccionar correctamente las válvulas de control y el balance del flujo. Por otro lado, garantizar que los intercambiadores de calor de agua a aire se encuentren equipados con válvulas PICV con características isoporcentuales (y un correcto dimensionamiento en función del caudal de diseño) permite alcanzar la máxima eficiencia.

El cumplimiento de las características de la válvula (tipo de control, autoridad, calidad, material) con todos los aspectos mencionados en este manual ayuda al diseñador y a los gerentes a seleccionar correctamente la válvula. Asimismo, estos mismos factores los ayudarán a evaluar correctamente el rendimiento del sistema.

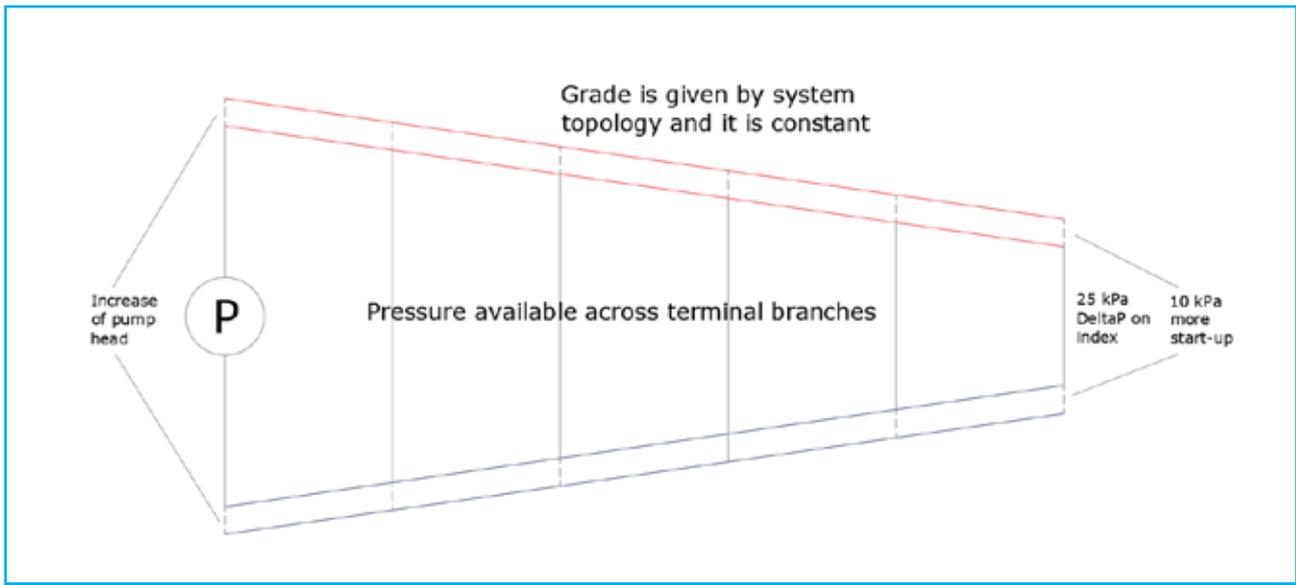


Potencia de salida característica de un intercambiador de calor de agua a aire

## Efecto de la alta presión de arranque en una válvula PICV

Las PICV por resorte requieren el paso de una presión diferencial mínima a través de la válvula para comenzar a controlar el caudal. La presión de arranque de la PICV en el circuito de índice (index circuit) afecta el consumo de energía de bombeo. Cuanto más bajo sea el cabezal de la bomba, menor será la potencia de la bomba requerida. La ecuación de potencia de la bomba establece que la potencia es proporcional al caudal y la altura de la bomba, por encima de la eficiencia de la bomba. La bomba seleccionada para cumplir con los requisitos del sistema (caída de presión del sistema y caudal másico) determina el consumo de energía.

$$P_e = \frac{\dot{m}\Delta p}{\eta_e}$$



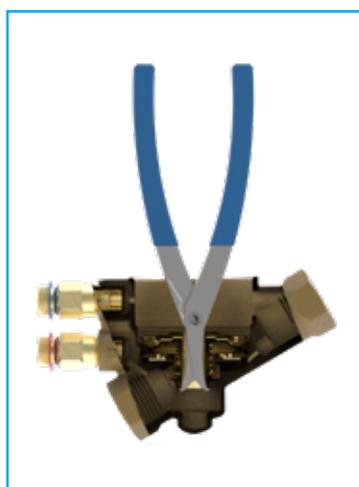
Explicación visual del aumento del cabezal de la bomba debido a una mayor presión de arranque en el índice

En edificios grandes donde hay elevados caudales, un pequeño aumento de la presión de arranque genera a su vez un pequeño aumento de la altura de la bomba; sin embargo, este «pequeño» aumento provoca un mayor consumo energético de la bomba. Cabe señalar que las pérdidas de presión del sistema son casi constantes a lo largo de la vida útil de los edificios. Una mayor presión de arranque (y pérdidas de presión) en el sistema provoca un mayor consumo de energía durante la vida útil del edificio.

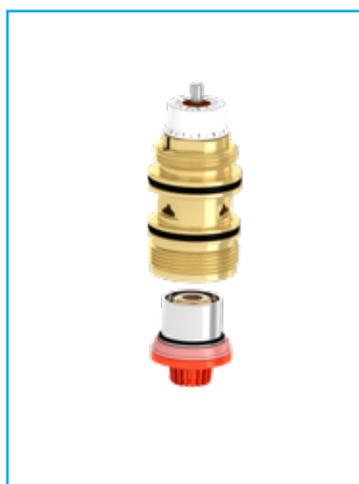
## Mantenimiento de la válvula

Las válvulas PICV requerirán mantenimiento durante toda la vida útil del edificio. Si la calidad del agua se verifica y mantiene de forma constante, las válvulas PICV funcionarán según lo diseñado. Si no se mantiene la calidad del agua, puede acumularse suciedad alrededor de los componentes móviles (regulador de presión diferencial, válvula de control, etc.) y estos pueden atascarse. Los equipos de mantenimiento deben garantizar que el sistema se mantenga limpio y operativo.

Las válvulas de control a las que no se les realiza mantenimiento, pueden fallar. Si eso sucede, será necesario instalar nuevas válvulas de control para garantizar la operación y el rendimiento continuos del sistema. Algunas válvulas de control han sido diseñadas para poder desmontarse con el uso de herramientas específicas, y los componentes internos, como el regulador de presión diferencial y la válvula de control, se pueden extraer y reemplazar por otros nuevos. De esta forma, se evita la necesidad de extracción de todo el cuerpo de la válvula. En caso de que los componentes internos estén integrados en un cuerpo de metal, la pieza puede desenroscarse con una llave estándar y reemplazarse con un nuevo componente interno. La última tecnología permite desmontar el regulador de presión diferencial, limpiarlo y volver a montarlo.



Mantenimiento de una PICV con herramientas adicionales



Mantenimiento de una PICV con llave estándar

## Calidad del agua: qué hacer en caso de que no se mantenga

La calidad del agua que fluye por un sistema de climatización desempeña un papel crucial para garantizar la fiabilidad y el rendimiento del sistema. Muchos dispositivos pueden dañarse o presentar un bajo rendimiento debido a la suciedad, los productos químicos agresivos u otras sustancias contenidas en el agua. Diferentes asociaciones nacionales reguladoras se encargan de publicar anualmente los estándares sobre la calidad del agua. Los técnicos involucrados en la puesta en marcha del sistema y el mantenimiento de las instalaciones deberán estar, por lo tanto, siempre informados acerca de dichos estándares nacionales de calidad del agua.

Durante la puesta en marcha del sistema, los contratistas deben realizar una limpieza completa de las tuberías y las unidades terminales, asegurando que no haya suciedad o contaminantes (especialmente productos químicos incompatibles) que hayan afectado los componentes internos de la válvula PICV. Luego, será responsabilidad de los administradores del edificio asegurarse de que la calidad del agua se mantenga en cumplimiento con los estándares durante toda la vida útil del edificio. Puesto que el rendimiento de la válvula PICV puede verse seriamente afectado por la suciedad y los contaminantes en el agua, los fabricantes de PICV siempre preferirán el uso de agua limpia sin rastro de suciedad, pero todavía aceptan pequeñas cantidades de impurezas en el agua, aunque suelen ser más restrictivos que los estándares nacionales. De hecho, los reguladores de presión diferencial se pueden llegar a bloquear o ralentizar a causa de la fricción adicional provocada por la presencia de suciedad, que se acumula alrededor de las juntas tóricas y las superficies internas. Entre los contaminantes, el más común y más peligroso es el óxido de hierro, que puede encontrarse en altas concentraciones en el agua del sistema debido a la corrosión de las tuberías de acero: los fabricantes aceptan una cantidad muy baja de óxido de hierro en el agua. Tiende a fijarse en superficies: aumenta mucho la fricción entre las superficies móviles como los reguladores de presión diferencial y su junta tórica. Se pueden realizar pruebas de rendimiento de la válvula PICV. En caso de que no puedan mantenerse unos estándares de calidad en el agua o no se consiga llegar a los estándares habituales para las PICV, se recomienda instalar la última tecnología de regulador de presión diferencial, que puede funcionar en condiciones muy exigentes. Este avance permite que el nuevo diseño PICV funcione incluso con concentraciones muy elevadas de óxido de hierro en el agua. Gracias a este sistema, se obtiene un caudal constante y preciso durante toda la vida útil de la PICV. Se reduce así la necesidad de mantenimiento de la válvula PICV, pero de todas formas se sigue recomendando controlar la calidad del agua.



Ejemplo de agua sucia y limpia

## Ventajas del preajuste externo

Los contratistas, los ingenieros de puesta en marcha y los gerentes de las instalaciones deben asegurarse de que los dispositivos de preajuste de PICV permitan operaciones rápidas y precisas, a fin de garantizar un rendimiento de trabajo rápido y óptimo. Por lo general, las válvulas de control se instalan en espacios estrechos, como falsos techos y gabinetes de unidades terminales. El preajuste de la PICV debe ser preciso y fácil de configurar. Hay dos tipos de mecanismos de preajuste: de ajuste interno y de ajuste externo.

El de ajuste interno es pequeño, ya que cabe debajo del actuador. Así pues, las válvulas PICV de ajuste interno presentan escalas menores y la escala de preajuste es pequeña y difícil de leer, especialmente en lugares estrechos y oscuros. El sistema ajuste puede ser difícil de ver y girar al mismo tiempo. La escala de referencia en el cuerpo suele ser pequeña y puede quedar oculta por el dispositivo de ajuste. La configuración solo se puede ajustar cuando el actuador no está acoplado a la válvula. De esta forma, se evita cualquier manipulación u operación accidental, pero también hace que la operación de configuración sea más lenta y costosa. El actuador debe ser retirarse y vuelto a instalar por un técnico cualificado. Una vez completada la configuración, el actuador oculta el porcentaje o valor de configuración. Sin retirar el actuador, es imposible que el administrador de la instalación verifique la configuración real. El ajuste externo requiere un cuerpo de válvula superior, pero supone otras ventajas para los ingenieros de puesta en marcha y administradores de edificios. Cuenta con una escala de mayor tamaño que se puede leer incluso en lugares pequeños y oscuros, así como con un dial más grande, que facilita la rotación. Asimismo, las escalas más grandes generalmente también cuentan con puntos de referencia más fáciles de identificar. Existen sistemas de bloqueo o antimanipulación para evitar modificaciones inesperadas de la configuración previa. No se requiere un técnico especializado para retirar el actuador. El dial de ajuste se puede manipular incluso con el actuador conectado. El administrador del edificio puede verificar fácilmente la posición establecida y modificarla de ser necesario en cualquier momento de la vida útil del edificio.



Preajuste interno



Preajuste externo

# Tolerancias



El Código W de CIBSE proporciona tolerancias de puesta en marcha que generalmente se encuentran dentro del rango de -5 % a + 10 % para la mayoría de las bobinas de enfriamiento de calefacción pequeñas, reduciéndose de -0% a + 10% en el caso de bobinas más grandes.

En la práctica, estos rangos de tolerancias pueden resultar difíciles de alcanzar con las PICV si no se han aplicado las recomendaciones proporcionadas en las 3 secciones anteriores de esta guía.

El punto crítico es llegar a obtener valores de caudal que sean superiores al nivel mínimo de tolerancia. Por lo tanto, como se describe en las declaraciones del método de puesta en servicio en el capítulo anterior, es prudente establecer el caudal dentro de un rango de +10 a + 15% de sus valores de diseño. De esta forma, se permitirá una variación de hasta -15% antes de que se exceda el límite mínimo de tolerancia. Del mismo modo, la bomba debe dimensionarse para hacer frente a un flujo de hasta el 120% del valor máximo de diseño (como se recomienda en la página 23 de esta guía) a fin de poder tolerar los incrementos en el flujo a partir de los valores de diseño establecidos.



# Pettinaroli



# PICV de Pettinaroli

Como proveedor de soluciones especializadas para el equilibrado, el control y la medición de los sistemas de distribución de agua en la industria de climatización, Pettinaroli se dedica a crear y suministrar productos innovadores y eficientes que satisfagan las cambiantes necesidades tanto de edificios como de usuarios.

Además de una amplia gama de PICV, Pettinaroli suministra una vasta cartera de productos, entre los que se incluyen los conjuntos de válvulas PCS para fan coils, vigas refrigeradas y otras unidades terminales hidráulicas, válvulas Filterball®, válvulas de puesta en servicio Terminator®, válvulas de bola y sistemas de colector. Todo ello se suma al innovador concepto de puesta en marcha Remote®: una solución de sistema que ofrece todo lo necesario para equilibrar y controlar el flujo de agua a las unidades terminales hidráulicas de forma verdaderamente flexible y energéticamente eficiente.

## EVOPICV, PICV Axial

La válvula de diseño axial, conocida como EVOPICV, se ha seleccionado por diferentes razones:

- Se requiere una rápida respuesta
- El controlador BMS no es capaz de realizar una puesta en marcha remota
- Suelen requerir un programa de puesta en marcha más tradicional
- El programa de construcción ya está configurado
- Se requiere flujo constante al final del circuito
- Diseño más compacto
- Característica isoporcentual o lineal intrínseca
- Roscas BSP y NPT disponibles (válvulas roscadas) Bidas DIN y ANSI estándar disponibles (válvulas bridadas)

El rango de Pettinaroli de PICV axial se divide en válvulas isoporcentuales y lineales:

- 91 y 93, característica intrínseca isoporcentual y preajuste externo
- 92, característica lineal intrínseca y regulador de presión diferencial libre de suciedad
- 94F y 95F, característica isoporcentual y lineal proporcionada por el actuador dedicado

**La válvula 91/93 presenta algunas prestaciones excelentes:**

- El obturador de la válvula de control tiene una característica intrínseca isoporcentual, adecuada para unidades terminales de agua a aire, como unidades de serpentín de ventilador, vigas refrigeradas o unidades de tratamiento de aire
- El diseño de vástago ascendente garantiza que la carrera de la válvula se mantenga incluso cuando la válvula está preajustada (sin pérdida de carrera)
- Los caudales se pueden ajustar y las válvulas se bloquean en su posición, incluso con el actuador instalado

- Se pueden realizar tareas de mantenimiento utilizando una herramienta especial y unidireccional; adecuada para instalación en tuberías de flujo o retorno siempre que se respete la flecha de dirección del flujo
- El cuerpo de la válvula está fabricado en latón resistente a la deszincificación (DZR) y está disponible en 4 tamaños (DN15, DN20, DN25 y DN32) y diferentes caudales
- Tiene una ruedecilla de mano negra, grande y fácil de usar con anillo de ajuste integrado y función de bloqueo, que se utiliza para ajustar la válvula y el caudal
- Se acciona por medio de un actuador electromecánico, un actuador termoelectrónico o un sensor TRV, siempre con característica isoporcentual.
- Se incluyen puntos de prueba en el diseño de la EVOPICV para medir la presión diferencial con el fin de verificar que la válvula esté funcionando correctamente.



Serie 91



Serie 93

## La válvula 92 Dynasty presenta algunas prestaciones excelentes:

- El obturador de la válvula de control tiene una característica lineal intrínseca, adecuada para unidades terminales de agua a agua, como intercambiadores de calor.
- Su diseño garantiza un cuerpo más reducido que puede caber en espacios estrechos.
- Los caudales se pueden ajustar a través de una perilla graduada que se puede bloquear en su posición una vez el actuador se encuentra en su lugar.
- El preajuste reduce la carrera de la válvula de control: se puede llevar a cabo el preajuste remoto.
- Se pueden realizar tareas de mantenimiento utilizando una llave hexagonal estándar; adecuada para instalación en tuberías de flujo o retorno siempre que se respete la flecha de dirección del flujo.
- El cuerpo de la válvula está fabricado en latón resistente a la deszincificación (DZR) y está disponible en 4 tamaños y caudales diferentes.
- El diseño libre de suciedad del regulador de presión

diferencial garantiza el funcionamiento correcto de la válvula incluso cuando la buena calidad del agua tipo retroalimentación, a prueba de fallos y deshabilitación manual. Este factor convierte a la válvula en una PICV de larga duración.

- Se acciona por medio de un actuador electromecánico, un actuador termoelectrónico o un sensor TRV, siempre con característica isoporcentual
- Se incluyen puntos de prueba en el diseño de la EVOPICV para medir la presión diferencial con el fin de verificar que la válvula esté funcionando correctamente.



Serie 92 Dynasty

## Las válvulas 94F y 95F presentan algunas prestaciones excelentes:

- La válvula de control tiene una característica isoporcentual y lineal (programable), proporcionada por el actuador específico (desarrollado y configurado específicamente para cada válvula); adecuado para unidades terminales agua-aire y agua-agua
- Los caudales se pueden ajustar a través del actuador: las características de control incorporadas garantizan una característica isoporcentual o lineal perfecta en cada preajuste.
- Unidireccional; adecuada para instalación en tuberías de flujo o retorno siempre que se respete la flecha de dirección del flujo
- El cuerpo de la válvula está fabricado en hierro dúctil de deszincificación.
- Amplio rango de tamaños y caudales: de 2 "a 10"; de 5.000 l/h a 500.000 l/h (desde 22 Gpm hasta 2200 Gpm )
- Se acciona mediante un actuador inteligente electromotor (incluido); disponibles actuadores de no pueda garantizarse.
- Se incluyen puntos de prueba en el diseño de la EVOPICV para medir la presión diferencial con el fin de verificar que la válvula esté funcionando correctamente.



Serie 94F

## PICV rotativa

La válvula rotativa, conocida como EVOPICVR, se selecciona por varias razones:

- El cliente requiere una mayor flexibilidad para:
  - Puesta en marcha estacional
  - Diseños de sala flexibles
  - Rutinas de limpieza programables
- Se requiere control isoporcentual intrínseco
- El controlador BMS es capaz de realizar una puesta en marcha Remote®
- Se requiere una solución con un diseño más técnico
- Válvula de cierre

### La válvula presenta algunas prestaciones excelentes:

- El diseño de la válvula incorpora una bola caracterizada, con varios perfiles disponibles para adaptarse al caudal de diseño, cubriendo los requisitos de flujo estándar, flujo bajo y flujo muy bajo.
- El diafragma del controlador de presión diferencial garantiza el mantenimiento de una presión constante a través de la válvula.
- La válvula cuenta con un plano de acoplamiento ISO 5221 F03 y F04 para una instalación rápida y fácil de actuadores
- El cuerpo de la válvula está fabricado en latón resistente a la deszincificación (DZR) y está disponible en tamaños DN15, DN20 (81) DN25 y DN32 (83)
- La válvula también está disponible en tamaños DN40 y DN50 en hierro dúctil (83); y se entra al modo de limpieza girando la bola 180 °
- No requiere mantenimiento y es unidireccional; adecuada para instalación en tuberías de flujo o retorno siempre que se respete la flecha de dirección del flujo
- Existen diferentes modelos que pueden ser adecuados para diferentes actuadores.



serie 81



Serie 83

# LISTA DE VERIFICACIÓN

## Prerrequisito

1. Asegúrese de que todas las válvulas de todo el sistema se encuentren completamente abiertas. Todos los bypasses en los sistemas deberán estar cerrados.
2. Asegúrese de que se hayan completado todas las actividades de limpieza.
3. Asegúrese de que todos los actuadores no se encuentren instalados o que los actuadores estén encendidos.
4. Ajuste la bomba a la configuración de velocidad de diseño. Apague la bomba y vuelva a encenderla. Mida la presión diferencial a través de la PICV utilizando las tomas de presión incorporadas en la PICV. Si el diferencial de presión medido excede el valor de arranque de la PICV especificado en la ficha de selección, continúe con la «medición y configuración».
5. Si no se consigue alcanzar la presión de arranque, cierre las secciones del sistema de tuberías o aumente la velocidad de la bomba hasta que se exceda la presión de arranque en el punto de medición. Luego apague y vuelva a encender la bomba antes de comenzar a medir y configurar.
6. Verifique la velocidad de caudal en la rama principal (con la DRV instalada) para verificar que su valor sea igual a la suma de las velocidades de caudal PICV preconfiguradas alimentadas desde la rama.
7. El manómetro utilizado debe ser solo de calibrado.
8. Ninguna de las PICV deberá enjuagarse en inverso.
9. No se puede medir el flujo desde la PICV, solo es posible medir la presión de arranque.
10. Para la verificación del flujo en la Rama DRV, se puede medir el flujo para comprobar el índice de flujo total de la Rama PICV.

Sr. N.º	Referencia de unidad	Ubicación	PICV Modelo	Posición de preajuste	Rango de presión PICV		Pr. medido	Rango aceptable
					Min kPa	Max kPa	kPa	Si/No
						600		
						600		
						600		
						600		
						600		
						600		
						600		
						600		
						600		

# Información complementaria

Se pueden encontrar más detalles sobre el diseño del sistema y la puesta en marcha en:

[Pettinaroli guide: assessment of alternative valve solutions for heating and chiller water system](#)

[CIBSE Guide H Building control systems](#)

[CIBSE knowledge Series Guide KS7 Variable flow pipework systems](#)

[CIBSE Commissioning Code W:2010](#)

[BSRIA Guide BG44/2013 Seasonal Commissioning](#)

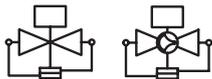
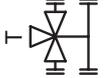
[BSRIA Guide BG2/2010 Commissioning Water Systems](#)

[BSRIA Guide BG29/2012 Pre-commission Cleaning Of Pipework Systems](#)

[BSRIA Guide BG12/2011 Energy Efficient Pumping Systems](#)

[BSRIA Guide 30/2007 HVAC Building Services Calculations Second Edition](#)

[BSRIA Guide BG51/2014 Selection of Control Valves in Variable Flow Systems](#)

KEY TO SCHEMATIC SYMBOLS		
IV		ISOLATION VALVE
TWV		THREE WAY VALVE
STR		FILTERBALL / STRAINER
DRV		DOUBLE REGULATING VALVE
CS		COMMISSIONING SET
FMD		FLOW MEASUREMENT DEVICE
2PMV		2 PORT CONTROL VALVE
3PMV		3 PORT CONTROL VALVE
CFL		CONSTANT FLOW LIMITER
PICV		PRESSURE INDEPENDENT CONTROL VALVE
EPICV		ELECTRONIC CONTROL VALVE
DPCV		DIFFERENTIAL PRESSURE CONTROL VALVE
PRV		PRESSURE REDUCING VALVE
NRV		NON RETURN VALVE
TRV LSV		TRV / LOCKSHIELD VALVE
DC		DRAIN COCK
AV		AIR VENT
SV		PRESSURE TEMPERATURE RELIEF VALVE
IV		FLUSHING BYPASS VALVE
TP		P/T TEST POINT
UN		UNION

## Fratelli Pettinaroli SpA

Via Pianelli, 38  
I-28017 San Maurizio d'Opaglio (NO)

Tel +39 0322 96217  
Fax +39 0322 96546  
info@pettinaroli.com  
www.pettinaroli.com



FM01402



EMS72948



ENMS582052

© 2019 Pettinaroli

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, photocopied, stored on a retrieval system or transmitted without the express written permission of Pettinaroli.

Pettinaroli®, Remote®, Xterminator®, Filterball®, Filtermate® and Terminator® are registered trademarks. Pettinaroli reserves the right to introduce changes without prior notice.