

121
2e5



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**SELECCION Y ESPECIFICACION DE
VALVULAS DE CONTROL**

TRABAJO MONOGRAFICO DE ACTUALIZACION

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :

FERNANDO PONS MESTRE

México, D. F.

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN





UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Indice

Introducción	1
I. Preámbulo	3
II. Generalidades	
La importancia de las válvulas de control	8
Clasificación de válvulas de control	19
Partes principales de las válvulas de control	39
Tipos de actuadores	54
Accesorios de las válvulas de control	64
III. Criterios de Selección	
Criterios de selección de válvulas de control	74
Criterios de selección de actuadores	114
IV. Dimensionamiento de Válvulas de Control	
Teoría de dimensionamiento	122
Método de la ANSI/ISA	138
Método de Fisher	163
Comparación de los métodos	180
V. Cavitación y Plasheo en Válvulas de Control	182
VI. Ruido en Válvulas de Control	194
VII. Especificación de Válvulas de Control	213
VIII. Conclusiones	222
IX. Apéndices	
A) Tablas	
B) Glosario	
C) Bibliografía	

Introducción

Una válvula de control es un equipo que pertenece a la rama de la instrumentación y control de procesos. Esta rama ha evolucionado a gran velocidad en los últimos veinticinco años y ha tomado una gran importancia dentro de la industria, ya que la mayoría de los procesos utilizados en la industria requieren algún tipo de sistema de control de procesos para obtener mejores resultados dentro de los mismos.

Uno de los elementos de un sistema de control son las válvulas de control, por lo que es necesario tener una guía para la correcta selección tanto de la válvula como de su actuador.

Debido a la importancia que ha ido adquiriendo el control de procesos, es necesario dar una mayor difusión a esta rama dentro de la ingeniería química. En la enseñanza no se le da mucha importancia al control de procesos y a las válvulas de control, por lo que el objetivo principal de la tesis es el de difundir con toda amplitud posible este tipo de equipo en la enseñanza profesional.

Se pretende que la presente información sea utilizada como consulta de algún estudiante, o tener fines didácticos en algunas de las materias de ingeniería química, como por ejemplo, flujo de fluidos, dinámica y control de procesos y selección y especificación de equipos.

Introducción

Otro de los objetivos es que la tesis sea una guía o manual de carácter general de como dimensionar, seleccionar y especificar válvulas de control, ya que es un accesorio que es necesario conocer dentro de los procesos industriales actuales.

Preámbulo

I. Preámbulo

Seleccionar una válvula de control para una aplicación en particular solía ser muy simple. Normalmente sólo se consideraba un tipo general de válvula: la válvula de vástago deslizante.

Cada fabricante ofrecía su producto para un determinado trabajo y la selección de la válvula dependía solamente de factores relativamente simples como son: el costo de la válvula, el tiempo de entrega del equipo, las relaciones comerciales entre proveedor y cliente, y la preferencia del usuario por un tipo de válvula en particular.

Hoy en día, los factores para una apropiada selección son considerablemente más complicados, sobre todo para los ingenieros con limitada experiencia en campo o aquellos que no se han mantenido en contacto con los cambios y progresos de la industria de las válvulas de control.

Para muchas aplicaciones comunes se pueden utilizar tanto válvulas de bola, de vástago deslizante en diferentes modelos como válvulas tipo mariposa.

Algunas de estas válvulas son consideradas como "universales" para casi todos los tamaños y servicios, mientras que otras son las soluciones óptimas para aplicaciones o necesidades bien definidas.

Hasta el operador más conocedor puede preguntarse, si realmente está obteniendo la válvula de control óptima para su proceso y así conseguir un máximo beneficio por el dinero invertido en la válvula de control.

Preámbulo

Como la mayoría de las decisiones, la selección de la válvula de control apropiada involucra a un gran número de variables. Entre las variables que tenemos que considerar se encuentran: los límites por temperatura y presión, el material de las partes de la válvula, las características de flujo en la válvula (apertura rápida, igual porcentaje, lineal, etc...), rangeabilidad, uso de equipo auxiliar (posicionadores, transductores, etc...), caída de presión permisible, tipo de conexiones, si tenemos presencia de cavitación, flasheo o ruido, tipo de control a realizar (on/off o modulante) y costo de la válvula entre otros.

Como se puede observar la selección de la válvula no es nada sencilla y en esta tesis se presentan criterios para la selección de válvulas de control.

Uno de los aspectos más importantes en la selección de una válvula es el correcto dimensionamiento de la misma. Antiguamente para seleccionar el tamaño de una válvula de control, se realizaba tomando directamente el diámetro de la tubería o línea en donde se colocaría la válvula, esto siempre ocasionaba errores con respecto a las variables a controlar debido a un sobredimensionamiento, por lo cual nació la preocupación de realizar una metodología para el cálculo del tamaño de las mismas.

El uso del coeficiente de flujo Cv fue introducido por Másonellan en 1944, que fué rápidamente aceptado como el índice universal para obtener la capacidad de las válvulas de control.

Preámbulo

El Cv ha sido tan útil que es prácticamente utilizado en todo lo que se refiere al diseño de válvulas, así como para obtener comportamientos de flujo. El Cv se explicará dentro del capítulo IV.

A partir de la aceptación del coeficiente de flujo de la válvula como el índice fundamental para obtener la capacidad de las válvulas, se buscó estandarizar el procedimiento para dimensionarlas. Estas actividades de estandarización se empiezan a considerar a partir de 1960, cuando una asociación americana: el Instituto de Control de Fluidos, publica ecuaciones de dimensionamiento de válvulas de control para fluidos compresibles e incompresibles.

Pero esta asociación no obtiene un alto grado de aceptación debido a que sus ecuaciones no son muy precisas, y es hasta 1967 donde la Sociedad Americana de Instrumentistas (ISA) establece un comité con el propósito de desarrollar y publicar una serie de ecuaciones estandarizadas para el dimensionamiento de válvulas de control. Los esfuerzos del comité culminan con un procedimiento para la selección de válvulas de control al cual se le otorga el status de "Estandard Nacional Americano".

Tiempo después un comité de la Comisión Internacional Electromecánica (IEC), utilizó los trabajos de la ISA como base para formular los estándares internacionales de dimensionamiento de válvulas de control, realizando algunas ligeras modificaciones con respecto a la nomenclatura y

Preámbulo

procedimiento. Los estándares ISA e IEC tienden a ser semejantes, y lo que hace que se tenga una estandarización en el procedimiento de cálculo para el dimensionamiento de válvulas de control.

A pesar de la estandarización en el procedimiento, los fabricantes de válvulas de control han creado sistemas de cálculo propios, los cuales toman como base los estándares ISA/IEC y de acuerdo con los valores experimentales obtenidos en sus modelos, por diseño y características propias, obtienen resultados que se reportan en catálogos de acuerdo al modelo seleccionado.

En esta tesis se presentan los métodos y ecuaciones de la ISA (conocido como ANSI/ISA) y del fabricante Fisher. El método de la ANSI/ISA se utiliza para saber que tipo de válvula necesitamos, y con las tablas y/o métodos de los fabricantes para obtener la válvula de control existente que mejor se adapte a las necesidades de proceso, considerando ya los factores de diseño de la válvula, así como su costo.

El presente estudio contempla fenómenos físicos que ocurren dentro de las válvulas de control y que se deben tomar en cuenta para un correcto dimensionamiento y selección de la válvula como son la cavitación, el flasheo y el ruido.

La cavitación y el flasheo son una preocupación para los que utilizan las válvulas de control, no solamente porque causan una disminución en la capacidad de flujo de la válvula, sino que crean ruido, vibración y daños en la

Preámbulo

válvula de control. El flasheo es normalmente una condición de operación, por lo cual no se debe evitar, en cambio la cavitación es una condición no deseada.

Se dedica un capítulo a la cavitación, en donde se discutirán sus efectos y la forma para evitarla por ejemplo mediante modificaciones en las partes internas de la válvula.

La contaminación por ruido pronto se convertirá en la tercera fuerza dentro de la contaminación ambiental, después de la del aire y la del agua. Los gobiernos de varios países han implantado reglamentos para establecer un nivel de ruido permisible durante un determinado tiempo de exposición (por ejemplo 90dB para 8 horas), por lo que el ruido ya es un factor muy importante para la selección de todo equipo en la industria. Se presentan las fuentes de producción de ruido, técnicas de predicción, y formás para evitarlo.

Como se puede apreciar esta tesis trata de abarcar de forma muy general todos los conceptos involucrados en la selección y dimensionamiento de las válvulas de control, buscando dar una mayor difusión a los equipos existentes en el control de procesos dentro de la ingeniería química.

II. Generalidades

La importancia de las válvulas de Control

El empleo de válvulas de control significa que los procesos dentro de la industria tienen algún tipo de control automático. El proceso puede ser: el nivel de un líquido en un recipiente, la presión en una tubería o tanque, el flujo que pasa por un sistema, la temperatura de un fluido, una reacción química o nuclear, la relación de una mezcla de dos corrientes, la velocidad de una turbina, etc...

Existen tres razones generales para aplicar el control de procesos. Estas son: seguridad, económicas, y el cumplimiento de especificaciones de producto o ambientales.

1.- Seguridad

Los sistemas de control pueden ser utilizados para mantener dentro de un rango de seguridad los parámetros o variables del proceso potencialmente peligrosos tanto para el personal que opera la planta como para los equipos de proceso.

2.- Económicas

El efecto de un parámetro de proceso en la producción de la planta depende de las condiciones de operación y de las limitaciones propias de la planta. Variaciones en las condiciones de operación en un proceso pueden causar cambios en el volumen de producción o en la calidad del producto.

Se obtiene un mejor producto al reducir las variaciones en los parámetros del proceso, es decir, cuando se trabaja en las correctas condiciones de operación haciendo que se

aumenten las ganancias de la planta. Esta reducción de variaciones en los parámetros se obtiene mediante un sistema de control de procesos.

3.- Cumplimiento de especificaciones

Se debén cumplir con especificaciones de producto marcadas en la industria según las necesidades del mercado actual. El control de procesos nos puede servir para obtener la calidad de producto que se requiere en dicha especificación. Otro tipo de especificaciones en donde se aplica el control de procesos son las ambientales, en donde se deben obtener desechos industriales no contaminantes.

Los sistemas de control pueden ser clasificados como sistemas de lazo abierto o de lazo cerrado dependiendo o no de que la variable que se quiere controlar se esté midiendo directamente para hacer ajustes de compensación en la variable que está siendo manipulada.

En un sistema de lazo abierto no tenemos un sistema automático de control que mida y manipule a la variable a controlar, sino que requiere todavía de un operador humano.

En cambio en un sistema de lazo cerrado se cuenta con un sistema que mide la variable de salida del proceso, la compara con el valor que se requiere y la manipula sin la necesidad de utilizar un operador humano. En la figura 1 se puede observar la diferencia entre los dos tipos de sistemas.

DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN LAZO DE CONTROL ABIERTO

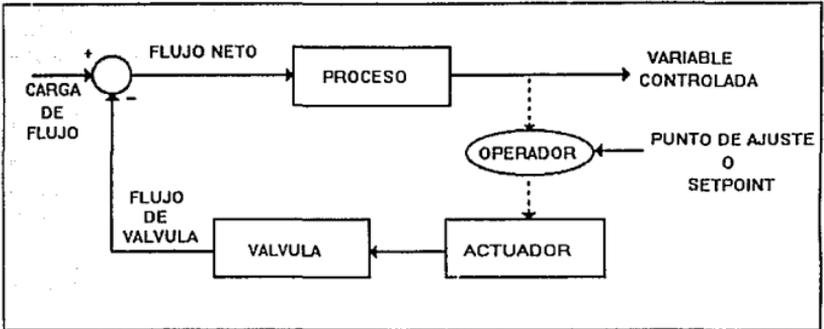


DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN LAZO DE CONTROL CERRADO

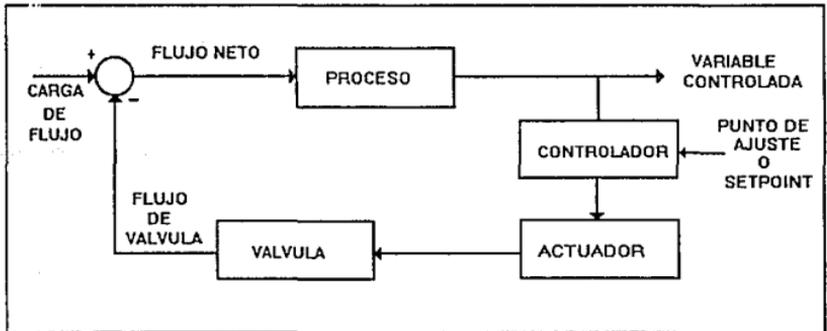


FIGURA 1. TIPOS DE LAZO DE CONTROL

Generalidades

Los componentes o elementos de un sistema de control automático pueden ser agrupados en cuatro grandes grupos: elementos primarios, controladores, elementos finales de control y el proceso en sí, considerados como unidades independientes dentro del sistema de control.

1.- El proceso

El proceso es el elemento del sistema que es controlado, es la única razón de la existencia del sistema. Un proceso puede ser un intercambiador de calor en donde se controla la temperatura de salida de uno de los fluidos, un reactor, etc...

Para poder controlar un proceso es necesario tener una descripción completa del mismo, teniendo un conocimiento de todas las características que relacionan cambios en los alrededores del proceso con cambios en las variables de proceso a controlar. Algunas de esas características que debemos conocer son: las propiedades fisicoquímicas del fluido a manejar, las condiciones de servicio, la geometría de la tubería o tanque, la dinámica del proceso, etc...

El proceso necesita un sistema de control cuando el valor de la variable de proceso que nos interesa, es modificada por perturbaciones que pueda tener ese proceso. Esas perturbaciones son conocidas como perturbaciones de carga, y pueden ser, por ejemplo, un aumento o disminución en el flujo a la entrada del proceso que modifique la temperatura o la concentración o nivel del fluido en una torre de destilación.

Generalidades

El objetivo del sistema de control en un proceso consiste en mantener las variables controladas del mismo operando dentro de un rango de operación previamente establecido.

2.- Elementos Primarios

Los elementos primarios tienen la función de medir el valor de alguna variable que nos interesa controlar a la salida de un proceso, generar una señal (neumática, analógica o digital) y enviarla o transmitirla al controlador. De acuerdo a las funciones de los elementos primarios los podemos dividir en sensores y transmisores.

A) Sensores

Son los encargados de medir la variable de proceso y dar una señal mecánica, neumática o electrónica de entrada al transmisor. Algunos ejemplos son: desplazadores de nivel de líquidos, celdas de presión, medidores de flujo (magnéticos, turbinas, placas de orificio, etc...) y termopares.

B) Transmisores

Es el elemento encargado de transmitir o enviar la señal al controlador. En un gran número de plantas se centralizan controladores e indicadores en cuartos de control alejados del proceso por lo que la señal enviada por los sensores no es lo suficientemente fuerte para llegar al 100% al controlador. Con los transmisores se garantiza que la señal enviada al controlador llegue con la mayor intensidad posible. Al enviar la señal el transmisor se vuelve parte del lazo de control.

3.- Controladores

Los controladores son de diferentes tipos: neumáticos, electrónicos tanto analógicos como digitales. Un controlador recibe la señal del sensor o transmisor y la compara con una señal externa llamada setpoint o punto de ajuste. El setpoint es el valor o punto en donde deseamos que se mantenga la variable a controlar. El controlador puede filtrar, limitar o corregir la señal de comparación de acuerdo a los requerimientos del sistema, produciendo una señal de salida según el algoritmo (estrategia) de control.

Un algoritmo representa la lógica del controlador que actuará al encontrar un condición de error, es decir, cuando se presente una diferencia en la tolerancia permitida entre la señal de proceso y el setpoint, o sea, define una señal de salida de control que resulta de una entrada dada (setpoint), basado en una lógica de control (algoritmo de control) del error sensado (comparación de la variable de proceso y el setpoint).

Esta señal es utilizada para actuar sobre un elemento final de control. Las señales pueden ser neumáticas (3-15psi, 6-30psi, etc...) o electrónicas (4-20mA normalmente). Los controladores utilizan varios algoritmos o modos de control, como pueden ser: proporcional, integral, derivativo, on/off (ver página 17).

A) Modo proporcional

El modo proporcional se ocupa del valor del error de proceso cuando va apareciendo. La variable a controlar es comparada con el setpoint obteniendo un error que es el error de proceso. Entonces para un valor determinado del setpoint y de la variable controlada, el valor de la salida del controlador es determinada por la sensibilidad del controlador que es ajustada mediante una banda proporcional. Por lo tanto al sensarse una condición de error, el controlador dará una salida que es proporcionalmente menor o mayor al cambio en la condición de error. Esto termina hasta que no se detecte otro cambio en la variable de proceso, y si no se presenta un cambio en la variable de proceso no hay modo proporcional.

Una desventaja del modo proporcional es la presencia de un error constante respecto al setpoint cuando se presenta un cambio de valor en la variable de proceso, ya que al presentarse ya no puede ser corregido por medio del modo proporcional. El error constante es lo que se llama en control un error de offset y se muestra en la figura 2.

B) Modo integral

Como ya se observó, el modo proporcional responde únicamente a el error entre la variable de proceso y el setpoint. El modo integral considera además, la historia pasada de la variable controlada; repite el modo proporcional en un periodo de tiempo determinado por una velocidad de repetición en el controlador.

Generalidades

Esta velocidad se expresa en términos de repeticiones por minuto, es decir, cuantas veces en un minuto se repetirá el cambio proporcional de la salida del controlador, teniendo como resultado la disminución o eliminación del offset.

La desventaja de este modo se presenta en procesos que responden lentamente (temperatura) ya que toma mucho tiempo en llegar a un estado estable ($\text{error}=0$).

C) Modo derivativo

Este modo responde rápidamente a cualquier error sensado. Se anticipa y determina que error va a existir en un futuro y produce una acción correctiva antes de que ocurra. Este tipo de modo se utiliza en sistemas de respuesta lenta, como en lazos de control de temperatura y en algunos de nivel.

La desventaja del modo derivativo es que es muy sensible y cualquier interferencia, por ejemplo el ruido, puede hacer que se produzca una señal no deseada en la salida del controlador.

En conclusión, podemos tener tres tipos de controladores: con modo proporcional (P), con modo proporcional e integral (PI) y con modo proporcional, integral y derivativo (PID). En la tabla 1 se muestran ventajas, desventajas y aplicaciones recomendadas para los diferentes tipos de controladores.

Generalidades

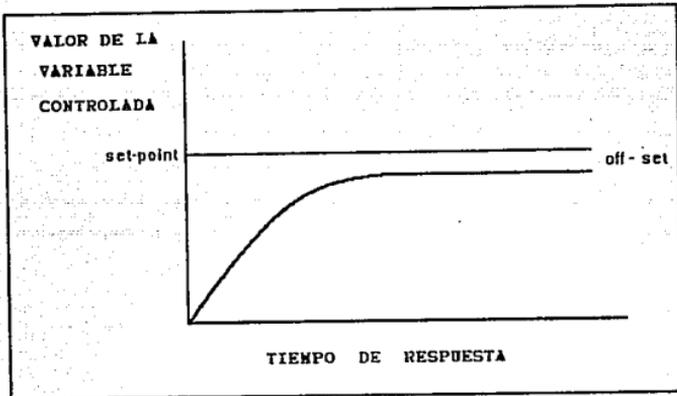


FIGURA 2. OFF-SET DE LA ACCION PROPORCIONAL

GUIA PARA LA APLICACION DE MODOS DE CONTROL			
MODOS	PROPOSITO	SERVICIO	DESVENTAJA
PROPORCIONAL (P)	CONTROL APROXIMADO DE LA VARIABLE DE PROCESO	NIVEL DE LIQUIDOS	PRESENTA OFFSET
PROPORCIONAL INTEGRAL (PI)	MINIMIZA EL ERROR POR OFFSET	PRESION DE LIQUIDOS Y CORRIENTES DE FLUJO	RESPUESTA LENTA
PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO (PID)	RESPUESTA RAPIDA	TEMPERATURA Y ALGUN NIVEL DE LIQUIDO	AMPLIFICA LA SEÑAL DE RUIDO

TABLA 1

4.- Elementos Finales de Control

Un elemento final de control es cualquier equipo que produce un cambio en la variable de proceso a controlar (puede ser directa o indirectamente a través de otra variable de proceso), por ejemplo una válvula de control o una bomba. A menudo para lograr que se produzca ese cambio en la variable de proceso es necesario tener varios pasos. Por esto un elemento final de control tiene a menudo subsistemas, como por ejemplo una válvula de control necesita ser accionada por el actuador que a la vez necesita una señal proveniente de un transductor o de un posicionador.

Por lo menos un 90% de los procesos tienen como elemento final de control a una válvula de control. La función de esta válvula es la de modular el flujo del fluido de proceso de acuerdo a la señal de salida del controlador.

Las válvulas de control pueden realizar dos tipos de control: control modulante, donde la válvula se abre o se cierra a un cierto porcentaje de acuerdo a la señal del controlador y control on/off (encendido/apagado), donde la válvula de control se abre o se cierra totalmente de acuerdo a la señal del controlador.

Como podemos darnos cuenta, si alguno de todos los componentes del sistema de control fallara, el proceso tendería a ser inestable, llegando a afectar la calidad del producto; por lo que es muy importante tener bien especificada una válvula de control, tomando aspectos tanto

Generalidades

del proceso como del sistema de control ya que, es la válvula, el elemento que afecta directamente al proceso al restringir o aumentar el flujo.

En conclusión, una válvula de control nos ayuda a aumentar la seguridad y productividad de los procesos industriales al ser parte de un lazo de control. En la figura 3 se muestra un diagrama de bloques de los elementos de un lazo de control.

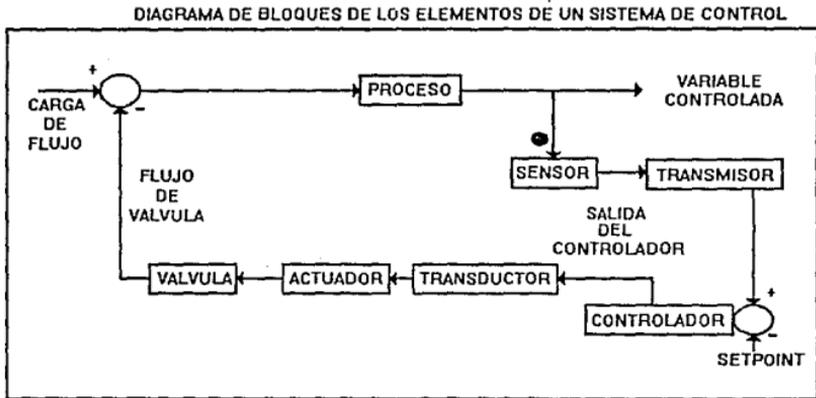


FIGURA 3. DIAGRAMA DE BLOQUES DE LOS ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CONTROL

Clasificación de válvulas de control

Las válvulas de control se encuentran divididas en dos componentes; uno superior llamado actuador y uno inferior llamado cuerpo como se muestra en la figura 4.

En los últimos años se han desarrollado muchos estilos de cuerpos para las válvulas de control, algunos han encontrado un gran rango de aplicación y otros se han diseñado para una aplicación específica. En general se clasifican, por el movimiento que realiza la válvula para permitir el paso de fluido, en dos grandes grupos :

- 1) Válvulas de Vástago Deslizante o de Movimiento Lineal
- 2) Válvulas Rotatorias

1) Válvulas de vástago deslizante o de movimiento lineal

En este tipo de válvulas, el fluido pasa a través del cuerpo, encontrando como restricción una apertura variable entre una parte móvil llamada tapón y otra fija llamada asiento. El tapón se encuentra unido al actuador por un vástago que se desliza a través de un bonete localizado en el cuerpo de la válvula y sujeto a las mismas condiciones de temperatura y presión que las partes internas de la válvula.

El tapón se abre o se cierra con un movimiento lineal que va del bonete al cuerpo y del cuerpo hacia el bonete según se requiera. Este movimiento lineal se muestra esquematizado en la figura 5.

Generalidades

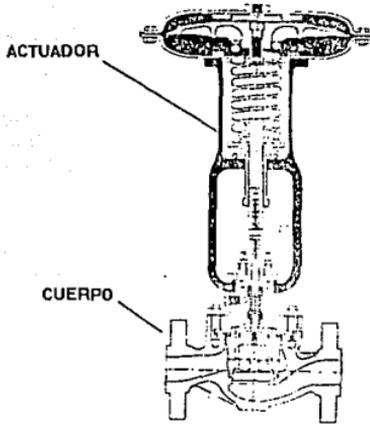


FIGURA 4. DIVISION DE VALVULAS DE CONTROL

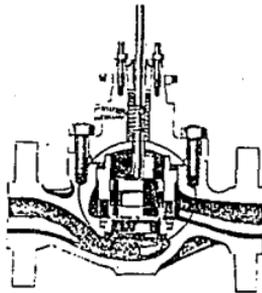


FIGURA 5. VALVULA DE VASTAGO DESLIZANTE

Generalidades

Este tipo de válvulas son también conocidas como válvulas de globo, debido a la forma globular que tiene la cavidad por donde pasa el fluido. A este grupo pertenecen: las válvulas de puerto sencillo, de doble puerto, guiadas en caja, de ángulo, de tres vías y tipo Saunders entre otras.

Válvulas de puerto sencillo

En la figura 6 se muestra una válvula de este tipo en donde se aprecia el puerto único de ésta. Debido a su construcción simple, fácil accesibilidad y economía en su diseño, estas válvulas son de uso extenso. Se puede considerar que intervienen en la inmensa mayoría de las aplicaciones que requieren una válvula de control.

Las válvulas de puerto sencillo tienen como característica el poder proporcionar un cierre hermético impidiendo fugas. La desventaja principal de las válvulas de puerto sencillo es el uso de actuadores de gran potencia y en consecuencia más caros. Esto es debido a deficiencias en el diseño del tapón, ya que estará sujeto a fuerzas de desbalance ocasionadas por diferencias de presión entre el área inferior y el área superior del mismo. Estas fuerzas causan que el tapón cambie de posición por lo que se utilizan actuadores de mayor potencia para poder contrarrestarlas.

Pueden manejar fluidos limpios, sucios y moderadamente erosivos y viscosos.

Válvulas de doble puerto

Es un tipo de válvula semibalanceda, es decir, existe una diferencia de fuerzas hidrostáticas entre el tapón superior y el tapón inferior que tienden a compensarse. El resultado es un requerimiento de menos fuerza o potencia del actuador y por lo tanto actuadores más económicos. Estas válvulas reducen hasta en un 70% la magnitud de las fuerzas de desbalance, ya que éstas tienden a compensarse; las fuerzas de desbalance se deben a una pequeña diferencia de área entre el tapón superior y el tapón inferior (el tapón inferior es de 1/16 a 1/8 de pulgada más pequeño por razones de montaje), por lo tanto trae la desventaja de no poder proporcionar un cierre hermético.

El uso de estas válvulas era extenso debido a que fue uno de los primeros diseños realizados por los fabricantes de válvulas. Actualmente debido a su alto costo, gran tamaño, alto goteo y baja recuperación de presión han sido desplazadas por diseños más eficientes. Un ejemplo de un válvula de doble puerto se puede ver en la figura 7.

Válvulas guiadas en caja

Otra forma de interiores semibalancedos es proporcionada por las válvulas guiadas en caja, las que tienen un pistón que hace las veces de tapón, rodeado por una caja cilíndrica que a la vez que sostiene al anillo del asiento, define la característica de la válvula (igual porcentaje, lineal, apertura rápida, etc...) por medio del perfil de los

Generalidades

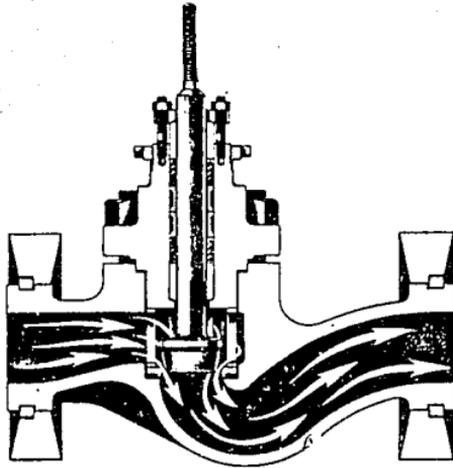


FIGURA 6. VALVULA DE PUERTO SENCILLO

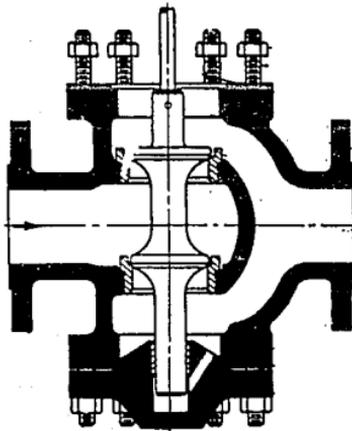


FIGURA 7. VALVULA DE DOBLE PUERTO

orificios practicados en el contorno de la caja como se muestra en la figura 8.

La guía en caja produce una mayor uniformidad en la distribución del flujo alrededor del tapón de la válvula, cargas laterales balanceadas y un alineamiento del tapón.

Para lograr un tipo de interior balanceado se practican unos orificios en la parte superior del pistón, esto minimiza los cambios en las fuerzas dinámicas a través del tapón durante el viaje de éste, permitiéndole mayores caídas de presión sin causar mayor inestabilidad, por lo que se pueden tener diseños tanto balanceados como desbalanceados.

La principal ventaja de las válvulas guiadas en caja es la facilidad de mantenimiento, ya que las partes internas pueden ser removidas sin necesidad de retirar el cuerpo de la línea. A estas válvulas se les pueden cambiar esas partes para poder tener una reducción en la capacidad de flujo, una atenuación de ruido, una disminución y eliminación de cavitación, al igual que un cambio del tipo de caja para alterar la característica de flujo en la válvula.

La principal desventaja de las válvulas guiadas en caja es que solo pueden proporcionar cierre hermético mediante diseños especiales que emplean asientos blandos insertados por consiguiente se elevó el costo de la válvula.

Se pueden utilizar en la mayoría de las aplicaciones que requieren válvulas de control excepto cuando tenemos fluidos viscosos (pueden atascar el tapón) y erosivos (desgastan las partes internas).

Generalidades

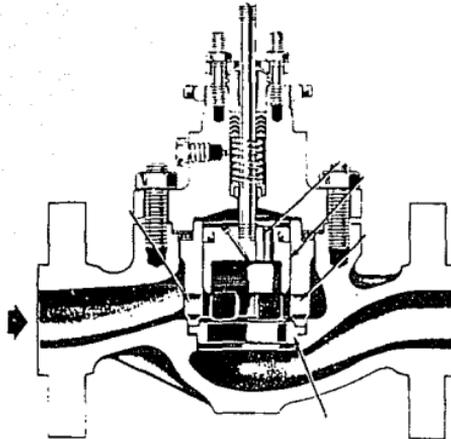


FIGURA 8. VALVULA GUIADA EN CAJA

Válvulas de ángulo

El diseño de las válvulas de ángulo las hace adecuadas para servicios con altas caídas de presión, en aplicaciones en las que haya que cubrir requerimientos especiales de arreglos de tuberías, para servicios que requieran autodrenaje, y para servicios erosivos en donde el choque con partículas sólidas debe ser evitado.

El interior de la válvula puede ser recubierto por algún elastómero (laineado) para evitar acumulación de sólidos en la pared del cuerpo.

Las válvulas de ángulo tienen una de las configuraciones más especiales de armado del cuerpo y como son usadas para aplicaciones especiales su costo es muy alto. En la figura 9 podemos observar una válvula de ángulo.

Válvulas de tres vías

Otro tipo de válvula de globo especializada es la válvula de tres vías.

Hay tipos para dos servicios básicos:

- a) Para servicios de mezclado, que es la combinación de dos corrientes de fluido pasando por un puerto en común (figura 10A).
- b) Para servicios de separación, que consiste en separar un puerto de entrada común en dos puertos de salida (figura 10B).

Una aplicación típica para una válvula de mezclado es para mezclar dos diferentes corrientes obteniendo un producto en común final con propiedades y consistencias deseadas. Una aplicación de separación es por ejemplo en el control de temperatura; cuando se utilizan intercambiadores de calor es muy común retroalimentar la corriente de salida hacia la corriente de entrada mediante un by-pass; y la válvula de tres vías realiza el control del by-pass.

Las fuerzas que actúan sobre el tapón de las válvulas de tres vías no están balanceadas porque en cada uno de los tres canales de flujo existen niveles de presión diferentes por lo que se requiere un especial dimensionamiento del actuador a utilizar. Los tapones de estas válvulas tienen el puerto y tope guiado. Al ser una construcción especial su costo es alto.

Generalidades

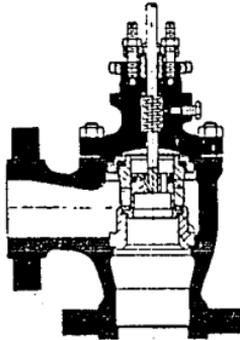


FIGURA 9. VALVULA DE ANGULO

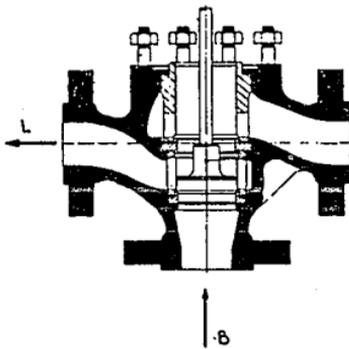


FIGURA 10A. VALVULA DE TRES VIAS [MEZCLADO]

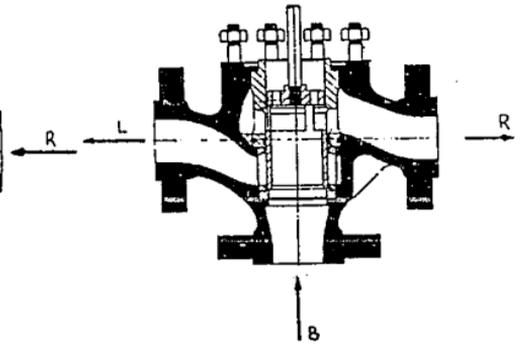


FIGURA 10B. VALVULA DE TRES VIAS [SEPARACION]

Generalidades

Válvula tipo Saunders

Estas válvulas tienen su principal aplicación en el manejo de fluidos corrosivos, pastas y fluidos que contienen sólidos en suspensión.

En este tipo de válvulas, el diafragma es forzado hacia una obstrucción interna conocida como vertedero para restringir el paso del fluido. Debido a su diseño no puede utilizarse en aplicaciones de alta presión y la temperatura se encuentra limitada por la resistencia de los materiales de los elastómeros, del cuerpo y del diafragma.

Se utilizan generalmente para control on/off y presentan la ventaja de tener cierre hermético y un bajo costo. Se ilustra una válvula Saunders en la figura 11.

Válvulas de barra sólida

Este es otro tipo de válvulas que se utilizan en aplicaciones especiales, son normalmente utilizadas para controlar flujos bajos de procesos corrosivos y son una solución económica para este tipo de aplicaciones.

La válvula utiliza un diseño sencillo con guía de vástago como se puede apreciar en la figura 12. Estas válvulas presentan cierre hermético y su tamaño mas grande es de 1". Se utilizan en la industria química en aplicaciones de flujos bajos.

Generalidades

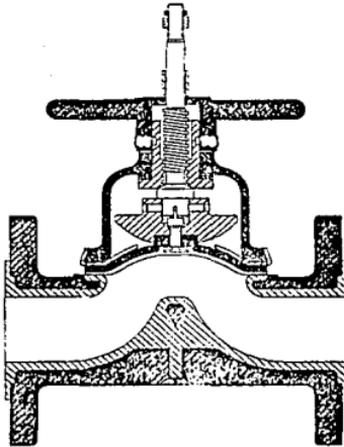


FIGURA 11. VALVULA TIPO SAUNDERS

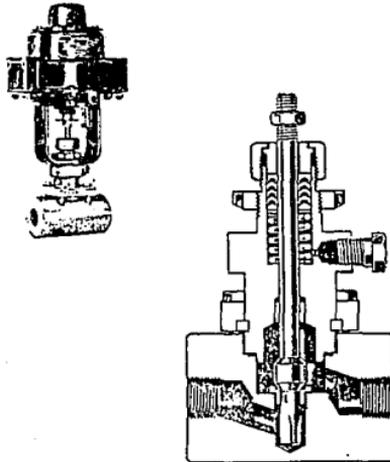


FIGURA 12. VALVULA TIPO BARRA SOLIDA

2) Válvulas rotatorias

Este tipo de válvulas tienen una construcción mucho mas sencilla que la de las válvulas de globo; están formadas básicamente por el cuerpo y una flecha que produce el movimiento de un disco o semiesfera que permite o impide el paso del fluido. Debido a que el disco o semiesfera , es la única restricción de la válvula, presenta una capacidad mucho mayor que las válvulas de globo que tienen el mismo diámetro.

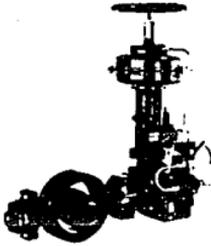
Como las válvulas rotatorias giran para abrir o cerrar la válvula, la apertura de la válvula esta dada en grados de apertura y no en porcentaje de apertura como en las válvulas de vástago deslizante y con un máximo de 90° de apertura.

Las válvulas rotatorias son también conocidas como válvulas de alta recuperación, debido a que la presión de salida se recupera en un alto porcentaje con respecto a la presión de entrada, lo que es ocasionado por el mínimo de restricciones que presenta la válvula en el interior.

Una de las grandes ventajas de las válvulas rotatorias es que debido a su diseño compacto y simple pueden ser fabricadas en tamaños mucho mas grandes que las válvulas de globo. Las válvulas se pueden dividir en tres grupos: válvulas de mariposa, válvulas de bola y válvulas de disco excéntrico. En la figura 13 se pueden observar diferentes tipos de válvulas rotatorias.

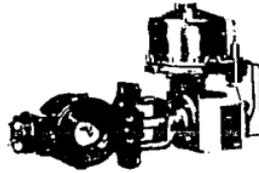
Generalidades

VALVULAS DE MARIPOSA

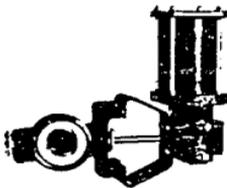


TRADICIONAL

VALVULAS DE BOLA



BOLA

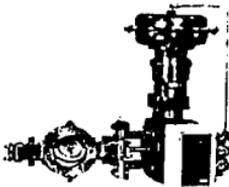


LAINADA



TIPO "V"

VALVULA DE DISCO EXCENTRICO



ALTA EJECUCION

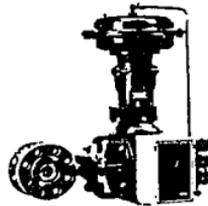


FIGURA 13. VALVULAS ROTATORIAS

Válvulas de mariposa

Son las válvulas mas económicas de todas las válvulas rotatorias, ya que su construcción es la mas sencilla, por lo que se tienen tamaños de 72 pulgadas o más. Las válvulas de mariposa proporcionan una alta capacidad, alta recuperación y una pequeña caída de presión.

Son relativamente compactas y ligeras en peso al compararlas con válvulas de globo o compuerta de capacidades similares y como resultado normalmente requieren de menos espacio y son menos costosas. Como ejemplo tenemos su montaje que normalmente es entre bridas por lo que requiere un menor espacio para su instalación, así mismo, en grandes diámetros requiere mucho menos soporte estructural que las de globo o compuerta.

El nombre de "mariposa" viene de la forma que tiene el disco de la válvula (elemento que restringe el paso del fluido). El disco rota del agujero cilíndrico del cuerpo de la válvula para controlar el flujo. Las válvulas pueden ser fabricadas con dos diferentes tipos de disco :

- a) Disco Convencional.- recomendado principalmente para servicio de control tipo on/off y utilizando únicamente 60 grados de apertura.
- b) Disco Cola de Pescado (fishtail) .- puede ser usado tanto para servicio de control tipo on/off como para tipo modulante. Su rotación puede ser hasta de 90 grados; producen una característica de flujo parecida a la de igual

Generalidades

porcentaje. En la figura 14 se puede observar la diferencia física entre los dos tipos de disco.

Podemos encontrar tres tipos de estilo de válvulas de mariposa: convencionales, mariposa con recubrimiento y mariposa de alta ejecución.

a) Válvula de mariposa convencional.- es una alternativa económica para servicios generales y algunos servicios de corrosión y alta temperatura en donde no se requiera cierre hermético.

b) Válvula de mariposa con recubrimiento (laineada).- normalmente seleccionada como una solución económica en aplicaciones corrosivas en donde se requiere cierre hermético. Esta válvula se encuentra fabricada con un sello o recubrimiento de algún elastómero (como teflón o Buna N) con lo que se evita que el fluido tenga contacto con el cuerpo de la válvula.

c) Válvula de mariposa de alta ejecución.- estas válvulas son parecidas a las mariposas convencionales pero se les incorporará un disco excéntrico en conjunción con sellos de presión, lo que nos da un mejor control modulante y un mayor sello hermético. Son conocidas también como válvulas de alto rendimiento y en la figura 15 podemos observar una de estas válvulas.

Generalidades

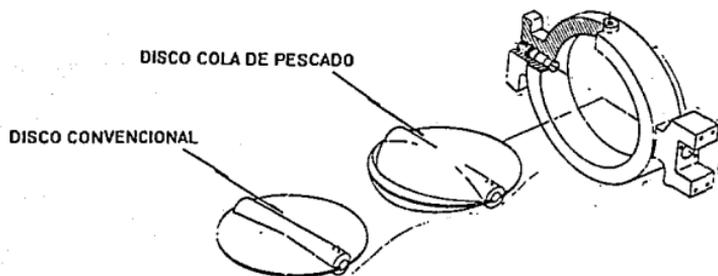


FIGURA 14. TIPOS DE DISCO

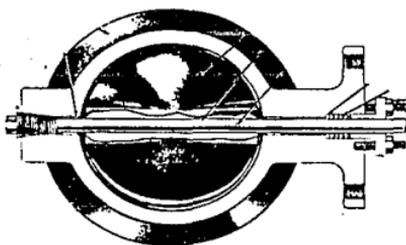


FIGURA 15. VALVULA DE MARIPOSA ALTA EJECUCION

válvulas tipo bola

Las válvulas de bola utilizan una esfera o una porción de un componente esférico para controlar el paso del fluido a través del pasaje del cuerpo de la válvula. Comparando los cuerpos de las válvulas de mariposa y bola, los de la válvula de bola son normalmente mas largos y pesados.

Este tipo de válvulas fue diseñado principalmente para cubrir las necesidades de la industria de la pulpa y papel, ya que pueden manejar con facilidad mezclas, sólidos en suspensión y fluidos viscosos.

Un tipo de válvula de bola muy utilizada es la válvula tipo "V-notch", la cuál utiliza una porción de un componente esférico para controlar el flujo (este componente tiene forma de "V" de ahí el nombre). Este diseño en "V" le da a la válvula una gran rangeabilidad, esto es, se pueden controlar con exactitud tanto flujos pequeños como flujos grandes. Esta válvula fue diseñada para proporcionar una característica de flujo de igual porcentaje y permite cortar fibras de fluidos viscosos evitando atascamientos en la válvula. En la figura 16 se puede observar una válvula de bola tipo "V-notch".

Válvulas de disco excéntrico

Las válvulas de disco excéntrico fueron diseñadas especialmente para servicios erosivos, ya que tienen un pasaje abierto al flujo y son hechas con materiales muy durables. Este pasaje permite que el tapón no se encuentre en contacto con la superficie del sello de la válvula

Generalidades

durante la operación del control modulante por lo que se desgasta menos.

La característica de flujo de estas válvulas es parecida a la característica lineal, su disco presenta una rotación de 90 grados y tienen sello hermético. El costo es mayor que el de las válvulas de mariposa pero menor que el de las válvulas de bola y globo. En la figura 17 se ilustra una válvula de este tipo.

Como nos podemos dar cuenta existen varios tipos de válvulas para utilizarse en distintas aplicaciones, por lo que seleccionar una válvula para una aplicación en particular no es tan sencillo. En la tabla 2 y en la figura 18 se presenta una comparación muy general entre las válvulas de globo, mariposa, bola y de disco excéntrico.

Generalidades

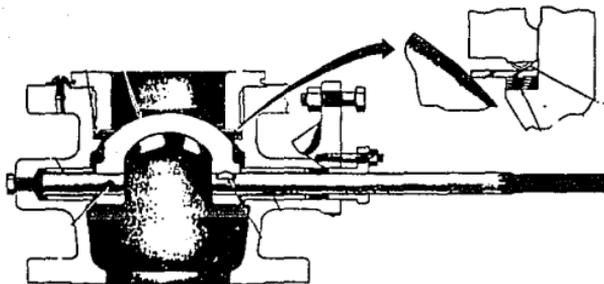


FIGURA 16. VALVULA TIPO BOLA

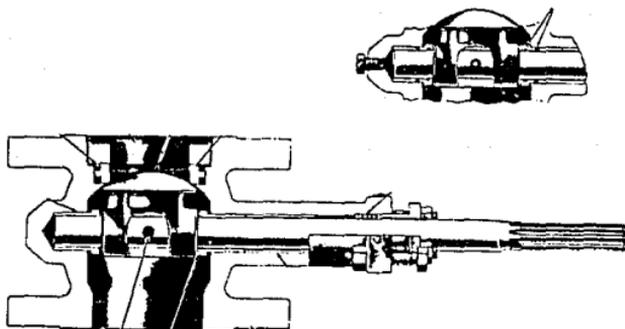


FIGURA 17. VALVULA DE DISCO EXCENTRICO

Generalidades

CARACTERISTICAS GENERALES DEL TIPO DE VALVULAS DE CONTROL

TIPO	TAMAÑO	CAPACIDAD DE FLUJO	CAPACIDAD DE CIERRE	CARACTERISTICA DE FLUJO	RATING DE PRESION	COSTO
GLOBO	DE 1/2" A 16"	DE BAJA A MODERADA	DE BUENA A EXCELENTE	IGUAL%, LINEAL Y APERTURA RAPIDA	DE ANSI 125 A ANSI 2500	CARA
DISCO EXCENTRICO	DE 1" A 8"	MODERADA	EXCELENTE	LINEAL MODIFICADA	DE ANSI 150 A ANSI 600	LIGERAMENTE CARA
BOLA	DE 1" A 24"	ALTA	EXCELENTE	APROX LINEAL Y IGUAL%	DE ANSI 150 A ANSI 900	LIGERAMENTE BARATA
MARIPOSA	DE 2" A 72"	ALTA	DE MALA A EXCELENTE	APROX LINEAL Y IGUAL%	DE ANSI 125 A ANSI 2500	BARATA

TABLA 2

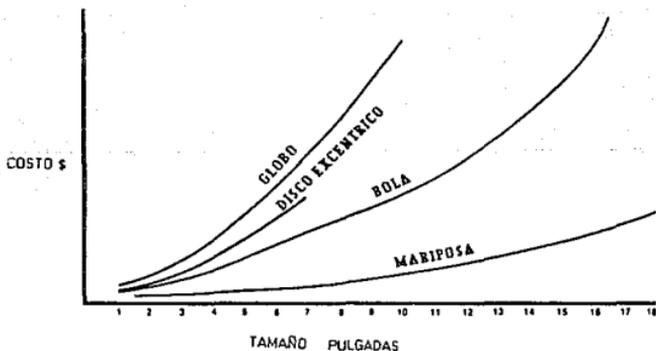


FIGURA 18. COSTO DE VALVULAS EN FUNCION DE SU TAMAÑO

Partes principales de las válvulas de control

Una vez que se han mencionado los principales tipos de válvulas de control; estudiaremos ahora las partes que las componen. Para esto mencionaremos primero las partes más importantes de las válvulas de vástago deslizante y después las partes de las válvulas rotatorias.

1) Partes principales de las válvulas de vástago deslizante

En la figura 19 se pueden observar las partes más importantes que componen a este tipo de válvulas que a continuación se describen.

Cuerpo

El cuerpo de la válvula contiene a la presión de proceso, permite el paso del fluido y posiciona a los componentes internos; es la base de la válvula. El cuerpo debe: contener al fluido sin permitir fugas externas, tener una capacidad adecuada de flujo para el servicio requerido, ser capaz de soportar el ambiente erosivo, corrosivo y de temperatura del proceso e incorporar las adecuadas conexiones con la tubería y el actuador.

Como ya se mencionó las válvulas de control se pueden dividir por sus diferentes estilos de cuerpo: de puerto sencillo, puerto doble, de 3 vías, de ángulo, etc...

Tapón

El tapón es una parte móvil dentro de la válvula, que se encarga de dar una restricción variable al paso del fluido. El tapón además de restringir el paso del fluido, y dependiendo de la forma de sus contornos puede determinar el

Generalidades

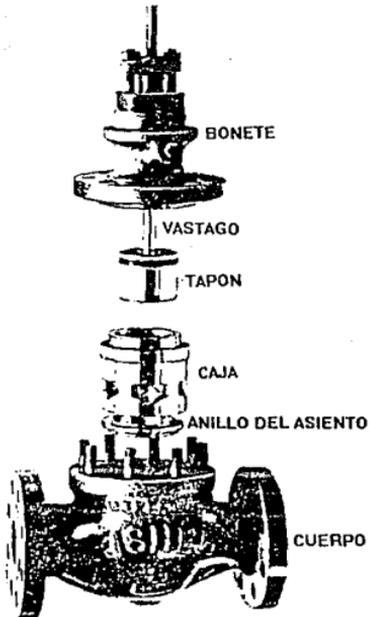


FIGURA 19. PARTES PRINCIPALES DE LAS VALVULAS DE VASTAGO DESLIZANTE

Generalidades

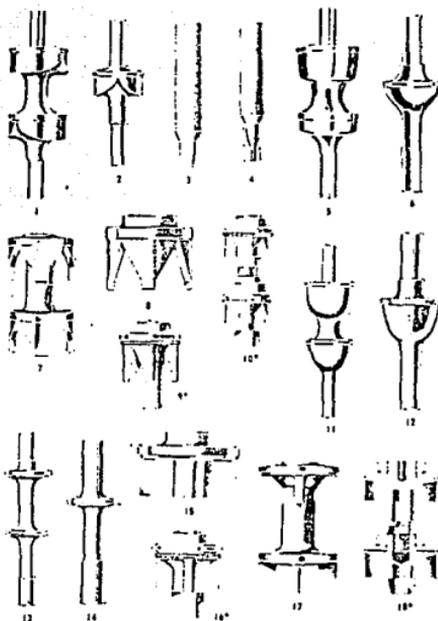
tipo de control a aplicar. Esta forma determina la característica de flujo de la válvula que se define como la relación entre el gasto del fluido y la carrera o posición de la válvula. La carrera de la válvula es la distancia que debe recorrer el tapón para llegar a sus dos posiciones extremas: de totalmente abierta o totalmente cerrada.

Entre los principales tipos de tapón encontramos: tapón lineal (característica lineal), tipo "v-pup", microforma y microflauta (característica de igual porcentaje), tapón de apertura rápida (característica de apertura rápida), tapones con puerto en "V" y tapón regulador (característica de parábola modificada). En la figura 20 podemos observar algunos tipos de tapones.

Debido a que el flujo de proceso ejerce fuerzas estáticas y dinámicas sobre el tapón, es necesario que este sea direccionado por algún tipo de guía. La guía sirve para mantener una estabilidad en el tapón ya que las condiciones de flujo van cambiando. Proporcionan una correcta alineación del tapón con el anillo del asiento y por lo tanto un control mas eficiente del fluido de proceso. El estilo de guías utilizado nos permite dividirlos en dos tipos: válvulas guiadas en vástago, en poste y válvulas guiadas en caja.

a) Guía en vástago.- El tapón de la válvula es alineado con el anillo del asiento mediante la guía de un buje que actúa sobre el vástago. Normalmente se utilizan en aplicaciones donde la caída de presión no es muy alta.

Generalidades



NÚMERO DE LA FIGURA	FORMA DEL TAPON	CARACTERÍSTICA DE FLUJO
1	V-PUP	IGUAL PORCENTAJE
2	V-PUP	IGUAL PORCENTAJE
3	MICROFORMA	IGUAL PORCENTAJE
4	MICROFLAUTA	IGUAL PORCENTAJE
5	TAPON REGULADOR	PARABOLA MODIFICADA
6	TAPON REGULADOR	PARABOLA MODIFICADA
7	PUERTO EN V	PARABOLA MODIFICADA
8	PUERTO EN V	PARABOLA MODIFICADA
9	PUERTO EN V	PARABOLA MODIFICADA
10	PUERTO EN V	PARABOLA MODIFICADA
11	LINEAL	LINEAL
12	LINEAL	LINEAL
13	APERTURA RAPIDA	APERTURA RAPIDA
14	APERTURA RAPIDA	APERTURA RAPIDA
15	APERTURA RAPIDA	APERTURA RAPIDA
16	APERTURA RAPIDA	APERTURA RAPIDA
17	APERTURA RAPIDA	APERTURA RAPIDA
18	APERTURA RAPIDA	APERTURA RAPIDA

FIGURA 20. TIPOS DE TAPONES

Generalidades

b) Guía en Poste.- En este tipo de guía además del buje, se utiliza un poste con lo que se incrementa el área de guía reduciendo la vibración y ruido mecánico. Normalmente se utilizan en aplicaciones donde los flujos y las caídas de presión son altas y por lo tanto no se puede emplear la guía en vástago.

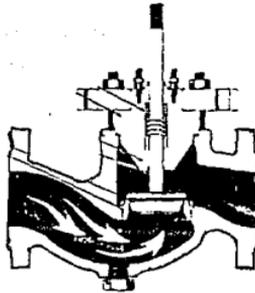
Algunas de las limitaciones de este tipo de guías son las limitadas opciones para: caracterización de flujo, interiores reducidos e interiores diseñados para evitar ruido o cavitación; en cambio las guías en caja ofrecen un mayor número de opciones.

La mayoría de las válvulas con este tipo de guías presentan diseños desbalanceados por lo que se requieren actuadores de mayor potencia para contrarrestar las fuerzas de desbalance producidas por la presión del fluido. Por lo que este tipo de guías se limitan a ciertos tamaños y capacidades de válvulas; y se utilizan las guías en caja para tamaños y capacidades mayores. En la figura 21 se comparan las guías en vástago y en poste.

c) Guías en Caja.- La guía en caja nos da un alineamiento y control del tapón a través de todo su rango de carrera, obteniéndose una mejor estabilidad. A continuación se describirán las características de la caja.

Generalidades

GUIA EN VASTAGO



GUIA EN POSTE

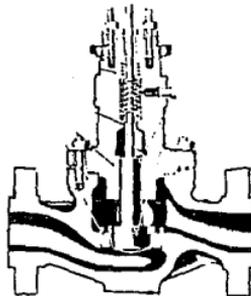


FIGURA 21. GUIAS EN POSTE Y VASTAGO

Caja

La caja es un elemento cilíndrico del interior de la válvula que sirve de guía para alinear el movimiento del tapón con el asiento del anillo, reteniendo además al anillo del asiento en el cuerpo de la válvula.

En las paredes de la caja se tienen unos orificios, los cuales determinan la característica de flujo de la válvula. Una de las ventajas de las guías en caja es que se puede intercambiar con facilidad, por lo que al presentarse cambios en el proceso se pueden utilizar diferentes características de flujo en la misma válvula.

Las cajas se utilizan tanto para válvulas balanceadas como desbalanceadas. Para válvulas desbalanceadas se utiliza para capacidades y presiones moderadas, en donde se requieran dos o mas tipos de características de flujo, y con válvulas balanceadas cuando se tienen flujos y presiones altas.

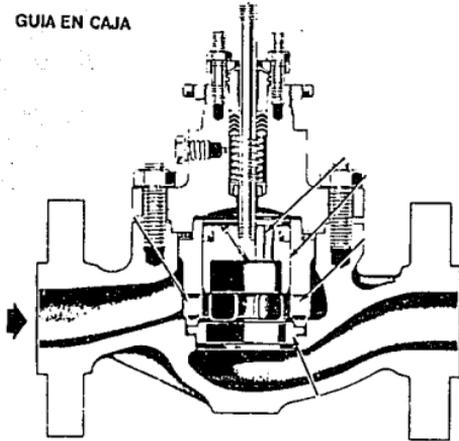
En la figura 22 se puede observar una válvula guiada en caja y en la parte inferior tenemos tres diferentes tipos de cajas con distintas características de flujo.

Anillo del asiento

El anillo del asiento es una parte que se inserta en el cuerpo de la válvula para formar un puerto dentro de este. Cuando se requiere un cierre totalmente hermético se utilizan los asientos suaves que constan generalmente de un anillo en forma de "O" hecho de algún elastómero resistente, el cuál se coloca alrededor del tapón en su superficie de

Generalidades

GUIA EN CAJA



TIPOS DE CAJA



APERTURA RAPIDA



LINEAL



IGUAL PORCENTAJE

FIGURA 22. GUIA EN CAJA

Generalidades

asentamiento de tal manera que al cerrar el anillo del elastómero se comprime contra el anillo del asiento proporcionando así un cierre hermético. Para este caso se necesita una mayor fuerza del actuador para comprimir al elastómero. Los materiales más utilizados son: teflon, buna N y vitón.

Un aspecto importante relacionado con los anillos del asiento es el orificio restringido. En ocasiones debido a las características de un proceso, es necesario utilizar puertos restringidos en una válvula, con lo cual se tendrá una menor capacidad y son los anillos del asiento los que dan esta restricción. Algunas de las razones para tener puertos reducidos son :

- 1.- Suministrar cuerpos de válvulas lo suficientemente grandes para cubrir necesidades futuras, utilizando una capacidad menor requerida actualmente.
- 2.- Tener una válvula grande para reducir la velocidad del fluido a la entrada y salida de la misma evitando por ejemplo ruido o cavitación.

Vástago

El vástago es la barra o varilla que se extiende a través del ensamble del bonete para unir o conectar el actuador con el tapón permitiendo que la posición del tapón sea la deseada. El material del vástago debe ser el mismo material que el del tapón ya que tiene contacto con el fluido de proceso.

Bonete

El bonete es un ensamble que proporciona un compartimiento de presión por donde se mueve el vástago del tapón y nos dá un medio de sellado para evitar fugas a lo largo del vástago. El bonete es el medio de montaje entre el actuador y el cuerpo de la válvula. La conexión entre el bonete y el cuerpo puede ser mediante una brida pernada normalmente o bien roscada cuando se tengan altas presiones. El material del bonete es en la mayoría de los casos el mismo que el del cuerpo ya que se encuentra sujeto a las mismas condiciones de presión, temperatura y corrosión.

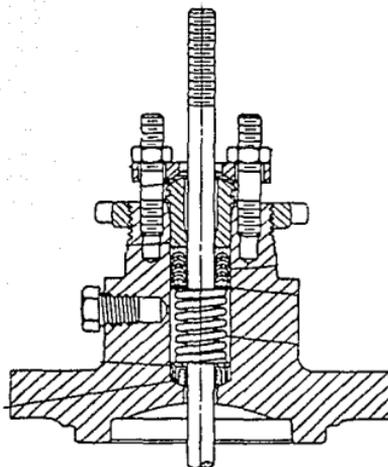
Los bonetes estándares pernados pueden tener un orificio lateral normalmente taponado, a través del cual, en caso de ser necesario, se puede lubricar el vástago mediante una válvula que inyecte grasa o bien se puede utilizar como conexión de purga y venteo.

Los bonetes pueden ser también de extensión. Los bonetes de extensión se utilizan para servicios criogénicos o de altas temperaturas, protegiendo a los empaques, al incrementar la distancia entre éstos y el fluido. En la figura 23 se muestran tres tipos de bonetes.

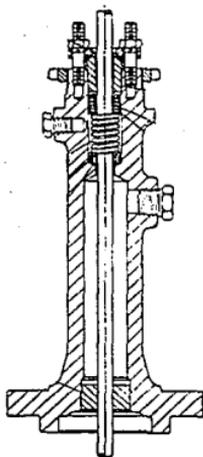
Empaques

Los empaques tienen como objetivo el disminuir en un mínimo las fugas de fluido que se pueden tener a través del vástago de tal forma que cumpla con las normas ecológicas, de salud y de seguridad. Otro objetivo de los empaques es el de abatir costos de mantenimiento de los mismos al disminuir

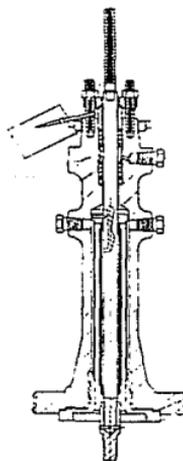
Generalidades



BONETE STANDARD



BONETE DE EXTENSION



BONETE CON SELLO AL AMBIENTE

FIGURA 23. TIPOS DE BONETES

Generalidades

la fricción entre el vástago y los empaques, la cual va desgastando a estos últimos.

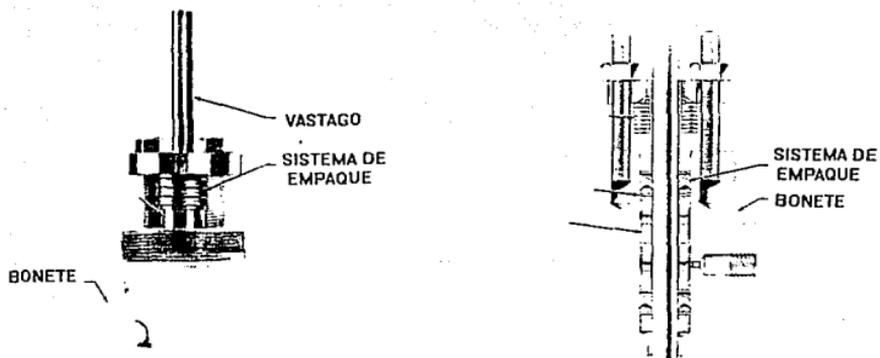
Los materiales utilizados por los empaques deben tener los siguientes requisitos :

- 1.- Tener un coeficiente de fricción bajo.
- 2.- Ser impermeables.
- 3.- Ser resistentes a la abrasión.
- 4.- No deben ser adherentes a otros materiales de la válvula.
- 5.- Deben ser resistentes a los ataques químicos del fluido.

Ningún material conocido cumple con estos puntos en su totalidad, solamente se acercan. Dos materiales son los más utilizados para empaques y son la base para diferentes tipos de empaques. Estos materiales se derivados del teflón (PTFE) y el grafito.

Se han agregado cierto tipo de "accesorios" para mejorar el sistema de empaque como son: materiales autolubricantes, resortes de carga para mantener constante la fuerza de stress que actúa sobre el empaque, una carga de presión para evitar el paso del fluido hacia el empaque y mantener constante a la fuerza de stress. Todo esto forma lo que se conoce como sistemas de empaque y que podemos observar en la figura 24.

Generalidades



TIPOS DE EMPAQUE

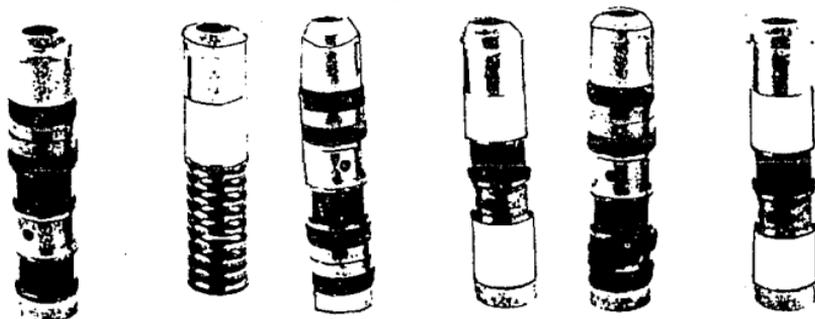


FIGURA 24. SISTEMAS DE EMPAQUE

2) Partes principales de las válvulas rotatorias

En la figura 25 se pueden observar las partes principales que constituyen este tipo de válvulas. Estas partes son:

Cuerpo

El cuerpo de la válvula es el componente básico retenedor de presión y el miembro estructural de la válvula.

Los cuerpos normalmente van montados entre bridas de la tubería (estilo wafer), con lo cual se requiere menos material de construcción y por lo tanto menos soportes en la instalación del mismo. Basicamente el cuerpo tiene forma de círculo y contiene al elemento rotatorio o de cierre de la válvula.

Elemento rotatorio o de cierre

El flujo del fluido de proceso es controlado por medio del elemento rotatorio el cual gira en el cuerpo de la válvula para alterar el área de flujo. El elemento rotatorio tiene forma de disco (válvula de mariposa) o de semiesfera (válvulas de bola y disco excéntrico). La característica de flujo de la válvula es inherente para cada diseño y generalmente puede ser parecida a la característica lineal o de igual porcentaje.

Flecha

La flecha es la parte que sostiene al elemento rotatorio y dá un mecanismo de transmisión de movimiento del actuador hacia el elemento rotatorio. La combinación entre la flecha y el elemento rotatorio es una de las partes mas críticas de este tipo de válvulas ya que se tiene que soportar fuerzas

Generalidades

de torsión creadas por la fricción en los empaques y fuerzas dinámicas del fluido.

Baleros o Bujes

Los baleros o bujes se encargan de soportar y localizar a la flecha y al elemento rotatorio dentro del cuerpo de la válvula. Son como el equivalente a las guías de las válvulas de vástago deslizante. Hay gran variedad de materiales para diferentes fluidos de proceso.

Empaques

Al igual que para las válvulas de vástago deslizante, los empaques se utilizan para evitar fugas a la atmósfera. Tienen las mismas características que para las válvulas de vástago deslizante.

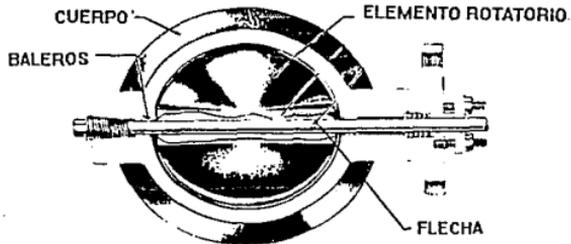


FIGURA 25. PARTES PRINCIPALES DE LAS VALVULAS ROTATORIAS

Tipos de actuadores

El actuador es la parte o elemento que distingue a una válvula de control de las demás válvulas, ya que el actuador es el elemento que recibe la señal del controlador y la convierte en el movimiento del vástago o de la flecha de la válvula y con esto modifica el flujo que pasa a través de la válvula, realizándose de forma automática. En la figura 26 se muestran diferentes tipos de válvulas de control con sus actuadores.

Los diferentes tipos de funciones que presentan los actuadores son:

- a) Mover al elemento de cierre de la válvula de control (disco, bola o tapón) a la posición deseada para manipular el flujo.
- b) Mantener al elemento de cierre de la válvula en la posición deseada.
- c) Asentar al elemento de cierre con la suficiente fuerza para dar el tipo de cierre requerido por la válvula (hermético, no hermético, etc...)
- d) Dar un modo de falla (si abre o cierra completamente) en caso de tener algún tipo de falla o error en el sistema.
- e) Dar la extensión o el movimiento exacto al elemento de cierre.
- f) Dar el tiempo requerido para llevar a cabo la acción de apertura o cierre.

Generalidades

Existen diferentes diseños de actuadores, como son: tipo resorte y diafragma, tipo pistón, tipo electrohidráulico, y eléctricos. Estos diseños se usan tanto para válvulas de vástago deslizante como para válvulas de tipo rotatorio. La única diferencia es que para las válvulas rotatorias se necesita un mecanismo especial para convertir el movimiento lineal a movimiento giratorio. En la figura 27 se muestra la diferencia del mecanismo de actuadores entre válvulas rotatorias y de vástago deslizante.

Actuadores neumáticos de resorte y diafragma

Este tipo de actuador es el mas utilizado debido a su diseño relativamente simple, bajo costo, alta confiabilidad y poco mantenimiento.

Para su funcionamiento requiere de una señal neumática (aire) de entrada en el rango de 3 a 15 psig, o bien de 6 a 30 psig. El aire que entra al actuador actúa sobre el área del diafragma, el cuál traduce esa señal de aire en una fuerza que empuja hacia abajo al propio diafragma, al vástago de la válvula y finalmente al tapón si la válvula es de vástago deslizante (figura 28A) o bien convierte el movimiento lineal en un movimiento rotatorio del disco o bola en caso de una válvula rotatoria (figura 28B) por medio de un mecanismo adicional.

Generalidades

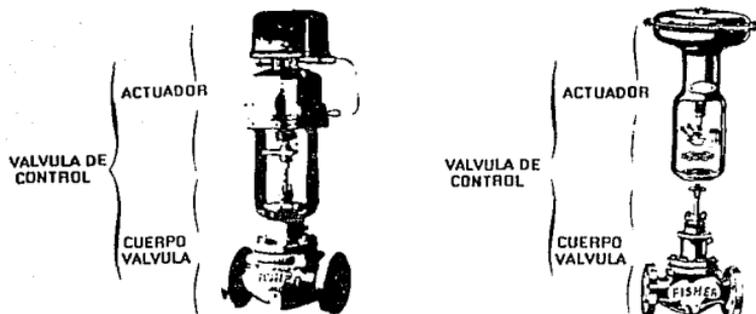
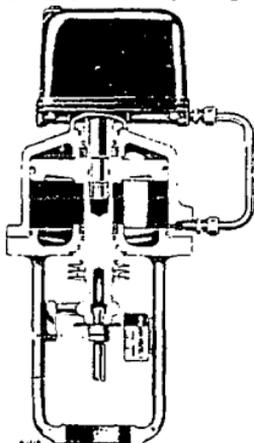


FIGURA 26. ACTUADORES EN LAS VALVULAS DE CONTROL

PARA VALVULAS DE VASTAGO DESLIZANTE



PARA VALVULAS ROTATORIAS

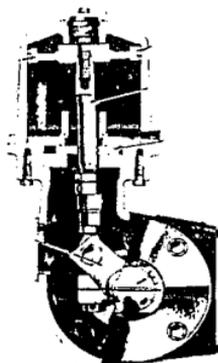


FIGURA 27. DIFERENCIA DE ACTUADORES SEGUN EL TIPO DE VALVULA

Generalidades

En este caso se dice que el actuador es de acción directa pues al ejercer una mayor presión de aire se logra el máximo movimiento descendente del diafragma, y con ello el cierre total de la válvula (refiriéndose a una válvula de globo en la que al empujar hacia abajo el tapón se cierra la válvula), en tanto que con el mínimo de aire dentro del rango de señal considerado, el diafragma debe estar en su posición original (válvula completamente abierta).

Generalmente para válvulas de vástago deslizante (globo, tres vías, etc...) se puede tener un actuador de acción inversa en el que el diafragma recibe la señal de aire por la parte inferior de tal modo que la señal máxima de aire corresponde al máximo movimiento ascendente del diafragma (válvula completamente abierta. En la figura 29 podemos observar los tipos de acciones directa e inversa.

La principal desventaja de este tipo de actuadores es la limitada capacidad que posee, pues gran parte de la fuerza generada por el diafragma es contrarrestada por el resorte, por lo que no se traduce en movimiento o giro del elemento obturador (vástago o flecha) de la válvula.

Generalidades

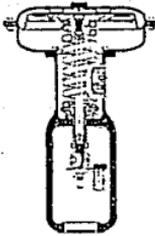


FIGURA 28A. ACTUADOR TIPO RESORTE Y DIAFRAGMA VALVULAS DE VASTAGO DESLIZANTE

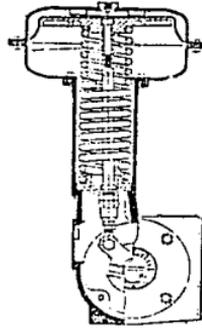
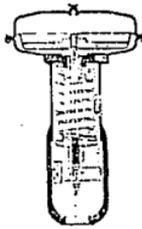
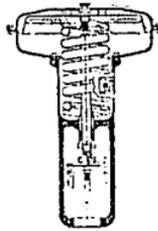


FIGURA 28B. ACTUADOR TIPO RESORTE Y DIAFRAGMA VALVULAS ROTATORIAS



DIRECTA



INVERSA

FIGURA 29. TIPOS DE ACCIONES

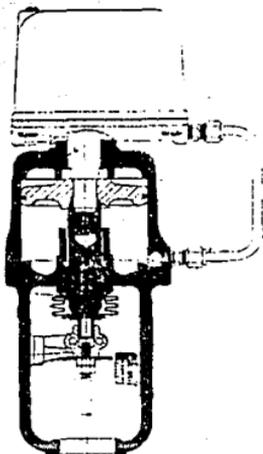
Actuador neumático tipo pistón

Cuando se tienen mayores requerimientos de fuerza (válvulas de vástago deslizante) o torque (válvulas rotatorias) respecto a un actuador de resorte y diafragma, es necesario revisar algunos de los otros diseños de actuadores. Un actuador neumático de pistón proporciona la siguiente opción económica para operación de válvulas de control, pues reúne una construcción compacta, costo relativamente reducido y una salida considerable de fuerza.

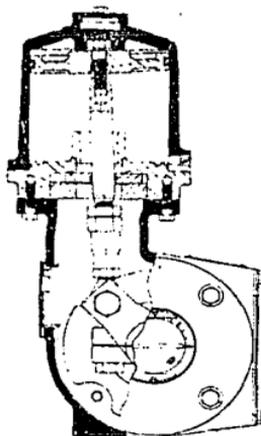
Este actuador está constituido por una cámara de aire, un pistón de simple efecto con resorte de retorno o bien un pistón de doble efecto, y un vástago para transmitir el movimiento hacia la válvula. En la figura 30 se puede observar un actuador de tipo pistón.

El actuador de pistón tiene como desventajas el requerir de altas presiones de suministro (50 a 150 psig) que no siempre son disponibles en la planta, de utilizar un accesorio adicional como un posicionador cuando se requiere control tipo modulante y no tener una acción de seguridad en caso de falla como standard, aunque la obtiene cuando viene equipado con un resorte de retorno.

Generalidades



PARA VALVULAS DE VASTAGO DESLIZANTE



PARA VALVULAS ROTATORIAS

FIGURA 30. ACTUADOR TIPO PISTON

Actuador electrohidráulico

Un actuador electrohidráulico como el que se observa en la figura 31, básicamente tiene la misma construcción que un actuador neumático de doble efecto, excepto que se utiliza un sistema hidráulico en lugar de aire para suministrar la fuerza hacia el pistón. Constituye una excelente opción para servicio modulante debido a su gran inercia (es decir la resistencia a los cambios en las fuerzas entre la válvula y el actuador) y poder recibir señales analógicas de corriente o voltaje. Proporciona un máximo de fuerza de hasta 10,000 Lb.

Entre las desventajas de los actuadores de este tipo tenemos su alto costo, y la dificultad de mantenimiento.

Actuador eléctrico

El actuador de motor eléctrico, usualmente consiste de un motor, una caja de engranes, y está disponible para una gran variedad de salidas de fuerza o torques según el tipo de válvula que se requiera. Ofrece una gran ventaja en instalaciones en las que no se cuenta con suministro de aire, pues requiere de una señal eléctrica de tipo analógico en el orden de 4 - 20 mA o 10 a 50 mA para ser activado.

Este tipo de actuador como el de la figura 32 resulta económico en aplicaciones con válvulas de pequeños tamaños, pero para tamaños grandes resultan lentas en su operación y tienen un mayor peso que el neumático. No son muy precisos en aplicaciones donde el lazo de control requiera de muchos cambios.

Generalidades



FIGURA 31. ACTUADOR ELECTROHIDRAULICO

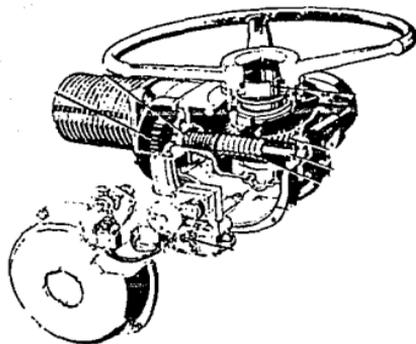


FIGURA 32. ACTUADOR ELECTRICO

Generalidades

En la tabla 3 podemos observar las ventajas y desventajas de los tipos de actuadores mencionados anteriormente.

TIPO DE ACTUADOR	VENTAJAS	LIMITACIONES
RESORTE/DIAFRAGMA	<ul style="list-style-type: none"> - MAS UTILIZADO - - BAJO COSTO - - SUMINISTRO DE AIRE MINIMO - - MANTENIMIENTO SENCILLO - - SEGURIDAD EN CASO DE FALLA INHERENTE - - CONTROL MODULANTE SIN POSICIONADOR - 	<ul style="list-style-type: none"> - PARA ALTAS FUERZAS/TORQUES NO LOGRA VENCER LAS FUERZAS DE DESBALANCE - - POCO FLEXIBLE A CAMBIOS EN CONDICIONES DE OPERACION -
PISTON	<ul style="list-style-type: none"> - PARA ALTAS FUERZAS/TORQUES - - FORMA COMPACTA - - ADAPTABLE A ALTAS TEMPERATURAS Y CAMBIOS EN CONDICIONES DE OPERACION - - RAPIDEZ DE CIERRE - 	<ul style="list-style-type: none"> - REQUIERE ACCESORIOS PARA TENER SEGURIDAD EN CASO DE FALLA - - REQUIERE POSICIONADOR PARA CONTROL MODULANTE - - MAYOR COSTO - - REQUIERE DE ALTAS PRESIONES EN EL SUMINISTRO DE AIRE -
ELECTROHIDRAULICO	<ul style="list-style-type: none"> - PARA ALTAS FUERZAS/TORQUES - - RAPIDEZ DE CIERRE - - EXCELENTE EN EL CONTROL MODULANTE - 	<ul style="list-style-type: none"> - ALTO COSTO - - CONSTRUCCION COMPLEJA - - GRAN TAMAÑO Y PESO - - REQUIERE MANTENIMIENTO - - REQUIERE ACCESORIOS PARA SEGURIDAD EN CASO DE FALLA -
ELECTRICO	<ul style="list-style-type: none"> - CONSTRUCCION COMPACTA - - SUMINISTRO ELECTRICO - - ECONOMICA EN TAMAÑOS PEQUEÑOS - 	<ul style="list-style-type: none"> - ALTO COSTO EN TAMAÑOS GRANDES - - LENTITUD DE CIERRE - - POCO FLEXIBLE A CAMBIOS DE OPERACION - - NO TIENEN SEGURIDAD EN CASO DE FALLA -

TABLA 3

Accesorios de las válvulas de control

Ademas del actuador y el cuerpo, una válvula de control puede tener diferentes tipos de accesorios como son: posicionadores, reguladores, interruptores, transductores, boosters y válvulas solenoides entre otros. Estos accesorios van normalmente montados en el actuador de la válvula de control.

Los accesorios nos sirven en forma general para: poder asegurar la posición del elemento de cierre de la válvula, tener el suministro de aire requerido por el actuador y para poder cambiar la señal de control proveniente de un controlador (por ejemplo de analógica a neumática).

En esta sección se revisan los accesorios mas importantes que pueden tener las válvulas de control.

Posicionadores

El posicionador es un instrumento que compara la posición real del elemento de cierre de la válvula con la posición deseada con respecto a la señal del controlador, ajustando la presión aplicada hacia el actuador para obtener la posición requerida.

Cuando la señal de salida del controlador cambia, se espera que el actuador produzca una señal correctiva para cambiar la posición del elemento de cierre. Sin embargo existen factores que pueden afectar que esto ocurra correctamente.

Generalidades

Entre estos factores tenemos las fuerzas de fricción entre el vástago o flecha con los empaques y las fuerzas que ejerce el fluido sobre el elemento de cierre de la válvula.

Cuando estos factores intervienen en el funcionamiento del actuador, se recomienda el uso de un posicionador para poder asegurar la posición del elemento de cierre.

El posicionador recibe una señal de entrada del controlador que le dice al posicionador la posición deseada del elemento de cierre. Al mismo tiempo se tiene una retroalimentación de la posición real del vástago o flecha al posicionador mediante un dispositivo mecánico.

El posicionador compara la señal del controlador con la del dispositivo mecánico y ajusta la presión de entrada al actuador hasta tener la posición requerida.

Las señales del controlador y de la retroalimentación son comparadas a través de una viga. La señal del controlador se aplica de un lado de la viga y la retroalimentación del otro por medio de una leva. Como estas señales son de fuerza mueven la viga acercándola o alejándola de una restricción por donde llega el aire de suministro al actuador. Si la restricción es tapada completamente todo el aire del suministro entrará al actuador; si no, saldrá una parte del aire por la restricción y entrará al actuador el aire requerido. En la figura 33 se puede observar un diagrama esquemático del diseño básico de un posicionador.

Generalidades

Cabe señalar que el posicionador al contar con una retroalimentación se vuelve un pequeño lazo de control dentro del lazo de control como se observa en la figura 34.

Las aplicaciones más típicas de los posicionadores son: asegurar la posición del elemento de cierre, cuando se requiere de rango dividido (dividir la señal del controlador para más de una válvula), cuando se requiere amplificar la señal de salida del controlador y en algunos casos mejora el control modulante del lazo de control.

En la figura 35 podemos observar posicionadores tanto para válvulas de vástago deslizante como rotatorias.

Los posicionadores pueden ser caracterizados al realizar modificaciones en el mecanismo de retroalimentación. Estos pueden hacer cambiar las características de flujo de las válvulas que no son posible obtener con el tapón o caja. Además de que es más sencillo cambiar la característica de flujo en el posicionador que en los interiores de la válvula (tapón o caja).

Boosters o amplificadores neumáticos

Los boosters o amplificadores neumáticos son instrumentos que tienen aplicaciones parecidas a los posicionadores, excepto en que no presentan un mecanismo de retroalimentación.

Su principal función es la de controlar el suministro de aire al actuador para que el elemento de cierre de la válvula de control llegue a la posición deseada.

Generalidades

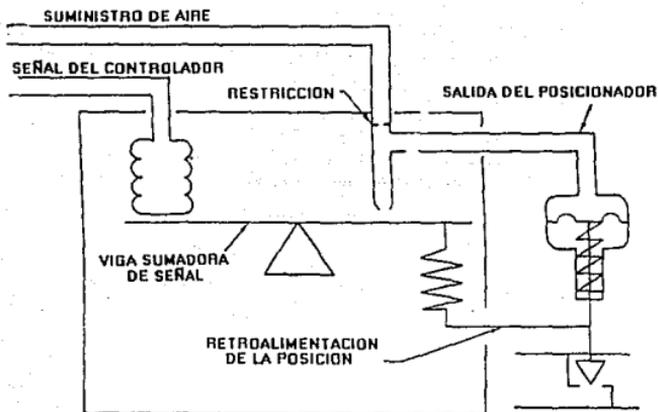


FIGURA 33. DISEÑO BASICO DE UN POSICIONADOR

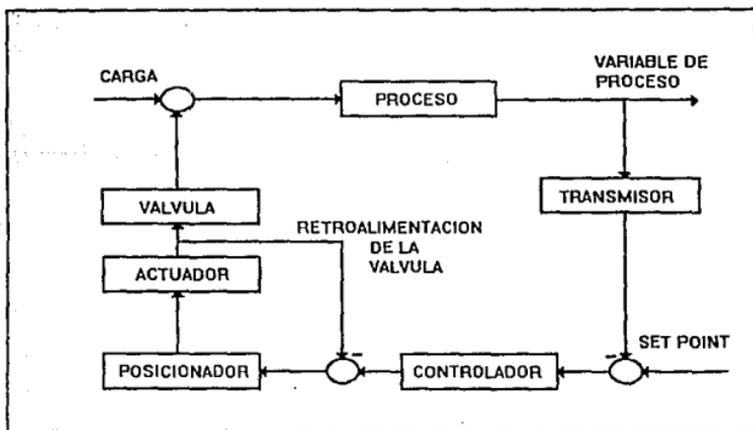


FIGURA 34. POSICIONADOR DENTRO DE UN LAZO DE CONTROL

Generalidades

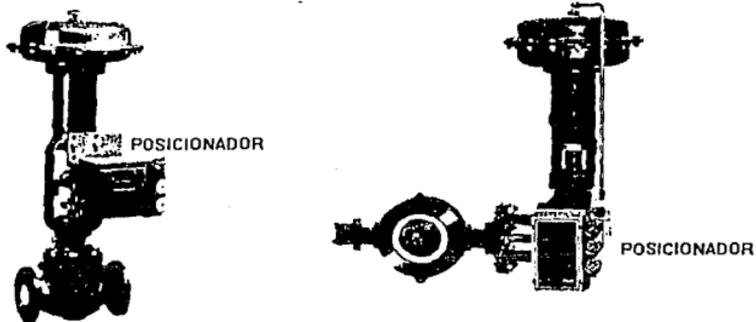


FIGURA 35. POSICIONADORES EN VALVULAS DE CONTROL

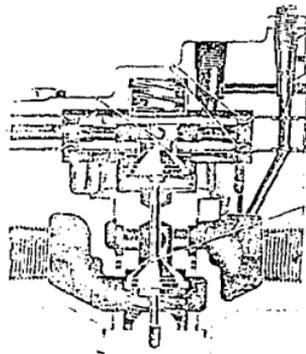
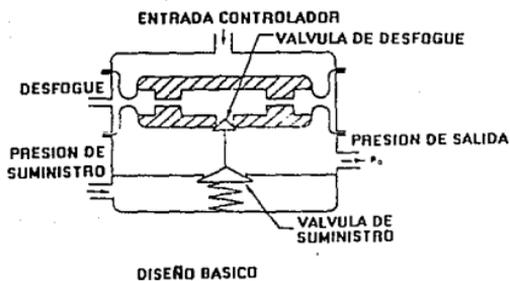


FIGURA 36. BOOSTER O AMPLIFICADOR NEUMATICO

Generalidades

En la figura 36 podemos observar las partes de un booster. Si la presión de entrada (señal del controlador) aumenta, el diafragma se mueve hacia abajo abriendo la válvula de suministro de aire y así permitiendo la entrada de aire al actuador. Si la presión de entrada disminuye, el diafragma se mueve hacia arriba cerrando la válvula de suministro de aire.

Si el valor de la presión de entrada se encuentra por debajo del valor de la presión de carga del actuador (cuando se presenta una falla), el diafragma se mueve hasta abrir la válvula de desfogue y el actuador se abrirá o cerrará totalmente dependiendo de su tipo de acción en caso de falla.

Transductores electroneumáticos

Los transductores electroneumáticos son instrumentos que reciben como señal de entrada una corriente directa del controlador y la convierten en una señal neumática proporcional de salida.

Por ejemplo, si el rango de entrada es de 4-20 mA y el de salida de 3-15 psig; cuando el transductor reciba 4 mA, saldrá una señal neumática de 3 psig y cuando reciba 20 mA saldrán 15 psig. Por lo tanto el transductor es únicamente un convertidor de señal de corriente a neumática.

Se utilizan cuando la señal proveniente del controlador es eléctrica y se opera una válvula neumáticamente. Algunos posicionadores llevan ya incluido un transductor y se les conoce como posicionadores electroneumáticos.

Generalidades

La conversión de la señal de corriente se realiza a través de un motor de torsión que ejerce un estímulo sobre una palometa que actúa sobre un orificio dejando pasar más o menos aire que se suministra al transductor. En la figura 37 podemos observar un transductor.

Valvulas Solenoides

Una válvula solenoide es una combinación de dos unidades básicas, las cuales son un electroimán y una válvula que incluye un orificio en el disco o tapón para controlar el suministro de aire al actuador o posicionador.

El electroimán se energiza al recibir una señal electrónica de un interruptor (manual o automático), que hace la vez de controlador, y al energizarse abre la válvula; al desenergizarse el electroimán se cierra la válvula. En la figura 38 se ilustra este mecanismo.

Las válvulas solenoides se utilizan en aplicaciones de control tipo on/off.

Reguladores de suministro

Los reguladores de suministro de presión son usados para reducir la presión del aire de planta que llega como suministro para instrumentos como posicionadores, boosters, transductores, actuadores y controladores neumáticos.

Generalmente la reducción de ese suministro se hace desde 250 psig hasta 20 o 35 psig. LLevan un filtro integrado que ayuda a limpiar el aire de impurezas para que pueda ser utilizado en los instrumentos neumáticos. En la figura 39 podemos observar un regulador de aire.

Generalidades

TRANSDUCTOR

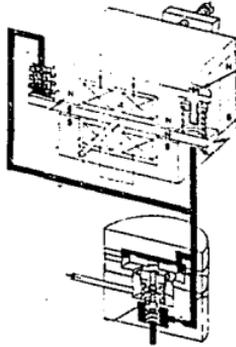
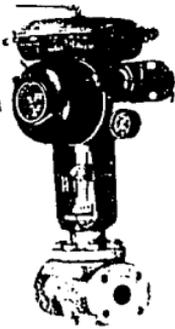


FIGURA 37. TRANSDUCTOR

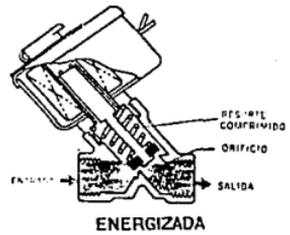
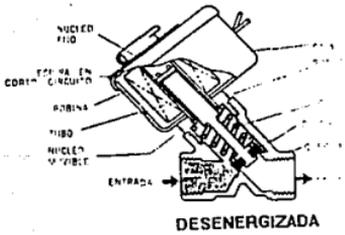


FIGURA 38. VALVULA SOLENOIDE

Interruptores de posición

Un interruptor eléctrico de posición como lo muestra la figura 40, es normalmente montado al actuador de la válvula de control para operar alarmas, señales luminosas, relevadores, válvulas solenoide o equipo similar, señalizando hasta seis puntos predeterminados de la posición del elemento de cierre en la válvula de control.

Cuando se utiliza con válvulas de vástago deslizante, el brazo de operación del interruptor convierte el movimiento lineal del vástago a un movimiento rotatorio de la leva del interruptor. Cuando se utilizan válvulas rotatorias y con la ayuda de un perno, se convierte de movimiento giratorio de la válvula a movimiento giratorio de la leva.

La leva va montada a una barra que hace contacto con el interruptor interno, y según el movimiento de la leva se abrirá o cerrará el circuito del interruptor.

Generalidades

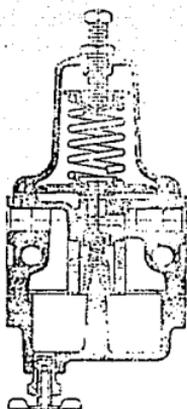


FIGURA 39. REGULADOR DE SUMINISTRO

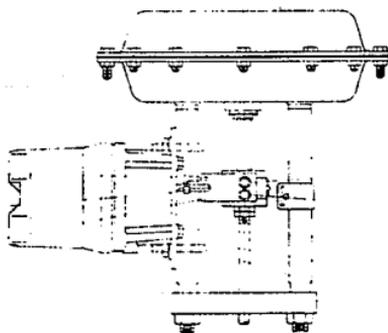


FIGURA 40. INTERRUPTOR DE POSICION

III. Criterios de Selección

Criterios de selección de válvulas de control

Para poder seleccionar una válvula de control se deben tomar en cuenta varios aspectos como son: los materiales de construcción, los límites de presión y temperatura, la capacidad de la válvula, entre otros. En esta sección se analizan varios factores que influyen en la selección de las válvulas de control y se mencionarán algunos criterios que nos ayuden a esta selección.

Entre los factores que debemos considerar se encuentran:

- 1) Límites por presión y temperatura
- 2) Selección de materiales de construcción
- 3) Características de flujo
- 4) Rangeabilidad
- 5) Uso de posicionadores
- 6) Límites por caída de presión
- 7) Clase de cierre
- 8) Tipo de Conexiones
- 9) Tipo de Control
- 10) Ruido y Cavitación
- 11) Capacidad de Flujo
- 12) Costo y Mantenimiento

Estos factores no se encuentran en orden de importancia, ya que todos de alguna forma influyen en la selección de la válvula.

Límites por presión y temperatura

El cuerpo de la válvula es en si un recipiente que debe soportar la presión, temperatura y desgaste que ocasiona el fluido de proceso. Los límites por presión y temperatura tienen que ver con el espesor, dureza y ductilidad de los materiales del cuerpo e interiores de las válvulas de control.

Los límites de presión son considerados de acuerdo a las clases de presión que marca la ANSI (American National Standards Institute), siendo las mas comunes para acero y acero inoxidable las clases ANSI 150, ANSI 300 y ANSI 600.

Para un material de un cuerpo dado, cada clase ANSI corresponde a un perfil de presión máxima permisible que desciende con la temperatura dependiendo de la resistencia de cada material. Además cada material del cuerpo tiene un límite por alta o baja temperatura basado en la pérdida de ductilidad del material. Para la mayoría de las aplicaciones, el límite por presión es dado por las condiciones de proceso de esa aplicación.

En la tabla 4 se presentan los límites de presión para diferentes tipos de acero para las clases ANSI 150 y ANSI 300. Cabe aclarar que la clase ANSI 150 no significa que la máxima presión que soporta la válvula sea 150 psi. Por ejemplo una válvula de acero que es clasificada como ANSI 150 puede soportar a 100°F hasta 285 psi de presión.

Criterios de Selección

La temperatura no solo limita al material del cuerpo, sino que puede llegar a desintegrar las partes blandas de la válvula de control con altas temperaturas y causar pérdida de algunas de sus propiedades con bajas temperaturas.

Las partes blandas tienen materiales como elastómeros o plásticos. Estos materiales se pueden encontrar en partes como los anillos del asiento, anillos de sello, sistemas de empaques, recubrimientos (laineados), entre otras. El límite típico de temperatura para los elastómeros es de 200° a 350° F, y el del teflón es por lo general 450°F.

La temperatura afecta la selección de la válvula de control ya que algunas válvulas no tienen la opción para poder operar a altas o bajas temperaturas. Por ejemplo cuando se utilizan sellos de teflón, en lugar de algún metal para evitar, se incrementa el tipo de cierre de la válvula. Los empaques de la válvula son seleccionados casi en su mayoría por el límite de temperatura de sus materiales.

En la tabla 5 se muestran muy generalmente las clases ANSI que pueden manejar los diferentes grupos de válvulas de control.

Criterios de Selección

LIMITES DE PRESION Y TEMPERATURA

TEMPERATURA DE OPERACION (°F)	PRESION DE OPERACION (PSIG)					
	CLASE 150			CLASE 300		
	ACERO AL CARBON	ACEROS TIPO ALLOY	ACEROS INOXIDABLES	ACERO AL CARBON	ACEROS TIPO ALLOY	ACEROS INOXIDABLES
-20 A 100	285	290	275	740	750	720
200	260	260	240	675	715	620
300	230	230	215	655	675	580
400	200	200	195	635	650	515
500	170	170	170	600	640	480
600	140	140	140	550	605	450
850	125	125	125	535	590	445
700	110	110	110	535	570	430
750	95	95	95	505	530	425
800	80	80	80	410	510	415
850	***	65	65	***	485	405
900	***	50	50	***	450	395
1000	***	20	20	***	270	365
1100	***	***	20	***	***	325
1200	***	***	20	***	***	205
1300	***	***	20	***	***	140
1400	***	***	20	***	***	75
1500	***	***	15	***	***	40

ESTA TABLA ES SOLO INFORMATIVA, PARA DATOS REALES REFERIRSE AL STANDARD ASME/ANSI B16.34-1988

TABLA 4

LIMITES DE PRESION PARA VALVULAS DE CONTROL	
TIPO DE VALVULA	CLASE ANSI
GLOBO	DE ANSI 125 A
	ANSI 2500
DISCO EXCENTRICO	DE ANSI 150 A
	ANSI 600
BOLA	DE ANSI 150 A
	ANSI 900
MARIPOSA	DE ANSI 125 A
	ANSI 2500

TABLA 5

Selecci3n de materiales de construcci3n

La selecci3n de los materiales de construcci3n de la v3lvula se basan generalmente en su resistencia a la corrosi3n del fluido o medio, a la erosi3n por un material abrasivo, a la presencia de cavitaci3n o flasheo que puede causar daos a la v3lvula o como en el criterio anterior a la presi3n y temperatura de proceso.

La corrosi3n se define como el ataque que sufre un material debido a una reacci3n qu3mica o electroqu3mica con el medio o fluido del proceso. En una v3lvula podemos encontrar los siguientes tipos de corrosi3n:

- a) Corrosi3n general o uniforme.- cuando el material es atacado por el fluido por igual en toda su superficie.
- b) Corrosi3n galv3nica.- ocurre cuando se tiene en contacto dos diferentes metales en presencia de una soluci3n conductora.
- c) Corrosi3n por grietas.- se debe a los dep3sitos de iones corrosivos en juntas o grietas que se forman al unir una superficie met3lica con otro material.
- d) Corrosi3n por picadura.- este fen3meno se presenta en las aleaciones que dependen de una pel3cula protectora para resistir la corrosi3n, y esta pel3cula se rompe en algunos puntos de la superficie.
- e) Corrosi3n selectiva .- ocurre cuando un elemento de la aleaci3n es atacado por el fluido y afecta la resistencia del material.

La erosión se debe al impacto que tiene un fluido o medio abrasivo sobre la superficie del material a una alta velocidad causando un desgaste sobre la superficie.

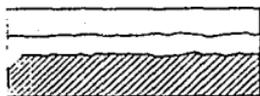
La cavitación y el flasheo son fenómenos que presentan dos fases en la válvula y desgastan el material, por lo que siempre se intentan evitar. De no poder hacerlo así se recurre a reducir el daño a través de un material mas resistente.

En la figura 41 podemos observar distintos tipos de corrosión, erosión y cavitación que pueden ocurrir sobre la superficie de los materiales de una válvula de control.

Los materiales que componen a una válvula son metálicos en el cuerpo e interiores y no metálicos en los sellos y empaques.

Los materiales metálicos más comunes en válvulas de control son: hierro forjado, acero al carbón, acero inoxidable (en diferentes grados), hastelloy, monel, titanio y cobre. Un material muy común es el acero inoxidable que es una aleación de varios elementos en donde sus elementos principales son el cromo y el fierro. Dependiendo de la composición de las aleaciones se tiene un acero diferente que puede ser mas o menos resistente a la corrosión de ciertos fluidos. En la tabla 6 se muestra una tabla de corrosión, muy general en donde podemos observar la compatibilidad entre algunos materiales metálicos y algunos fluidos del proceso.

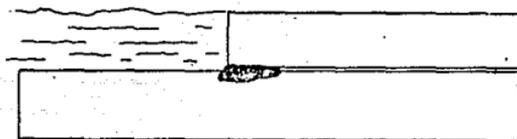
Criterios de Selección



CORROSION UNIFORME



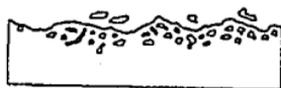
CORROSION GALVANICA



CORROSION POR GRIETAS



CORROSION POR PICADURA



CORROSION SELECTIVA



EROSION



CAVITACION

FIGURA 41. TIPOS DE DAÑOS EN MATERIALES

Criterios de Selección

Los materiales de los interiores de la válvulas (tapón, vástago, flecha, disco o bola, caja, etc...) son normalmente función del material del cuerpo, de la temperatura y de las propiedades del fluido de proceso. Como algunas de esas partes son mas fáciles de hacer en ciertos materiales y tienen un menor costo, se hacen de materiales distintos (por ejemplo con diferentes tipo de aceros). Por lo tanto, tenemos que checar la compatibilidad entre esos materiales para evitar la corrosión tipo galvánica. En la tabla 7 se muestra la compatibilidad entre algunos metales.

Los materiales no metálicos mas comúnmente encontrados en válvulas de control son: hule, neopreno, poliuretano, nitrilo y vitón. Normalmente son utilizados en los sellos de la válvula de control para evitar las fugas al ambiente. En la tabla 8 se muestra compatibilidad entre algunos elastómeros y ciertos fluidos.

Otros dos materiales no metálicos que se encuentran en los sistemas de empaque de las válvulas de control son el teflón y el grafito, debido a su bajo coeficiente de fricción respecto a los demas materiales. Normalmente se utiliza el teflón ya que es mas resistente a la corrosión pero tiene un límite de temperatura de 450°F. Para aplicaciones de alta temperatura se utiliza el grafito.

Criterios de Selección
TABLA GENERAL DE CORROSION PARA MATERIALES METALICOS

FLUIDO	MATERIALES							
	ACERO AL CARBON	HIERRO	ACERO INOX. 316	BRONCE	MONEL	HASTELLOY C	TITANIO	ACERO INOX. 416
ACIDO ACETICO	C	C	B	B	B	A	A	C
ACETONA	A	A	A	A	A	A	A	A
ALCOHOLES	A	A	A	A	A	A	A	A
AMONIACO	A	A	A	C	A	A	A	A
SULFATO DE AMONIO	C	C	A	B	A	A	A	C
ACIDO BORICO	C	C	A	A	A	A	A	B
ACIDO CARBONICO	C	C	B	B	A	A	S/I	A
SULFATO DE COBRE	C	C	B	B	C	A	A	A
ETER	B	B	A	A	A	A	A	A
FORMALDEHIDO	B	B	A	A	A	A	A	A
ACIDO FORMICO	S/I	C	B	A	A	A	C	C
GASOLINA	A	A	A	A	A	A	A	A
ACIDO CLORHIDRICO	C	C	C	C	C	B	C	C
ACIDO FLUORHIDRICO	A	C	B	C	A	A	C	C
LECHE	C	C	A	A	A	A	A	C
ACIDO NITRICO	C	C	B	C	C	B	A	C
OXIGENO	A	A	A	A	A	A	A	A
ACIDO FOSFORICO	C	C	A	C	B	A	B	C
PROPANO	A	A	A	A	A	A	A	A
HIDROXIDO DE SODIO	A	A	A	C	A	A	A	B
ACIDO SULFURICO	C	C	C	B	B	A	B	C
AGUA DESTILADA	A	A	A	A	A	A	A	B
AGUA DE MAR	B	B	B	A	A	A	A	C

A= RECOMENDADO C=NO RECOMENDADO
 B=EFEECTO MODERADO S/I=SIN INFORMACION

NOTA: ESTA TABLA VA DIRIGIDA PARA DAR UNA IDEA GENERAL. PARA INFORMACION CORRECTA REFERIRSE A LA NORMA NACE

TABLA 6

COMPATIBILIDAD ENTRE MATERIALES METALICOS

	COMPATIBILIDAD METAL / METAL							
	ACERO INOX. 316	ACERO INOX. 304	BRONCE	MONEL	HASTELLOY C	TITANIO	NIQUEL	ACERO INOX 17-4 PH
ACERO INOX 316	MALA	MALA	REGULAR	MALA	REGULAR	MALA	MALA	REGULAR
ACERO INOX. 304	MALA	MALA	REGULAR	MALA	REGULAR	MALA	MALA	REGULAR
BRONCE	REGULAR	REGULAR	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	REGULAR
MONEL	MALA	MALA	BUENA	MALA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR
HASTELLOY C	REGULAR	REGULAR	BUENA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR
TITANIO	MALA	MALA	BUENA	REGULAR	REGULAR	MALA	REGULAR	REGULAR
NIQUEL	MALA	MALA	BUENA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	MALA	REGULAR
ACERO INOX. 17-4 PH	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	MALA

TABLA 7

Criterios de Selección

TABLA GENERAL DE CORROSION PARA MATERIALES NO METALICOS

FLUIDO	MATERIALES					
	HULE NATURAL	NEOPRENO	NITRILO	POLIURETANO	VITON	ETILENO PROPILENO
ACIDO ACÉTICO	B	C	B	C	B	A
ACETONA	B	B	C	C	C	A
AIRE	B	A	A	A	A	A
AIRE CALIENTE (93°C)	C	C	A	B	A	A
ALCOHOL ETILICO	A	A	A	B	B	A
ALCOHOL METILICO	A	A	A	C	C	A
AMONIACO	C	A	C	C	C	A
BENCENO	C	C	C	C	A	C
GAS BUTANO	C	A	A	B	A	C
FREON 11	C	B	A	C	A	C
FREON 12	B	A	A	B	B	B
FREON 22	C	A	C	A	C	A
GASOLINA	C	B	A	B	A	C
LECHE	A	A	A	C	A	A
GAS NATURAL	C	A	A	B	A	C
ACIDO NITRICO	C	C	C	C	A	C
NITROGENO	A	A	A	A	A	A
PROPANO	C	A	A	B	A	C
VAPOR DE AGUA	C	C	C	C	C	B
ACIDO SULFURICO	C	C	C	C	A	B
AGUA	A	A	A	A	A	A
AGUA DE MAR	B	B	A	B	A	A
AGUA DIONIZADA	A	A	A	A	A	A
TEMPERATURA °C	DE -51 A 71	DE -40 A 79	DE -29 A 93	DE -40 A 93	DE -18 A 204	DE -40 A 149
	A= RECOMENDADO			C=NO RECOMENDADO		
	B=EFFECTO MODERADO			S/I=SIN INFORMACION		

NOTA: ESTA TABLA VA DIRIGIDA PARA DAR UNA IDEA GENERAL. PARA INFORMACION CORRECTA REFIRSE A LA NORMA NACE

TABLA 8

Criterios de Selección

En resumen, debemos considerar lo siguiente en la selección de los materiales de la válvula de control:

- 1) El material de la tubería normalmente nos indica el material del cuerpo de la válvula.
- 2) Cuando la velocidad del fluido dentro de la válvula pueda causar erosión o cavitación es necesario utilizar otro material distinto al de la tubería.
- 3) Debemos checar la compatibilidad entre los materiales y el fluido en tablas de corrosión, recordando que la temperatura y concentración del fluido afectan sus características corrosivas (tablas 6 y 8).
- 4) Se debe checar la compatibilidad entre los materiales del cuerpo e interiores de la válvula (tabla 7).
- 5) Para los sistemas de empaque utilizar hasta 450°F los basados en teflón, y arriba de esa temperatura los basados en grafito, siempre checando la compatibilidad con el fluido.
- 6) Checar los límites por presión y temperatura de los materiales.
- 7) Ver cual es el material mas económico que puede llevar la válvula.

Características de flujo

La característica de flujo de una válvula de control se define como la relación entre el flujo que pasa a través de la válvula y la carrera de la válvula que varía de 0 a 100%. La carrera de la válvula se puede definir como el porcentaje de apertura que tiene el tapón, por ejemplo si el tapón se encuentra totalmente cerrado se dice que la carrera de la válvula es 0%. Entonces, la característica de flujo nos dice como va variando el flujo al ir abriendo o cerrando la válvula.

Para poder entender porque se caracteriza el flujo en una válvula de control, tendremos que definir el concepto de ganancia del lazo de control.

La ganancia por si misma se define como la relación entre el porcentaje de cambio de alguna salida y el porcentaje de cambio de una entrada que produce el cambio en la salida. Por lo tanto la ganancia del proceso se define como la relación entre el cambio de la salida de proceso (un cambio en temperatura, presión, nivel, etc...) con respecto al cambio de la entrada del proceso (puede ser cualquier variable, pero por lo general es el flujo).

Como el proceso es un elemento dentro del lazo de control, la ganancia del lazo de control será determinada por la ganancia de cada elemento del lazo (elementos primarios, controladores, elementos finales). Con el fin de expresar la ganancia en términos adimensionales, las salidas y las entradas se expresan en porcentajes.

La ganancia del lazo de control se obtiene al combinar matemáticamente las ganancias de los elementos del mismo.

Como el objetivo de tener un lazo de control es mantener a la salida del proceso dentro de un rango deseado sin importar los cambios en las entradas al proceso, la ganancia se convierte en un concepto muy importante.

Se busca que el lazo de control sea estable en todo el rango de operación del proceso, por lo que se necesita que la ganancia sea constante en todo el lazo de control. Es decir, se requiere que la ganancia no cambie en todo el rango de operación para poder tener un sistema lineal. En la industria se quieren sistemas de control lineales para poder tener un cambio esperado en una salida de proceso al presentarse un cambio en la entrada.

Los procesos tienen distintos perfiles de comportamiento, diferentes ganancias y en un lazo de control se busca compensar los cambios en las ganancias del proceso, tratando que la ganancia en todo el rango de operación sea constante y por lo tanto tener un sistema lineal y estable. Así la ganancia del lazo de control es independiente al tipo de entrada al proceso.

La caracterización del flujo es una forma de compensar los cambios en la ganancia del proceso. En la figura 42 se muestra una gráfica en donde se puede observar la compensación con respecto al comportamiento del proceso.

Criterios de Selección

Una manera simple de caracterizar el flujo es hacer todos los elementos del lazo de control lineales, excepto el cuerpo de la válvula. Lineal significa que la salida es directamente proporcional a la entrada y por lo tanto la ganancia es constante, esto permite utilizar los transmisores, controladores y actuadores en la mayoría de los procesos y entonces solamente la ganancia de la válvula realiza la compensación, siendo el método mas sencillo para realizarlo.

La característica de flujo que tiene la válvula es la relación entre la carrera y el flujo que pasa a través del cuerpo de la válvula cuando la caída de presión a través de la válvula es constante, es decir la característica inherente de la válvula.

Existe otro tipo de característica, que se conoce como característica instalada. Esta es la que se obtiene cuando la caída de presión varía con el flujo y con otros cambios en el proceso, siendo el resultado de la compensación realizada por la característica inherente de la válvula de control sobre el proceso.

Normalmente encontramos cuatro tipos de características inherentes en las válvulas de control que las podemos observar en la figura 43 y son: lineal, apertura rápida, igual porcentaje y parabólica modificada.

Criterios de Selección

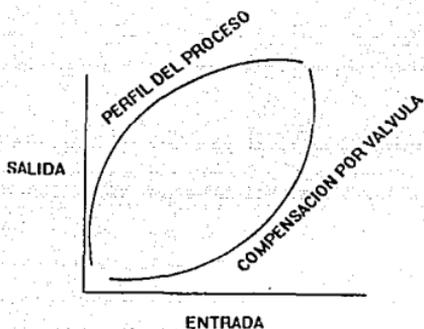


FIGURA 42. COMPENSACION POR VALVULA AL PROCESO

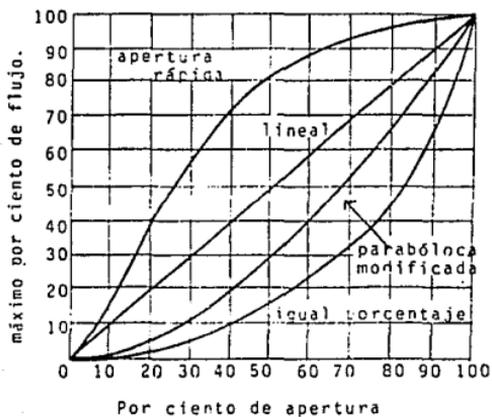


FIGURA 43. CARACTERISTICAS INHERENTES DE LAS VALVULAS DE CONTROL

Crterios de Selección

a) Característica lineal

En la figura 43 podemos observar que el flujo es directamente proporcional a la carrera de la válvula. Esto significa que a caídas de presión constante la ganancia de la válvula sera la misma para todos los flujos. La característica lineal se utiliza en sistemas de control de nivel y flujo en donde se requiere una ganancia de la válvula de control constante en todo el rango de operación.

b) Característica de apertura rápida

Esta característica nos da un cambio muy grande en el flujo, con un cambio pequeño en la carrera de la válvula, en una forma aproximadamente lineal hasta el 40% de la carrera, después a grandes cambios de carrera, el cambio de flujo sera muy pequeño. Se utiliza primordialmente en servicios de control tipo on/off.

c) Característica de igual porcentaje

En esta característica el flujo se incrementa exponencialmente con respecto a la carrera, y se denomina igual porcentaje ya que cada incremento igual de carrera produce un incremento de flujo, el cual es un porcentaje igual al flujo existente en la válvula. Si tenemos flujos pequeños, el incremento será pequeño; si tenemos flujos grandes, el incremento será grande. Esta característica se utiliza en sistemas en donde existen grandes variaciones en la caída de presión a través de la válvula.

Criterios de Selección

d) Característica de parabólica modificada

Esta característica cae entre la lineal y la de igual porcentaje. No es muy utilizada y en algunos servicios substituye a las dos características antes mencionadas.

Las características de flujo se obtienen en una válvula de control a través de la forma de la caja y el tapón (ver figuras 20 y 22 de generalidades) en el caso de las válvulas de vástago deslizante y en el disco ó bola de las válvulas rotatorias. En las válvulas de vástago deslizante se pueden cambiar las características de la válvula al poderse cambiar el tapón y la caja, en cambio las válvulas rotatorias solo pueden tener una característica. En la tabla 9 se muestran los diferentes tipo de válvulas de control y las características de flujo con las que pueden contar.

CARACTERISTICAS DE FLUJO EN VALVULAS	
TIPO DE VALVULA	CARACTERISTICA DE FLUJO
GLOBO	IGUAL PORCENTAJE LINEAL APERTURA RAPIDA
DISCO EXCENTRICO	LINEAL MODIFICADA
BOLA	APROXIMADAMENTE LINEAL APROXIMADAMENTE IGUAL PORCENTAJE
MARIPOSA	APROXIMADAMENTE LINEAL APROXIMADAMENTE IGUAL PORCENTAJE

TABLA 9

Criterios de Selección

Para saber que tipo de característica utilizar en diferentes tipos de sistemas de control (nivel, presión, temperatura, flujo) se tiene que recurrir a "reglas de dedo", basadas en la experiencia y siempre teniendo en cuenta que existen excepciones. Para tener la característica de flujo exacta para cada sistema se tendría que hacer el análisis dinámico de éste. En la tabla 10A se muestran las características recomendadas para diferentes sistemas de nivel, en la 10B para presión y en la 10C para sistemas de flujo. Todos basados en la experiencia. Para sistemas de temperatura se recomienda utilizar la característica de igual porcentaje.

SISTEMAS DE NIVEL (LIQUIDOS)	
CAIDA DE PRESION EN LA VALVULA	CARACTERISTICA DE FLUJO
CAIDA DE PRESION CONSTANTE	LINEAL
CAIDA DE PRESION DECRECIENTE AL INCREMENTARSE LA CARGA. CAIDA DE PRESION EN CARGA MAXIMA MAYOR QUE EL 20% DE LA CAIDA DE PRESION EN LA CARGA MINIMA	LINEAL
CAIDA DE PRESION DECRECIENTE AL INCREMENTARSE LA CARGA. CAIDA DE PRESION EN CARGA MAXIMA MENOR QUE EL 20% DE LA CAIDA DE PRESION EN LA CARGA MINIMA.	IGUAL PORCENTAJE
INCREMENTOS EN LA CAIDA DE PRESION AL INCREMENTARSE LA CARGA CAIDA DE PRESION EN CARGA MAXIMA MENOR QUE EL 200% DE LA CAIDA DE PRESION EN LA CARGA MINIMA.	LINEAL
INCREMENTOS EN LA CAIDA DE PRESION AL INCREMENTARSE LA CARGA CAIDA DE PRESION EN CARGA MAXIMA MAYOR QUE EL 200% DE LA CAIDA DE PRESION EN LA CARGA MINIMA	APERTURA RAPIDA

TABLA 10A

Criterios de Selección

SISTEMAS DE CONTROL DE PRESION	
TIPO DE APLICACION	CARACTERISTICA DE FLUJO
PROCESOS LIQUIDOS	IGUAL PORCENTAJE
PROCESOS GASES, CON VOLUMENES PEQUEÑOS, MENOS 10 FT DE TUBERIA ENTRE VALVULA DE CONTROL Y VALVULA DE CARGA	IGUAL PORCENTAJE
PROCESOS GASES, VOLUMENES GRANDES (SISTEMAS DE DISTRIBUCION O LINEAS DE TRANSMISION QUE EXCEDEN LOS 100 FT DE VOLUMEN DE TUBERIA NOMINAL), CON CAIDA DE PRESION DECRECIENTE CON INCREMENTOS EN LA CARGA, CAIDA DE PRESION EN CARGA MAXIMA MAYOR AL 20% DE LA CAIDA DE PRESION EN CARGA MINIMA	LINEAL
PROCESOS GASES, VOLUMENES GRANDES (SISTEMAS DE DISTRIBUCION O LINEAS DE TRANSMISION QUE EXCEDEN LOS 100 FT DE VOLUMEN DE TUBERIA NOMINAL), CON CAIDA DE PRESION DECRECIENTE CON INCREMENTOS EN LA CARGA, CAIDA DE PRESION EN CARGA MAXIMA MENOR AL 20% DE LA CAIDA DE PRESION EN CARGA MINIMA	IGUAL PORCENTAJE

TABLA 10B

PROCESOS DE CONTROL DE FLUJO			
TIPO DE SENAL DEL ELEMENTO PRIMARIO AL CONTROLADOR	LOCALIZACION DE LA VALVULA DE CONTROL EN RELACION AL ELEMENTO PRIMARIO	CARACTERISTICA DE FLUJO	
		RANGO AMPLIO DEL SETPOINT DEL FLUJO	RANGO CORTO DE FLUJO PERO CON GRANDES CAMBIOS EN LA CAIDA DE PRESION EN LA VALVULA AL INCREMENTAR LA CARGA
PROPORCIONAL AL FLUJO	EN SERIE	LINEAL	IGUAL PORCENTAJE
	EN BYPASS **	LINEAL	IGUAL PORCENTAJE
PROPORCIONAL AL FLUJO CUADRATICO	EN SERIE	LINEAL	IGUAL PORCENTAJE
	EN BYPASS **	IGUAL PORCENTAJE	IGUAL PORCENTAJE

** CUANDO LA VALVULA DE CONTROL CIERRA EL FLUJO INCREMENTA EN EL ELEMENTO PRIMARIO

TABLA 10C

PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA SE UTILIZARA LA CARACTERISTICA DE IGUAL PORCENTAJE.

Criterios de Selección

Se ha observado que para ciertos porcentajes de aperturas de las válvulas de control, las características de flujo tienen una respuesta lineal y es más fácil controlar al sistema, por lo que hay que tratar de seleccionar una válvula que opere en ese rango de control óptimo. en la tabla 11 podemos observar el porcentaje de apertura de la válvula requerido para un mejor control según las características de flujo de la válvula de control.

RANGO DE CONTROL OPTIMO	
CARACTERISTICA DE FLUJO	APERTURA DE LA VALVULA
APERTURA RAPIDA	DEL 20 AL 40 %
LINEAL	DEL 40 AL 60%
IGUAL PORCENTAJE	DEL 60 AL 80%

TABLA 11

Otra forma de caracterizar el flujo es a través de las levas de los posicionadores que se encuentran en el mecanismo de retroalimentación de los mismos. La caracterización en los posicionadores es recomendada cuando en una válvula de control solo se puede tener una característica de flujo inherente, como por ejemplo, en las válvulas rotatorias y necesitamos cambiar esa característica.

Criterios de Selección

Existen tres tipos de levas para caracterizar en un posicionador: leva tipo A, tipo B y tipo C. Solo se puede utilizar una en cada posicionador.

En la figura 44 se muestran cuatro gráficas. La primera nos da el tipo de característica inherente de cada leva del posicionador y las otras tres nos muestran las características que se obtienen al combinar las levas con características existentes en las válvulas. En la tabla 12 se muestra una guía del tipo de característica obtenida al combinar las características de la válvula con las levas del posicionador.

Solo se puede utilizar la caracterización con posicionadores en sistemas con variables lentas como son los de nivel y algunos de temperatura, ya que el tiempo de respuesta del posicionador es lento comparado con el del actuador y podría causar inestabilidad en el lazo de control.

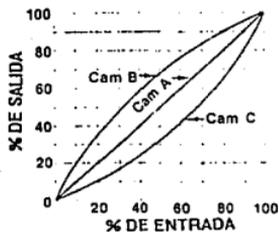
En resumen debemos considerar los siguientes puntos en la selección de la característica de flujo:

- 1) Observar el tipo de sistema de proceso para determinar el tipo de caracterización a utilizar (tabla 10A a 10B)
- 2) Buscar una válvula que trabaje en el rango óptimo de control según su característica de flujo (tabla 9).
- 3) De requerir caracterización por posicionador, checar el tipo de leva que se requiere (tabla 12).

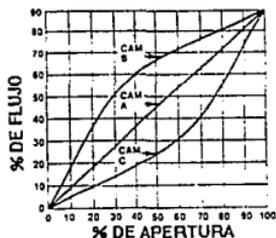
Criterios de Selección

TIPO DE CARACTERÍSTICAS DE FLUJO CON POSICIONADOR		
CARACTERÍSTICAS DE LA VALVULA	TIPO DE LEVA	CARACTERÍSTICA DE FLUJO OBTENIDA
LINEAL	LEVA "B"	APERTURA RAPIDA
	LEVA "A"	LINEAL
	LEVA "C"	IGUAL PORCENTAJE
IGUAL PORCENTAJE	LEVA "B"	LINEAL
	LEVA "A"	IGUAL PORCENTAJE
	LEVA "C"	IGUAL PORCENTAJE EXAGERADO
APERTURA RAPIDA	LEVA "B"	APERTURA RAPIDA EXAGERADO
	LEVA "A"	APERTURA RAPIDA
	LEVA "C"	LINEAL

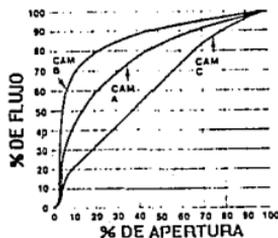
TABLA 12



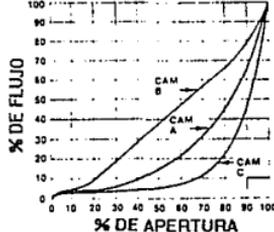
CARACTERÍSTICAS DE LAS LEVAS



CARACTERÍSTICA COMBINADA CON VALVULA LINEAL



CARACTERÍSTICA COMBINADA CON VALVULA DE APERTURA RAPIDA



CARACTERÍSTICA COMBINADA CON VALVULA DE IGUAL PORCENTAJE

FIGURA 44. CARACTERIZACION CON POSICIONADOR

Rangeabilidad

La rangeabilidad se define como la relaci3n entre el flujo m3ximo y el flujo m3nimo que puede manejar una v3lvula de control.

La rangeabilidad de una v3lvula nos dice que rango de flujo puede manejar 3sta. Generalmente las v3lvulas de bola son las que tienen mayor rangeabilidad, luego las de mariposa y finalmente las de v3stago deslizante.

No siempre la v3lvula con mayor rangeabilidad va a ser la mejor para realizar el control, ya que seg3n la caracter3stica de flujo de la v3lvula podemos operar dentro del rango 3ptimo de control. Se busca en primer lugar cubrir el rango de proceso y en segundo lugar que se pueda operar lo mejor posible dentro del rango 3ptimo de control.

Uso de Accesorios (Posicionadores)

Los accesorios son instrumentos que forman parte del lazo de control y afectan la estabilidad del mismo, por lo que siempre hay que saber cuando es necesario aplicarlos. El accesorio m3s com3nmente utilizado es el posicionador, por lo que nos enfocaremos mas en las gu3as para la aplicaciones de posicionadores.

Las gu3as para la aplicaci3n de posicionadores surgieron de un estudio que consisti3 en una simulaci3n anal3gica y una verificaci3n experimental, realizado por fabricantes de v3lvulas de control.

Criterios de Selección

De este estudio se obtuvieron las siguientes recomendaciones para la aplicación de posicionadores y amplificadores neumáticos :

1.- Deben descartarse problemas de carga, fricción en el vástago y desbalance del tapón en la recomendación de posicionadores o amplificadores, debido a que un actuador neumático de tipo diafragma, si es apropiadamente dimensionado, efectuará un excelente trabajo de control sin requerir de la ayuda del posicionador.

2.- Cinco casos son reconocidos para la aplicación de posicionadores :

a) Cuando la presión de entrada al actuador debe ser aumentada arriba del rango estandard 3 a 15 psig, para obtener una adecuado empuje o rigidez. La rigidez se define como la relación entre el cambio en las fuerzas del fluido sobre el tapón con respecto al cambio de posición o carrera. Si la rigidez del actuador es menor que los gradientes de fuerza en el vástago (producidos por la fuerza del fluido sobre el tapón), el tapón de la válvula cambiará a una posición no deseada. El posicionador aumenta la rigidez del actuador por lo que se necesita utilizar para evitar una posición no deseada en el tapón.

Criterios de Selección

b) Donde se requieren aplicaciones con señales de rango dividido.- Las aplicaciones de rango dividido son aquellas que utilizan una salida del controlador para operar dos ó mas elementos finales de control. Los objetivos de estos sistemas son: incrementar la capacidad de las válvulas (utilizando dos válvulas pequeñas para cubrir un rango de flujo), controlar mas de una variable de proceso con una sola señal y para controlar distintos elementos finales de control. En la figura 45 se representa una aplicación de rango dividido.

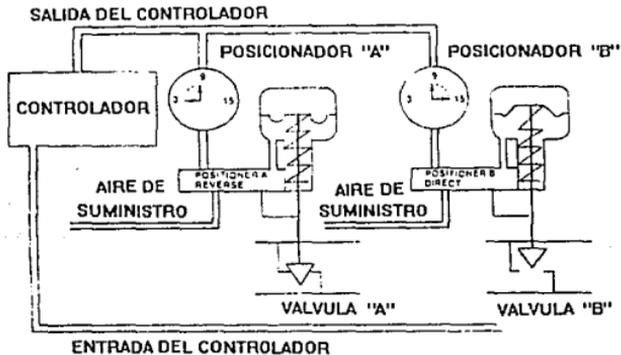


FIGURA 45. RANGO DIVIDIDO

c) En actuadores neumáticos sin resorte como algunos actuadores tipo pistón. Los actuadores de pistón necesitan altas presiones de carga (de 60 a 150 psig), y para obtener un buen control es necesario utilizar todo el rango del

Criterios de Selección

actuador. Una forma de suministrar ese rango de presión es a través de un posicionador que traduce la señal del controlador a su correspondiente presión de carga al actuador.

d) Donde se requiere el mejor control posible; por ejemplo en un sistema de rápido ajuste después de un disturbio en la entrada del proceso. La forma para obtener el mejor control posible es a través de la caracterización adecuada del lazo de control para compensar los cambios en el proceso. En un posicionador como ya se ha mencionado la caracterización se realiza a través de las levas del mismo en sistemas en donde la válvula solo puede tener una característica inherente.

e) Cuando tenemos largas líneas de transmisión de señal. En este caso se utiliza el posicionador como amplificador de señal, para que la señal de control sea la deseada.

3.- Los casos citados anteriormente, sólo nos indican en donde se aplican los posicionadores y los amplificadores neumáticos. La selección de uno u otro depende de la dinámica del sistema :

a) En sistemas o procesos rápidos, entendiéndose como un proceso rápido aquel en donde con un pequeño cambio en la posición de la válvula produce un cambio rápido en la variable de proceso, se utilizan los amplificadores neumáticos o boosters. Algunos sistemas rápidos son : los de flujo, presión de líquidos y algunos de presión de gases.

b) En sistemas o procesos lentos, entendiéndose como un proceso lento aquel en donde un cambio en la posición de la

Criterios de Selección

válvula produce un cambio lento en la variable de proceso, se utilizan posicionadores. Algunos sistemas lentos son: los de nivel, temperatura y algunos de presión de gases (cuando tenemos grandes volúmenes de gases).

En algunos casos no tenemos otra opción mas que utilizar posicionadores en procesos rápidos, como por ejemplo cuando tenemos válvulas rotatorias en donde se requiere asegurar su posición exacta durante el proceso. El posicionador se tiene que utilizar debido a su sistema de retroalimentación de la posición en este caso del disco o bola. En estos casos, se debe tratar de disminuir a la rapidez del proceso por ejemplo atenuando la ganancia del controlador.

Los posicionadores no se utilizan en procesos rápidos debido a que su tiempo de respuesta es mas lento que el cambio en el proceso y por consiguiente tendríamos una inestabilidad en el lazo de control.

Otro accesorio que se utiliza con frecuencia es el transductor, que se usa en procesos en donde no se necesitan posicionadores del tipo electroneumático y se necesita cambiar una señal de tipo analógico a tipo neumático.

En resumen se deben seguir la siguiente guía :

- 1) Checar si se requiere utilizar posicionadores o amplificadores siguiendo las guías de aplicación.
- 2) De ser requeridos checar si el proceso es lento ó rápido para saber cual aplica.
- 3) De no ser requeridos, checar si se necesita un transductor.

Límites por caída de presión

La caída de presión en una válvula se define como la diferencia entre la presión a la entrada de la válvula y la presión que existe a la salida de la misma. La presión de la línea determina el material del cuerpo; el límite de caída de presión determina los materiales del interior de la válvula (tapón, vástago, asiento, disco, bola, flecha).

Al caer la presión aumenta la velocidad del fluido dentro de la válvula, por lo que se producen vibraciones y fuerzas dinámicas, las cuales deben de soportar y resistir las partes internas de la válvula. Estas partes no deben de desgastarse, ni sufrir torceduras a causa de esas fuerzas y vibraciones.

Las válvulas de vástago deslizante son las que mejor soportan las caídas de presión debido a lo robusto de su construcción en donde se distribuye el soporte de las fuerzas dinámicas. En las válvulas rotatorias, el estress dinámico al que está sometido el disco o bola y la flecha es muy grande, ya que la estructura del cuerpo de la válvula no es robusta, por lo cual no soportan grandes caídas de presión.

Por otra parte, caídas de presión muy altas nos pueden producir los fenómenos de cavitación y ruido que pueden llegar a dañar la válvula.

En resumen para altas caídas de presión, generalmente se utilizan válvulas de vástago deslizante.

Clase de cierre o fuga

La capacidad de cierre de una válvula de control se refiere a la cantidad de fuga que presenta al encontrarse totalmente cerrada. Esta capacidad de cierre depende de la temperatura (ya que cambian los valores de expansión térmica de los metales y la plasticidad de los sellos), la caída de presión (altas caídas de presión llegan a presentar flujo tapón que fluye por el pasaje de fuga), el tipo de las superficies de cierre (metal/metal o metal/elastómero, etc...) y en válvulas de vástago deslizante la fuerza del actuador sobre el asiento.

Existen unas clasificaciones de clase de cierre o fuga estandarizadas en 1976 por el ANSI B16.104, que se encuentran en la tabla 13. Estas clases fueron obtenidas experimentalmente en condiciones "estandares" de operación y nos sirven para comparar el tipo de cierre de un tipo de válvula con respecto de otra y no para predecir la fuga que va a tener la válvula en condiciones reales de operación. La predicción de fuga en condiciones reales de proceso es muy difícil de conseguir. Las clase VI es la de mejor cierre hermético y la clase I la de menor.

Criterios de Selección

Las válvulas rotatorias presentan en términos generales una mejor clase de cierre que las válvulas de vástago deslizante. En las válvulas de vástago deslizante la presión del fluido tiende a abrir el tapón de la válvula y normalmente la superficie de cierre es metal/metal por lo que hay mayores fugas. En cambio las válvulas rotatorias, a excepción de la tipo mariposa convencional, tienen sellos blandos alrededor del elemento de cierre, y la presión ejercida por el fluido empuja al elemento de cierre hacia el sello disminuyendo así la posibilidad de fugas.

Es muy común que se tienda a tener clases de fuga mejores cuando no son realmente necesarias, por lo que el costo de la válvula aumenta considerablemente (por ejemplo al cambiar el asiento por otro material mas blando y mas caro) o cambiar a un actuador de mayor potencia.

En realidad en un control de tipo modulante no es muy necesario tener un cierre muy "hermético" ya que la válvula no esta diseñada para trabajar como un bloqueo sino para controlar variables de proceso. Un cierre hermético se requiere cuando tenemos altas presiones de línea que pueden dañar los interiores de la válvula, o cuando se tienen que cumplir con las normas ambientales para evitar la contaminación.

Criterios de Selección

En resumen siempre se debe conocer la clase de cierre que se requiere para el proceso y buscar que diseño de válvula nos da esa clase de cierre. Recordando que mientras mas se mejore la clase de cierre, la válvula tendrá un costo mayor. Las válvulas rotatorias tienen mayor clase de cierre que las de vástago deslizante en términos generales.

CLASE DE CIERRE SEGUN EL ANSI B16.104-1976			
CLASE	FUGA MAXIMA	MEDIO DE PRUEBA	PRESION Y TEMPERATURA DE PRUEBA
CLASE II	0.5% DE LA CAPACIDAD DE LA VALVULA A PUERTO CERRADO	AIRE	LA CAIDA DE PRESION DE SERVICIO O 50 PSID (LA MAS CHICA) Y UN RANGO DE TEMPERATURA DE 50 A 125°F
CLASE III	0.1% DE LA CAPACIDAD DE LA VALVULA A PUERTO CERRADO	AIRE	LA CAIDA DE PRESION DE SERVICIO O 50 PSID (LA MAS CHICA) Y UN RANGO DE TEMPERATURA DE 50 A 125°F
CLASE IV	0.01% DE LA CAPACIDAD DE LA VALVULA A PUERTO CERRADO	AIRE	LA CAIDA DE PRESION DE SERVICIO O 50 PSID (LA MAS CHICA) Y UN RANGO DE TEMPERATURA DE 50 A 125°F
CLASE V	0.0005 ML/min/psid/pulgada de diametro de puerto	AGUA	LA CAIDA DE PRESION DE SERVICIO ENTRE 50 Y 125°F
CLASE VI	DIAMETRO DE PUERTO	BURBUJAS POR MINUTO	LA CAIDA DE PRESION DE SERVICIO O 50 PSID (LA MAS CHICA) Y UN RANGO DE TEMPERATURA DE 50 A 125°F
	1"	1	
	1 1/2"	2	
	2"	3	
	2 1/2"	4	
	3"	6	
	4"	11	
	6"	27	
8"	45		

TABLA 13

Criterios de Selección

Tipo de conexiones

En algún punto del proceso de selección se deben considerar el tipo de conexiones de la válvula.

El seleccionar las conexiones es simplemente una cuestión de considerar si la válvula se fabrica con las conexiones requeridas. Existen varios tipos de conexiones, pero cuatro de ellas son las más comunes: conexiones roscadas, bridadas, entre bridas (wafer) y soldadas.

1) Conexiones roscadas.- Son bastante comunes en válvulas pequeñas, hasta 2" y son más económicas que las bridadas. Las roscas son normalmente como "Hembra" en el cuerpo y "Macho" en la tubería. Se denominan con las siglas NPT (National Pipe Thread).

Este tipo de conexiones no es muy recomendable para servicios de altas temperaturas y su mantenimiento es difícil.

2) Conexiones bridadas.- Este tipo de conexiones pueden ser fácilmente removidas de la línea y son apropiadas para utilizarse a través del rango de presiones para la cual la mayoría de las válvulas son fabricadas. Se encuentran disponibles para todos los tamaños de válvulas.

Existen tres tipos de diseño básicos :

a) Brida de cara plana.- Permite tener pleno contacto entre las caras y son comúnmente usadas en servicio de baja presión en válvulas con cuerpo de hierro y bronce.

Criterios de Selección

b) Brida de cara realzada.- Son probablemente el tipo mas comúnmente utilizado como conexión, tienen una pequeña área realzada para colocar la empaquetadura asegurando un buen sello y evitando la pérdida del empaque. Son utilizadas hasta presiones de 600 psig. y temperaturas hasta 1500°F. Se utilizan en válvulas con cuerpo de hierro, acero, inoxidable y aleaciones.

c) Brida con junta de anillo.- Es similar a la anterior excepto que se usa un anillo metálico instalado en la ranura circular que se practica sobre las bridas, permitiendo un mejor sello. Son una excelente unión para presiones hasta de 1500 psig, pero no son muy recomendables para temperaturas altas. Se utilizan en válvulas con cuerpo de acero, inoxidables y aleaciones.

En la figura 46 podemos observar estos tres diferentes tipos de conexiones bridadas.

3) Conexiones Entre Bidas (Wafer).- Se fabrican en forma independiente del cuerpo y se aseguran a él por medio de anillos. Puesto que el fluido no entra en contacto normalmente con las bridas, estas resultan mas económicas en servicios corrosivos y erosivos. Se utilizan normalmente en válvulas de tipo rotatorio.

4) Conexiones soldables.- Tienen la ventaja de ser herméticas a cualquier presión y temperatura y son económicas en principio. Las válvulas con este tipo de conexiones son más difíciles de retirar de las líneas y están limitadas a los materiales soldables.

Criterios de Selección



CARA PLANA



CARA REALZADA



TIPO JUNTA DE ANILLO

FIGURA 46. CONEXIONES BRIDADAS



TIPO "BUTT-WELD"



TIPO "SOCKET-WELD"

FIGURA 47. CONEXIONES SOLDADAS

Criterios de Selección

Se utilizan cuando tenemos altas presiones, fluidos corrosivos y cuando se requiere sello hermético al ambiente. Existen dos tipos que son: "Socket-weld" utilizado en válvulas hasta 2" y el "Butt-weld" utilizado para válvulas mayores a 2 1/2". En la figura 47 se pueden observar este tipo de conexiones soldables.

En general se tienen los siguientes tipo de conexiones con los diferentes tipos de válvulas :

- 1) Válvulas de vástago deslizante.- podemos tener conexiones roscadas, bridadas y soldables.
- 2) Válvulas tipo bola.- podemos tener conexiones roscadas y bridadas.
- 3) Válvulas tipo mariposa y disco excéntrico.- normalmente se tienen conexiones entre bridas (Wafer).

Tipo de control

Las válvulas de control pueden realizar dos tipos de control automático. Estos dos tipos son: control tipo on/off (encendido/apagado) y control tipo modulante.

- 1) Control on/off.- En este tipo de control, la válvula solo tiene dos posiciones: totalmente abierta o totalmente cerrada. Por lo tanto la válvula no producirá ningún efecto en el proceso (no producirá ninguna caída de presión) y deberá tener cierre hermético.

Criterios de Selección

El objetivo principal de este tipo de control es el de aislar a una parte del proceso, por ejemplo en casos de paro de alguna línea o en una emergencia.

Entre las aplicaciones mas típicas para este tipo de válvulas tenemos: los procesos tipo batch cuando se necesita cortar el flujo de algún fluido al reactor y en el control de nivelde recipientes.

El control on/off se puede realizar manual o automáticamente.

2) Control modulante.- En este tipo de control, la válvula se abre o se cierra al recibir una señal de control, por lo tanto puede tener diferentes posiciones de apertura a lo largo de toda su carrera. Como en este tipo de control se tiene que producir algún efecto sobre el proceso para afectar a la variable controlada, la válvula deberá producir una caída de presión en el flujo.

Las válvulas que realizan este tipo de control no tienen como objetivo aislar una parte del sistema, por lo que no requieren cierre hermético. Su objetivo es mantener a la variable de proceso dentro de un rango de operación; como por ejemplo la temperatura de un fluido a la salida de un intercambiador o la presión de una torre de destilación.

El criterio de selección a utilizar es simplemente que aplicación de control requiere el proceso, si on/off o modulante.

Criterios de Selección

Las válvulas de vástago deslizante realizarán un mejor control modulante que las rotatorias y no son capaces de realizar control on/off. En cambio las válvulas de tipo rotatorio realizan un gran control on/off y un buen control modulante en aplicaciones en donde la característica de flujo inherente de la válvula sea la adecuada.

Cavitación y ruido

La cavitación y el ruido son dos consideraciones que se agrupan juntas, ya que los dos fenómenos tienen que ver con altas caídas de presión y grandes flujos. Existen técnicas para poder predecir tanto la cavitación y el ruido que se mencionarán en los capítulos V y VI respectivamente.

En general podemos decir que el ruido y la cavitación son fenómenos que debemos de evitar que ocurran, para esto se utilizan dispositivos especiales dentro de las válvulas de control. Las válvulas de vástago deslizante presentan de forma regular y en diferentes grados estos dos fenómenos y ofrecen varios dispositivos para poder controlarlos y evitarlos. En cambio las válvulas rotatorias son muy susceptibles a la presencia de el ruido y la cavitación y no se cuentan con muchos dispositivos para combatirlos.

En resumen podemos decir que en presencia de altos flujos y altas caídas de presión es preferible utilizar válvulas de vástago deslizante para controlar mejor a la cavitación o al ruido en caso de existir.

Capacidad de flujo

La capacidad de flujo de una válvula se define como el caudal de flujo que puede pasar por una válvula bajo ciertas condiciones específicas y se expresa como un coeficiente de flujo (Cv). Existen métodos de cálculo para determinar el tamaño de la válvula de control necesaria para cierta aplicación y estos métodos se basan en el cálculo del coeficiente de flujo. En el capítulo IV se menciona como se obtiene este coeficiente y dos métodos que se utilizan para calcularlo.

Se puede comparar la capacidad de los diferentes tipo de válvulas según el tipo de fluido que se maneje:

a) Fluidos incompresibles (líquidos).- Las válvulas rotatorias presentan una mayor capacidad que las válvulas de vástago deslizante para un mismo tamaño de cuerpo. Esto es debido a que ofrecen una trayectoria recta de flujo con un mínimo de obstrucciones. En cambio las válvulas de vástago deslizante presentan varias obstrucciones por lo que presentan una menor capacidad.

b) Fluidos compresibles (gases).- En este caso las diferencias en capacidad entre los diferentes tipos de válvula son menos pronunciados ya que la capacidad en los gases depende del área mínima de sección disponible en la válvula ya que los gases son fluidos compresibles.

Criterios de Selección

Podemos dar los siguientes criterios de selección con respecto a la capacidad de la válvula:

- 1) Para fluidos líquidos de grandes flujos y poca caída de presión, las válvulas rotatorias son las mas recomendables.
- 2) Para tamaños chicos de válvula (flujos pequeños), las válvulas de vástago deslizante son la primera opción. Y para flujos grandes se prefieren las válvulas rotatorias.
- 3) Para aplicaciones en donde se maneja un flujo pequeño y se desea aumentar el flujo en un futuro, las válvulas de vástago deslizante ofrecen una mayor flexibilidad que las válvulas rotatorias. Por ejemplo a través de orificios reducidos que se pueden cambiar.

En resumen podemos asegurar que las válvulas rotatorias tienen mayor capacidad que las válvulas de vástago deslizante.

Costo inicial y mantenimiento

En este caso se debe analizar el costo de la válvula de control contra su rendimiento, así como su facilidad y costo de mantenimiento. Para hacer un análisis mas sencillo exminaremos el costo inicial de la válvula por tamaño de diámetros :

- 1) Para diámetros de 2" o menores .- La válvula de globo es la mejor selección, ya que aunque tienden a ser un poco mas caras, ese pequeño incremento se compensa por la durabilidad obtenida.

Criterios de Selección

2) Para diámetros de 2" a 4" .- Aquí la selección es un poco mas complicada, pero las válvulas de disco excéntrico y algunas de bola ofrecen un buen control y un precio mas económico que las de vástago deslizante.

3) Para diámetros de 4" a 8" .- Las válvulas de bola son preferidas debido a que presentan un mejor control que las válvulas de mariposa.

d) Para diámetros de 8" y mayores.- Las válvulas de mariposa a veces son la única opción (en tamaños muy grandes) y siempre se deben tomar en cuenta ya que son muy económicas.

En la figura 18 del capítulo de generalidades (página 38) se muestra una relación entre el costo de la válvula y su tamaño.

En lo que se refiere al mantenimiento, las válvulas de vástago deslizante son la mejor opción, ya que no se tienen que retirar de la línea para realizar el mantenimiento debido a que sus partes internas son intercambiables.

En resumen, se debe decidir por una válvula mas económica siempre y cuando cumpla con los requerimientos del proceso.

Criterios de selección de actuadores

La selección del actuador tiene la misma importancia que la selección de la válvula, ya que el actuador también forma parte del lazo de control. Normalmente no se le da mucha importancia a esta selección, pero un actuador mal seleccionado puede hacer que el control de la variable de proceso no sea el deseado. Además de provocar fallas en el lazo de control, se pueden producir fugas del fluido de proceso, y un mayor desgaste de las partes internas de la válvula.

Existen cuatro parámetros en los que debemos apoyarnos para poder seleccionar el actuador adecuado. Estos factores son:

- 1) Fuente de poder disponible
- 2) Requerimientos de seguridad en caso de falla
- 3) Requerimientos de torque o de empuje
- 4) Función de control

Fuente de poder disponible

Generalmente el tipo de fuente de poder disponible nos dice que tipo de actuador debemos escoger. Existen principalmente tres tipos de fuente de poder: aire comprimido, electricidad y agua a presión.

Criterios de Selección

La mayoría de los actuadores que podemos encontrar actualmente en la industria son neumáticos y se dan presiones de aire desde 15 psi hasta 150 psi. La gran ventaja de este tipo de actuadores es su rapidez de respuesta a la señal de control. Para requerimientos de poca presión de aire son una opción muy barata en los actuadores de resorte y diafragma. Los actuadores de tipo pistón se utilizan en requerimientos de altas presiones de aire.

Los actuadores eléctricos son los segundos en importancia en la industria. El suministro puede ser de 110 Volts corriente alterna (VAC) o de 220 Volts corriente alterna, por lo que son versátiles. Las conexiones con el actuador son muy sencillas, ya que es a través de cableados y no a través de conductos como con el aire comprimido. Los actuadores eléctricos ofrecen una buena solución en tamaños pequeños pero presentan una respuesta lenta a la señal de control y son muy caros en tamaños grandes.

Los actuadores hidráulicos son muy poco utilizados actualmente. Se utilizan cuando se requieren altas fuerzas en el actuador y proporcionan un excelente control modulante.

Como la mayoría de las plantas cuentan tanto con suministro de aire como eléctrico, la selección dependerá de la facilidad, costo y mantenimiento para suministrar la fuente a la posición del actuador.

En resumen la fuente de poder disponible no indicará que tipos de actuadores podremos seleccionar para un proceso, solo limitará que tipo se puede utilizar.

Requerimientos de seguridad en caso de falla

La confiabilidad de las fuentes de poder es muy alta; pero en algunos lazos de control necesita alguna acción de la válvula de control si la fuente de poder llegará a fallar. Esta acción puede ser cerrar o abrir completamente la válvula o mantener una posición deseada. Este tipo de acciones se realizan por seguridad o para proteger un equipo de proceso como una bomba, un intercambiador de calor, una turbina etc...

Los actuadores de resorte y diafragma presentan seguridad en caso de falla de forma inherente al almacenar la energía suficiente para activar el sistema de seguridad en el resorte en forma de energía mecánica.

Los actuadores de pistón e hidráulicos necesitan de accesorios para poder presentar un sistema de seguridad, y los actuadores eléctricos normalmente conservan su última posición.

En resumen, si se requiere seguridad en caso de falla para actuadores de tamaños pequeños es preferible y mas económico utilizar actuadores neumáticos de resorte y diafragma que actuadores eléctricos.

Crterios de Selección

Requerimientos de torque o empuje

Para poder cerrar o abrir una válvula, el actuador debe dar la fuerza necesaria para excederse en los requerimientos de torque (en caso de válvulas rotatorias) o empuje (en caso de válvulas de vástago deslizante) con un margen de seguridad. La fuerza requerida por el actuador depende de diferentes factores para cada tipo de válvula.

En el caso de las válvulas de vástago deslizante se deben analizar las fuerzas que debe vencer el actuador:

- 1) La fuerza de desbalance sobre el tapón.- Estas fuerzas las ejerce la presión del proceso sobre el tapón, dependiendo del tipo de tapón (desbalanceado o balanceado) y de las condiciones de operación.
- 2) La fuerza necesaria para proporcionar el tipo de cierre requerido.- En este caso, se tienen que vencer la fuerza que ejerce el fluido sobre el asiento y tapón al estar la válvula totalmente cerrada. Depende del tamaño de la válvula y la fuerza necesaria recomendada por el fabricante para obtener el tipo de cierre requerido (depende también de las condiciones de operación).
- 3) Las fuerzas de fricción entre el vástago y los empaques.- Es la producida entre el vástago y los empaques dependiendo del material del empaque como del vástago.

Criterios de Selección

4) Otro tipo de fuerzas requeridas por la válvula.- Como por ejemplo las fuerzas de fricción producidas por empaques de sellado y el tipo de guías de la válvula.

Para conocer todas estas fuerzas se debe conocer la geometría de la válvula y las condiciones de operación en su totalidad.

Para las válvulas rotatorias los requerimientos de fuerza no se basan en el movimiento lineal sino en el movimiento rotatorio. La fuerza del actuador se convierte a movimiento rotatorio dándole el torque necesario para poder mover el elemento de cierre de la válvula a la posición deseada.

Para conocer el torque que debe dar el actuador debemos conocer los requerimientos de torque de la válvula, los cuales son los siguientes:

1) Torque estático o de arranque.- Es aquel que debe proveer el actuador para rotar la bola o el disco hacia afuera de su asiento. Esta torque se calcula cuando la válvula se encuentra en su posición de cierre (cero grados) y se utiliza la caída de presión al cierre. Este torque es causado por fuerzas friccionales entre el sello y el elemento de cierre, la flecha y el empaque, la flecha con las guías y por la caída de presión al cierre (entre los dos lados del elemento de cierre).

2) Torque dinámico.- Es aquel producido por el fluido dentro de la válvula bajo condiciones de operación. Al pasar el fluido alrededor del elemento de cierre, se crean áreas de

Criterios de Selección

alta y baja presión que resultan en un torque sobre la flecha de la válvula.

El torque dinámico se ve afectado por cuatro factores principalmente :

- a) Geometría de la válvula.- Determina la dirección y magnitud del torque. Por ejemplo, en válvulas de mariposa y bola, el fluido tiende a cerrar la válvula y en el caso de la mariposa de alta ejecución y las válvulas de disco excéntrico, el fluido tiende a abrir la válvula en ciertos ángulos y a cerrarlos en otros.
- b) Caída de presión.- A mayor caída de presión en cierto ángulo mayor efecto sobre el torque.
- c) Tamaño de la válvula.- Al incrementar el tamaño de la válvula, aumenta el área del elemento de cierre y se tiene mayor flujo másico.
- d) Fluido de líquidos.- Los líquidos producen un mayor torque que los gases ya que tienen mayor flujo másico en condiciones iguales de operación.

Tanto los requerimientos de empuje o torque limitan el tipo de actuador a utilizar. Como guía muy general podemos seguir lo siguientes puntos:

- 1) Para altos requerimientos de empuje se deben utilizar actuadores neumáticos tipo pistón.
- 2) Para altos requerimientos de torque se deben utilizar actuadores eléctricos o electrohidráulicos.

3) Para requerimientos de empuje o torque bajos, el actuador neumático de resorte y diafragma nos da una alternativa muy económica.

Función de control

El conocimiento de las funciones de control del actuador nos define con mayor claridad que tipo de actuador utilizar. En estas funciones se incluye el tipo de señal de entrada al actuador, el rango de la señal, temperatura ambiente, niveles de vibración, frecuencia y velocidad de operación y la calidad de control requerido.

El tipo de señal se puede clasificar según el tipo de control a realizar: on/off o modulante. Cualquier tipo de actuador puede realizar un buen trabajo para el control on/off y la selección dependería principalmente de la fuente de poder disponible. Para el control modulante se necesita tener compatibilidad entre el rango de señal requerido (4-20mA, 3-15psig, 0-18psig, etc..) por el actuador y la señal proveniente de algún instrumento (controlador, posicionador, etc...) y de que tipo de actuador maneje mejor los requerimientos de empuje o torque.

Los otros factores como son la temperatura ambiente, la vibración, la frecuencia y velocidad de uso solo deben ser considerados cuando causen problemas en la calidad de control de la válvula (vibración, velocidad y frecuencia de uso) y en la selección de materiales del actuador

Criterios de Selección

(temperatura y humedad ambiente) como en el caso de elastómeros o algún componente eléctrico.

Como una guía rápida y general de selección de actuadores se pueden considerar los siguientes criterios:

- 1) Para señales eléctricas de preferencia utilizar actuadores eléctricos. De no poderse utilizar actuadores de este tipo es necesario tener posicionadores o transductores electroneumáticos.
- 2) Para señales neumáticas mayores a 50 psi se deben utilizar actuadores de tipo pistón. Para señales menores, actuadores del tipo resorte y diafragma.
- 3) En la presencia de alta vibración evitar el uso de actuadores eléctricos que son mas sensibles a la vibración que los actuadores neumáticos.
- 4) Los actuadores del tipo resorte y diafragma son los de mas sencillo mantenimiento y no tienen un costo inicial muy alto.
- 5) Los actuadores eléctricos deben ser la primera opción en tamaños pequeños, ya que son económicos.

IV. Dimensionamiento de Válvulas de Control

Las válvulas de control se seleccionan para realizar una función específica en el sistema de proceso. El tamaño de la válvula a utilizar es uno de los puntos más importantes dentro de la selección de la misma. Una válvula mal dimensionada ocasiona problemas en la función de control con lo que tenemos pérdidas de energía, capacidad y costos de producción.

Para dimensionar una válvula existen diferentes métodos que se basan en una misma teoría. En esta sección se discutirá la teoría del dimensionamiento para líquidos y gases, el método seguido por la ISA/ANSI y el método Fisher para dimensionar válvulas.

Teoría de dimensionamiento de válvulas de control

El seleccionar el correcto tamaño de una válvula de control para una aplicación dada requiere del conocimiento de las condiciones de operación, de teoría y de datos experimentales (figura 48). Empezaremos con fluidos incompresibles (líquidos) y después con los fluidos compresibles (gases).

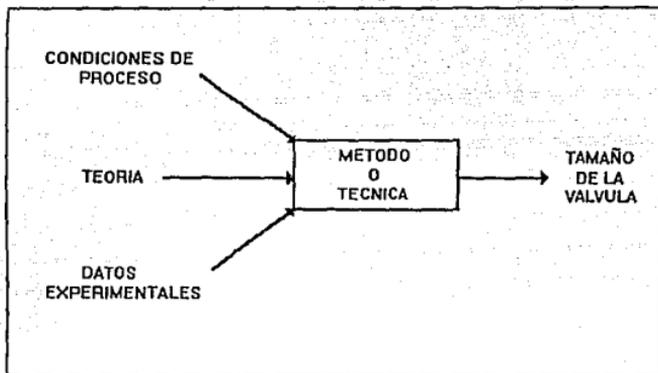


FIGURA 48. BASES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE VALVULAS DE CONTROL

Fluidos incompresibles (líquidos)

Las ecuaciones de flujo utilizadas en el dimensionamiento con líquidos tienen sus raíces en dos ecuaciones fundamentales: la ecuación de energía y la ecuación de continuidad. En la tabla 14 se muestran estas dos ecuaciones para condiciones de estado estable.

Utilizando estas ecuaciones (1 y 2 de la tabla 14) se puede examinar el flujo a través de una restricción como la mostrada en la figura 49. Recordemos que la válvula de control causa una restricción en el paso del fluido como en la misma figura.

Dimensionamiento

ECUACIONES FUNDAMENTALES EN EL DIMENSIONAMIENTO DE VALVULAS DE CONTROL		
NUM.	ECUACION	NOMBRE
1	$\frac{v^2}{2 g_c} + \frac{P}{\rho} + g z = \text{CONSTANTE}$	ECUACION DE CONSERVACION DE ENERGIA (ECUACION DE BERNOULLI)
2	$\rho v A = \text{CONSTANTE}$	ECUACION DE CONTUNUIDAD

TABLA 14

DONDE :

V = VELOCIDAD
 g_c = CONSTANTE GRAVITACIONAL
 P = PRESION
 ρ = DENSIDAD

g = ACELERACION DE LA GRAVEDAD
 Z = ELEVACION
 A = AREA

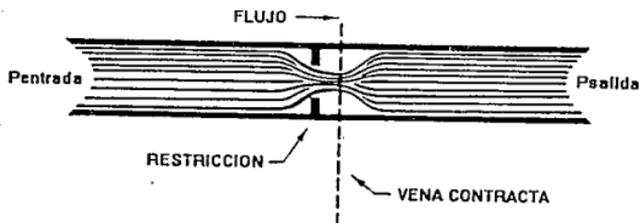


FIGURA 49. PERFIL DE FLUJO A TRAVES DE UNA RESTRICCIÓN

Dimensionamiento

Para poder realizar un análisis más sencillo del flujo se asumen las siguientes suposiciones :

- 1) El fluido es incompresible.
- 2) El flujo se encuentra en estado estable.
- 3) El flujo es unidimensional (no existe cambio en elevación)
- 4) El flujo puede ser tratado como turbulento.
- 5) No ocurre cambio de fase.

A partir de estas suposiciones analizaremos lo que ocurre en la figura 49: la corriente del fluido debe contraerse en área y aumentar su velocidad para pasar a través de la restricción de flujo. El punto en la corriente con la mínima área de flujo y la máxima velocidad se llama la vena contracta, ilustrada en la figura 49. En la ecuación de continuidad se puede observar que a menor área mayor velocidad.

Con la ecuación de Bernoulli (ecuación 1 de la tabla 14) podemos observar que un aumento en la velocidad causa un decrecimiento de la presión en el fluido. Esto nos dice que al pasar el fluido por la restricción, parte de su energía mecánica pasa de presión estática a energía cinética, razón por la cual aumenta la velocidad. Por lo tanto en la vena contracta tendremos el punto de mínima presión.

Después de pasar la vena contracta, la corriente del fluido empieza a recuperar sus condiciones iniciales. La velocidad y el área alcanzan sus condiciones originales, pero la presión no alcanza su valor original. Esto es debido

En realidad esta relación tiene un rango limitado. Al ir aumentando la caída de presión, se llega a un punto en donde el flujo real que pasa por la válvula empieza a ser menor que el predicho por la ecuación. Este fenómeno continúa hasta que no tenemos ningún cambio en el flujo a pesar de un aumento en la caída de presión. Esta condición de flujo máximo limitado se conoce como flujo tapón y se representa en la figura 52.

El flujo tapón es causado por la formación de burbujas de vapor. Esto ocurre cuando la presión del fluido cae por debajo de su presión de vapor, causada por una alta caída de presión en la válvula.

Por lo tanto existe una caída de presión permisible para cada aplicación y ésta es función de la presión de proceso, la presión de vapor del fluido y la geometría de la válvula. La caída de presión permisible debe ser considerada en el proceso de dimensionamiento de la válvula.

Existe un valor experimental que se obtiene de la válvula de control, y nos sirve para determinar el punto en donde se presenta el flujo tapón. Ese valor experimental se conoce como coeficiente de recuperación de la válvula y se representa como F_1 (método ANSI/ISA) o K_m (método Fisher). El valor del coeficiente de recuperación se obtiene para cada tipo y tamaño de válvula y se reporta en tablas.

Se debe considerar la posible presencia de cavitación y flasheo en la válvula de control, fenómenos que tienen que ver con la caída de presión de la válvula e involucran un

Dimensionamiento

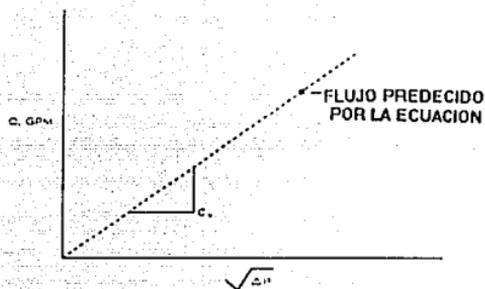


FIGURA 51. CURVA TEORICA Q vs ΔP

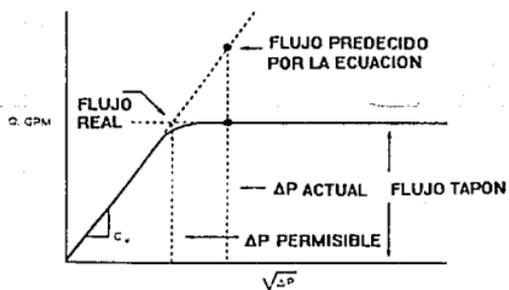


FIGURA 52. CURVA REAL Q vs ΔP

Dimensionamiento

cambio de fase. Estos dos fenómenos se explicarán en el capítulo V.

Otro factor que debemos considerar en el dimensionamiento de válvulas en líquidos es la corrección que se debe hacer por viscosidad cuando se tienen fluidos muy viscosos. Una de las suposiciones que se hicieron para obtener la ecuación básica de dimensionamiento fué que el flujo sería tratado como flujo turbulento.

El flujo turbulento, al igual que el flujo laminar, es un régimen de flujo, el cual caracteriza su comportamiento. Ese régimen de flujo depende de las fuerzas viscosas y de las fuerzas de inercia. Si las fuerzas de inercia son las que gobiernan (números de Reynolds arriba de 3000) tendremos flujo turbulento y cuando las fuerzas viscosas gobiernan (números de Reynolds abajo de 2000) tendremos flujos laminares.

Para poder compensar los efectos por viscosidad se obtuvo experimentalmente un factor de corrección. Este factor es conocido como factor de número de Reynolds (F_r para ANSI/ISA y F_v para Fisher) y se aplica directamente sobre el C_v .

El último factor que se debe considerar es la geometría de la tubería, ya que en la instalación de la válvula se pueden utilizar codos, reductores y adaptadores los cuales producen caídas de presión adicionales a la válvula que debe ser considerada.

Dimensionamiento

Para corregir esta situación se utiliza otro factor empírico obtenido experimentalmente y es conocido como el factor de corrección de tubería (Fp). Este factor es utilizado especialmente para válvulas de tipo rotatorias ya que su efecto es considerable; en cambio para válvulas de vástago deslizante el efecto es mínimo.

Fluidos compresibles (gases)

Los usuarios y fabricantes de válvulas al observar que las válvulas de control funcionaban muy bien con líquidos, empezaron a utilizar la ecuación básica de dimensionamiento de líquidos a fluidos compresibles. El resultado no fue muy bueno por lo que se tuvieron que realizar modificaciones a la ecuación.

Para poder utilizar la ecuación de flujo de líquidos para gases son necesarias dos modificaciones. En primera se introduce un factor de conversión para cambiar las unidades de flujo de galones por minuto (GPM) a pies cúbicos standards por hora (SCFH).

La segunda modificación consiste en relacionar los cambios de densidad del gas como una función de la presión y la temperatura.

Aplicando estas modificaciones obtenemos la ecuación básica para dimensionar válvulas para gases :

$$Q_{scfh} = 59.64 CV P_1 \sqrt{\Delta P/P_1} \sqrt{520/G T}$$

Dimensionamiento

en donde :

Qscfh = Flujo volumétrico en pies cubicos standards por hora.

Cv = Coeficiente de flujo de la válvula

P1 = Presión de entrada a la válvula

ΔP = Caída de presión a través de la válvula

G = Gravedad específica del fluido

T = Temperatura de operación en la válvula

El factor 520 es el producto de la gravedad específica y la temperatura del aire a condiciones standares ($T=520^{\circ}R$, $G=1$).

Una gráfica de flujo contra la relación $\Delta P/P1$ de la ecuación con el coeficiente de flujo Cv como la pendiente (figura 53), nos muestra una relación lineal, la cual nos permitiría predecir el flujo que pasa a través de la válvula a cualquier caída de presión dada. Desafortunadamente, pruebas en el laboratorio y experiencia en el campo demuestran que esto no sucede así.

Una curva de flujo actual (obtenida con la experimentación) nos muestra un perfil parecido a la curva teórica para caídas de presión bajas (cuando la relación $\Delta P/P1$ es menor o igual a 0.02). Cuando tenemos una mayor caída de presión empezamos a tener una desviación significativa de la gráfica como se muestra en la figura 54.

Dimensionamiento

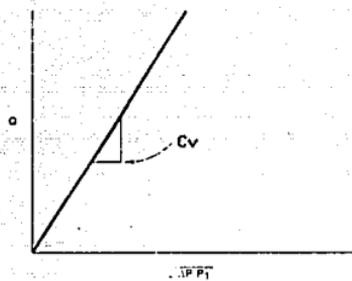


FIGURA 53. CURVA TEORICA Q vs $\Delta P / P_1$

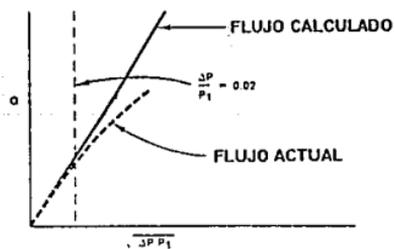


FIGURA 54. CURVA REAL Q vs $\Delta P / P_1$

Esto es debido a que a bajas caídas de presión el gas puede ser considerado como incompresible, pero a altas caídas de presión el gas es un fluido compresible y la ecuación básica tomó la suposición de tener un fluido incompresible por lo tanto esa suposición ya no es válida.

Otra limitación de la ecuación básica involucra al fenómeno del "flujo crítico". Al pasar el fluido por una restricción aumenta su velocidad y cuando la caída de presión dentro de la válvula aumenta, esta velocidad también aumenta. En algún valor dado de caída de presión, la velocidad del gas alcanza una velocidad sónica en la vena contracta. Como ningún gas puede viajar a velocidades mayores a la sónica, se alcanza una limitante en el flujo que puede pasar a través de la válvula. A esa limitante en el flujo se le llama flujo crítico.

En la figura 55 se representa al flujo crítico en la curva de flujo contra la relación $\Delta P/P_1$. Cuando se llega al flujo crítico, la ecuación básica no nos sirve para predecir el flujo.

También se debe considerar el tipo de válvula que se va a utilizar, que puede ser rotatoria o de vástago deslizante. Como ya se explicó el fluido tiende a recuperar sus condiciones iniciales después de pasar por la restricción ocasionada por la válvula, recuperando totalmente su velocidad original, pero no así su presión.

Dimensionamiento

La habilidad con que una válvula convierte la velocidad de flujo en la vena contracta en presión, corriente abajo de la válvula, se llama recuperación. La recuperación puede ser de dos tipos: de alta recuperación (válvulas rotatorias) y de baja recuperación (válvulas de vástago deslizante).

Si tenemos dos válvulas con áreas de flujo iguales y pasando el mismo flujo, la válvula de alta recuperación producirá una menor caída de presión que la de baja recuperación. En la figura 56 se muestra el perfil de presión para válvulas de alta y baja recuperación con un mismo flujo y área.

Como lo que nos concierne es el flujo crítico, la relación de $\Delta P/P_1$ para las válvulas de alta recuperación sera mucho menor que las de baja recuperación. Las válvulas de baja recuperación presentan flujo crítico cuando la relación $\Delta P/P_1$ es igual a 0.5, mientras que las válvulas de baja recuperación lo presentan cuando esa misma relación es igual a 0.15 (figura 57).

Es importante mencionar que una válvula de alta recuperación tiene una mayor capacidad de flujo que una válvula de baja recuperación ya que su área de flujo es mayor.

Tomando en cuenta estos factores (compresibilidad, flujo crítico y tipo de válvula) se desarrollaron ecuaciones para poder predecir el flujo para cualquier caída de presión. En el caso de Fisher es la ecuación universal para el dimensionamiento de gases y en el caso de ANSI/ISA es una

Dimensionamiento

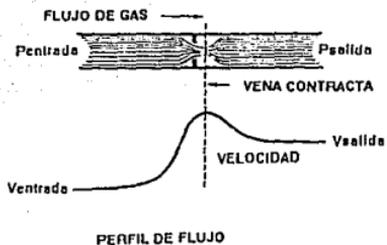
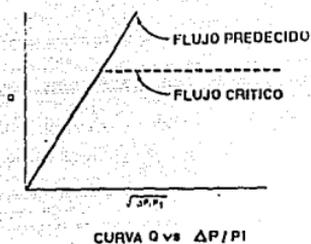


FIGURA 55. FLUJO CRITICO

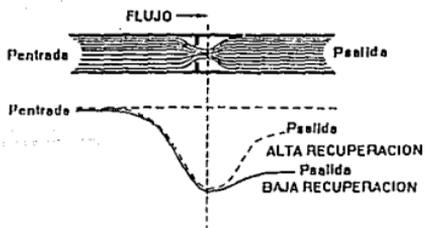


FIGURA 56. PERFIL DE PRESION PARA VALVULAS DE ALTA Y BAJA RECUPERACION

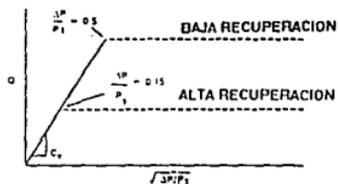


FIGURA 57. CURVA DE FLUJO CRITICO PARA VALVULAS DE ALTA Y BAJA RECUPERACION

Dimensionamiento

ecuación general. Estas ecuaciones se representan en la tabla 15 y se presentarán en sus respectivos métodos en la siguiente parte del capítulo.

El último factor que debe ser considerado en el dimensionamiento de gases es el ruido que puede existir en la válvula de control causado por la velocidad del gas principalmente. Este fenómeno se explicará en el capítulo de ruido (capítulo VI).

Como podemos darnos cuenta, el dimensionamiento de una válvula de control involucra conocimientos del proceso (condiciones de operación), de ecuaciones fundamentales (teoría) y de datos experimentales o empíricos.

ECUACIONES GENERALES EN EL DIMENSIONAMIENTO DE VALVULAS DE CONTROL PARA GASES		
NUM.	ECUACION	NOMBRE
1	$Cq = \frac{Q}{\sqrt{\frac{520}{G T} P_1 \text{SEN} \left(\frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right)^{1.42}}$	ECUACION UNIVERSAL PARA DIMENSIONAMIENTO DE GASES (METODO FISHER)
2	$Cv = \frac{q}{N_7 F_p P_1 Y \sqrt{\frac{X}{G_g T Z}}}$	ECUACION GENERAL PARA DIMENSIONAMIENTO DE GASES (METODO ANSI/ISA)

TABLA 15

NOTA : LA NOMENCLATURA SE DARA CUANDO SE EXPLIQUE CADA METODO

Método de dimensionamiento de la ANSI/ISA

1) Fluidos incompresibles (líquidos)

Se realiza mediante un procedimiento de 7 etapas. Las etapas 3, 4 y 5 conciernen a la determinación de ciertos factores de dimensionamiento que pueden o no ser requeridos para el cálculo.

El método lleva el siguiente procedimiento :

1) Especificar las siguientes variables :

a) fluido del proceso

b) Condiciones de proceso :

- flujo volumétrico (q) o flujo másico (w)
- presión de entrada (P_1)
- presión de salida (P_2) o caída de presión (ΔP)
- temperatura de proceso (T)
- gravedad específica del fluido (G)
- presión de vapor del fluido (P_v)
- presión crítica del fluido (P_c)
- viscosidad cinemática en centistokes (ν)
- diametro interno (D) y cédula de la tubería

c) El tipo y tamaño de válvula que se quiere aplicar (de vástago deslizante, rotatoria, guiada en caja etc...). Se debe tener una idea de que tipo de válvula se requiere para la aplicación basandonos en los criterios de selección.

De esta válvula supuesta obtener los siguientes datos :

- coeficiente de flujo de la válvula al 100% de apertura (C_v)

Dimensionamiento

- diámetro nominal de la válvula (d)
- factor de recuperación de la válvula (F1)

Estos datos se encuentran en las tablas que reporta la ANSI/ISA para diferentes tipos de válvulas (serie de tablas 17 que se encuentran al final de este método).

2) Determinar el factor N

El factor N es una constante numérica que contiene las diferentes unidades presentes en la ecuación de dimensionamiento. Los valores del factor N se encuentran contenidos en la tabla 16.

Estos factores se utilizan en la ecuación de dimensionamiento y en el cálculo de algunos factores como el geométrico. Se debe utilizar con sus correspondientes unidades según la tabla 16 que se encuentra al final de este método.

El factor N1 se debe utilizar cuando se requiere dimensionar una válvula con un flujo volumétrico en galones por minuto ó en metros cúbico por hora y las unidades de presión absoluta correspondientes (pascales, bares, libras por pulgada cuadrada). En cambio el factor N6 se utiliza cuando las unidades de flujo sean másicas.

Dimensionamiento

3) Cálculo del factor geométrico (Fp)

Este factor toma en cuenta las caídas de presión debida al tipo de conectores entre la válvula y la tubería como son las reducciones, codos, tees, etc...

El factor se determina con la siguiente ecuación :

$$F_p = \left[1 + \frac{\sum K}{N_2} \left(\frac{C_v}{d^2} \right)^2 \right]^{-1/2}$$

donde :

N2 = Constante numérica (ver tabla 16)

d = Diámetro nominal de la válvula (tablas 17)

Cv = Coeficiente de flujo de la válvula al 100% (tablas 17)

$\sum K$ = Suma algebraica de la pérdida de cabeza de velocidad de todos los conectores acoplados a la válvula (a la entrada y a la salida)

Esta suma se obtiene con la siguiente ecuación :

$$\sum K = K_1 + K_2 + KB_1 - KB_2$$

donde :

K1 = Coeficiente resistivo antes de la válvula

K2 = Coeficiente resistivo después de la válvula

KB1 = Coeficiente de Bernoulli a la entrada

KB2 = Coeficiente de Bernoulli a la salida

Dimensionamiento

Los coeficientes de Bernoulli K_{B1} y K_{B2} son usados solamente cuando el diámetro de la tubería cerca de la válvula es diferente al diámetro de la tubería dejando la válvula y se define como :

$$K_{B1} \text{ o } K_{B2} = 1 - \left(\frac{d}{D} \right)^4$$

donde :

d = Tamaño nominal de la válvula (tablas 17)

D = Diámetro interno de la tubería

Los coeficientes resistivos K_1 y K_2 se determinan según los conectores utilizados en la instalación de válvulas. Los conectores mas utilizados en la instalación de válvulas son los reductores concéntricos. Las ecuaciones para estos conectores son :

a) Para una reducción a la entrada

$$K_1 = 0.5 \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right)^2$$

b) Para una reducción a la salida

$$K_2 = 1.0 \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right)^2$$

c) Para una válvula instalada entre reductores idénticos

$$K_1 + K_2 = 1.5 \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right)^2$$

donde :

d = Tamaño nominal de la válvula (tablas 17)

D = Diámetro interno de la tubería

4) Determinación del flujo máximo (q_{max}) o la caída de presión permisible (ΔP_{max})

Debe determinarse en que límite de flujo o de caída de presión se presentará el fenómeno de flujo tapón. Se debe evitar la formación de flujo tapón en la válvula.

Para obtener el flujo máximo (q_{max}) se utiliza la siguiente ecuación :

$$q_{max} = N1 F1 C_v \sqrt{\frac{P1 - Ff P_v}{G}}$$

donde :

$N1$ = Constante numérica (tabla 16)

C_v = Coeficiente de la válvula al 100%

$P1$ = Presión de entrada absoluta

P_v = Presión de vapor

G = Gravedad específica

$F1$ = Factor de recuperación de la válvula (tablas 17)

Ff = Factor de relación de presión crítica del fluido

El factor de relación de presión crítica (Ff), se obtiene de las figuras 58A para agua y la figura 58B para otros líquidos.

El factor de recuperación de la válvula ($F1$) se reporta en tablas junto con el C_v (ver tablas 17) si la válvula se instala sin conectores.

Dimensionamiento

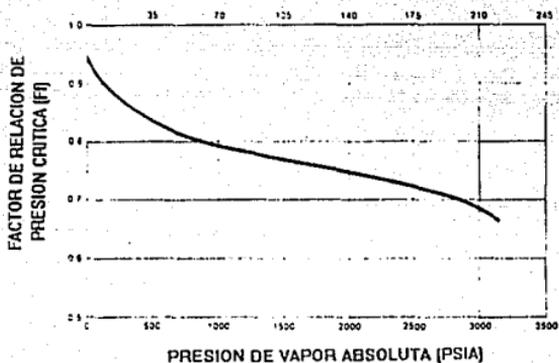


FIGURA 58A. OBTENCION DEL FACTOR DE RELACION DE PRESION CRITICA (Fj) PARA AGUA

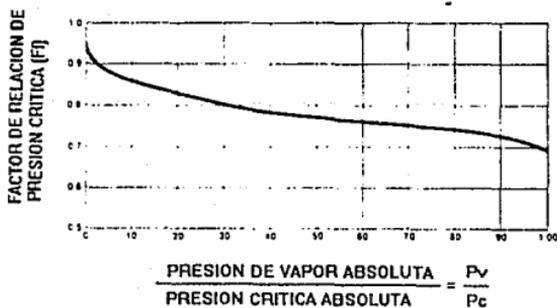


FIGURA 58B. OBTENCION DEL FACTOR DE RELACION DE PRESION CRITICA (Fj) PARA OTROS FLUIDOS

Dimensionamiento

En caso de que la válvula se instale con conectores como los reductores, el coeficiente F_1 se remplazará por la relación F_{lp}/F_p en donde :

$$F_{lp} = \left[\frac{K_1}{N_2} \left(\frac{C_v}{d^2} \right)^2 + \frac{1}{F_1^2} \right]^{-1/2}$$

y

$$K_i = K_1 + K_{B1}$$

K_1 = Coeficiente resistivo a la entrada

K_{B1} = Coeficiente de Bernoulli a la entrada

F_p = Factor geométrico

d = Tamaño nominal de la válvula (tablas 17)

N_2 = Constante numérica (tabla 16)

C_v = Coeficiente de la válvula al 100% (tablas 17)

F_1 = Factor de recuperación de la válvula (tablas 17)

Para obtener la caída de presión permisible (ΔP_{max}) se utilizan las siguientes ecuaciones :

a) Para válvulas instaladas sin conectores o reductores :

$$\Delta P_{max} = F_1^2 (P_1 - F_f P_v)$$

b) Para válvulas instaladas con conectores o reductores :

$$\Delta P_{max} = \left(\frac{F_{lp}}{F_p} \right)^2 (P_1 - F_f P_v)$$

donde :

P_1 = Presión de entrada absoluta

P_2 = Presión de salida absoluta

Dimensionamiento

P_v = Presión de vapor del fluido

F_1 = Factor de recuperación de la válvula (tablas 17)

F_f = Factor de relación de presión crítica (figuras 58A y 58B)

F_{1p}/F_p = Factor de recuperación de la válvula cuando está instalada con conectores o reductores.

Una vez que el valor de caída de presión permisible (ΔP_{max}) ha sido obtenido se compara con el valor de la caída de presión de proceso ($\Delta P = P_1 - P_2$).

Si la caída de presión permisible (ΔP_{max}) es menor que la del proceso, existirán condiciones de flujo tapón a estas condiciones de servicio. En el caso que se presente flujo tapón, se deberá sustituir la caída de presión de proceso por la caída de presión permisible en la etapa 6 del procedimiento de cálculo.

Una vez que aparece la condición de flujo tapón, se debiera checar si se presentan cavitación o flasheo en la válvula (checar capítulo V).

5) Determinación del factor del número de Reynolds (Fr)

Este es el factor utilizado para corregir condiciones de flujo no turbulento causado por fluidos con alta viscosidad.

Para obtener este factor se sigue el siguiente procedimiento :

Dimensionamiento

a) Calcular el número de Reynolds (Re) con la siguiente ecuación :

$$Re = \frac{N4 Fd q}{\nu F1 Cv} \left[\frac{F1^2 Cv^2}{N2 D} + 1 \right]^{1/4}$$

donde

$N2, N4$ = Constantes numérica (tabla 16)

D = Diámetro interno de la tubería

ν = Viscosidad cinemática del fluido

Cv = Cvt (pseudo coeficiente de flujo)

$F1$ = Factor de recuperación de la válvula (tablas 17)

q = Flujo volumétrico

Fd = Factor correspondiente al tipo de válvula que depende de los pasajes de flujo que tiene la válvula.

Para válvula de doble puerto, mariposa y disco excéntrico, el factor $Fd = 0.7$

Para otro tipo de válvulas $Fd = 1$

El pseudo coeficiente de flujo (Cvt) se obtiene de :

$$Cvt = \frac{q}{N1 \sqrt{\frac{P1 - P2}{G}}}$$

donde :

q = Flujo volumétrico

$N1$ = Constante numérica (tabla 16)

$P1$ = Presión de entrada absoluta

$P2$ = Presión de salida absoluta

G = Gravedad específica del fluido

b) Una vez obtenido el número de Reynolds (Re), el factor del número de Reynolds (Fr) se lee de la figura 59 dependiendo de la aproximación que deseamos: seleccionar tamaño de válvula, predecir flujo o predecir caída de presión. En este caso seleccionar el tamaño de la válvula.

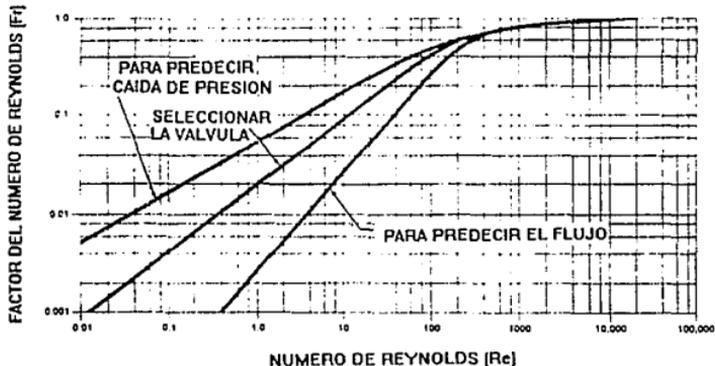


FIGURA 59. OBTENCION DEL FACTOR DEL NUMERO DE REYNOLDS [Fr]

6) Obtener el coeficiente de flujo (Cv) requerido con la ecuación apropiada :

a) Para unidades de flujo volumétrico :

$$Cv = \frac{q}{N1 Fp Fr \sqrt{\frac{P1 - P2}{G}}}$$

Dimensionamiento

b) Para unidades de flujo másico :

$$Cvt = \frac{w}{N6 Fp Fr \sqrt{(P1 - P2) \gamma}}$$

donde :

N1, N6 = Constantes numéricas (tabla 16)

q, w = Flujo volumétrico y másico respectivamente

Fp = Factor geométrico

Fr = Factor del número de Reynolds

G = Gravedad específica del fluido

γ = Peso específico del fluido

P1 - P2 = Caída de presión (presión de entrada menos presión de salida).

Nota : Si la caída de presión permisible es menor a la caída de presión, se utilizara ésta en la ecuación.

7) Seleccionar el tamaño y tipo de válvula apropiado, utilizando el Cv calculado en la etapa 6 comparándolo con el reportado en tablas como las tablas 17 en donde se reportan distintos valores de Cv para distintos tamaños y tipos de válvulas. Estas tablas son reportadas por ANSI/ISA.

Para determinar si la válvula seleccionada o supuesta originalmente es la correcta, se recurre a la característica de flujo de la misma buscando tener el rango de control óptimo (control modulante).

Dimensionamiento

El coeficiente de flujo calculado C_v debe quedar en el rango de apertura en donde se tiene el control óptimo :

Característica de flujo	% de apertura
Apertura rápida	20 a 40%
Lineal	40 a 60%
Igual Porcentaje	60 a 80%

En las válvulas rotatorias debe quedar por grados de apertura, por ejemplo 60 a 80 grados con la característica de igual porcentaje.

Para el control tipo on/off el coeficiente de flujo C_v debe quedar dentro del rango de flujo de la válvula, buscando de preferencia el grado o porcentaje de apertura mas cercano al 100%.

Si el C_v obtenido no queda dentro de ese rango óptimo, se debe suponer otro tamaño o tipo de válvula y desarrollar todo el procedimiento nuevamente.

En la serie de tablas 17 se pueden observar algunos valores de C_v , F_l y d para diferentes tipos de válvula. Estas tablas son solamente algunos ejemplos, para información mas precisa recurrir a las tablas de los fabricantes de válvulas.

2) Fluidos compresibles (gases)

Se realiza en un procedimiento de 6 etapas. Las etapas 3 y 4 conciernen a la determinación de ciertos factores que pueden o no ser requeridos en el cálculo.

El método lleva el siguiente procedimiento :

1) Especificar las siguientes variables :

a) Fluido

b) Condiciones de proceso :

- flujo volumétrico (q) o flujo másico (w)
- presión de entrada (P_1)
- presión de salida (P_2) o caída de presión (ΔP)
- temperatura (T)
- gravedad específica del gas (G_g) o peso molecular del gas (M) o el peso específico a las condiciones de entrada (γ_l)
- relación de calor específico (k)
- factor de compresibilidad (Z)
- diámetro (D) y cédula de la tubería

c) El tipo y tamaño de válvula que se quiere aplicar (de vástago deslizante, rotatoria, guiada en caja, etc...). Se debe tener una idea de que tipo de válvula se requiere para la aplicación.

De esta válvula supuesta, se obtienen los siguientes datos :

- coeficiente de flujo de la válvula al 100% de apertura (C_v)
- diámetro nominal de la válvula (d)
- factor de la relación de caída de presión (X_t)

Dimensionamiento

Estos datos se encuentran en las tablas que reporta la ANSI/ISA para diferentes tipos de válvulas (serie de tablas 17 que se encuentran al final de este método).

2) Determinar el factor N adecuado de la tabla 16

Utilizar N7 ó N9 para unidades de flujo volumétrico. El factor N7 se usará si se tiene la gravedad específica del gas (G_g), y N9 si nos proporcionan el peso molecular del gas (M).

Utilizar N6 ó N8 para unidades de flujo másico. El factor N6 se usará si se tiene el peso específico del gas (g_l), y N8 si nos proporcionan el peso molecular del gas (M).

El factor N se encuentra definido en la etapa 2 del procedimiento de la ANSI/ISA para fluidos compresibles.

3) Cálculo del factor geométrico de la tubería (F_p)

El factor geométrico depende del tipo de conectores que existen entre la válvula y la tubería por lo que el tipo de fluido no influye en su cálculo.

Favor de consultar la etapa 3 del dimensionamiento de válvulas para fluidos incompresibles del método ANSI/ISA.

Dimensionamiento

4) Determinación del factor de expansión (Y)

El factor de expansión nos dice que tan comprimido se encuentra el fluido y se determina con la siguiente ecuación:

$$Y = 1 - \frac{X}{3 Fk X_t}$$

donde :

X = Relación de caída de presión ($\Delta P/P_1$)

Fk = Relación del factor del calor específico (k/1.4)

k = Relación de calores específicos (CP/CV)

CP = Calor específico a presión constante

CV = Calor específico a volumen constante

Xt = Factor de la relación de caída de presión (de tablas 17) de válvulas instaladas sin conectores o reductores

Si la válvula de control se encuentra montada en un arreglo de tubería, el cual incluye reducciones o conectores, se reemplazará el factor Xt por el factor Xtp.

El factor Xtp se encuentra con la siguiente relación :

$$X_{tp} = \frac{X_t}{F_p^2} \left[1 + \frac{X_t K_1}{N_5} \left(\frac{C_v}{d^2} \right)^2 \right]^{-1}$$

donde :

N5 = Constante numérica (tabla 16)

d = Tamaño nominal de la válvula

Cv = Coeficiente de flujo de la válvula al 100% (tablas 17)

Fp = Factor geométrico de la tubería

Xt = Factor de la relación de caída de presión (tablas 17)

Dimensionamiento

K_i = Coeficiente de pérdida de cabeza a la entrada de la válvula

El coeficiente K_i se define como :

$$K_i = K_1 + K_{B1}$$

donde :

K_1 = Coeficiente resistivo antes de la válvula (ver el paso 3 en la sección de dimensionamiento para fluidos incompresibles)

K_{B1} = Coeficiente de Bernoulli (ver el paso 3 en la sección de dimensionamiento para fluidos incompresibles)

Nota: las condiciones de caída de presión crítica se tienen cuando el valor de la relación de caída de presión (X) es igual o excede del valor del producto de $F_k X_t$ ó $F_k X_{tp}$ en cuyo punto :

$$Y = 1 - \frac{X}{3 F_k X_t} = 1 - 1/3 = 0.667$$

$$X = F_k X_t$$

Como sabemos al presentarse condiciones de flujo crítico, un aumento en la caída de presión del fluido no produce ningún cambio en el flujo de la válvula. Valores de X mayores que el producto de $F_k X_t$ ó $F_k X_{tp}$ nunca se deben sustituir en la ecuación del factor de expansión (Y). Por lo tanto el valor de Y nunca debiera ser menor a 0.667.

Dimensionamiento

5) Obtener el coeficiente de flujo requerido (Cv) con la ecuación apropiada :

a) Para unidades de flujo volumétrico y si se especificó la gravedad específica del gas (Gg) :

$$C_v = \frac{q}{N_7 F_p P_1 Y \sqrt{\frac{X}{G_g T Z}}}$$

b) Para unidades de flujo volumétrico y si se especificó el peso molecular del gas (M) :

$$C_v = \frac{q}{N_7 F_p P_1 Y \sqrt{\frac{X}{M T Z}}}$$

c) Para unidades de flujo másico y si se especificó el peso específico del gas (γ_1) :

$$C_v = \frac{w}{N_6 F_p Y \sqrt{X P_1 \gamma_1}}$$

d) Para unidades de flujo másico y si se especificó el peso molecular del gas (M) :

$$C_v = \frac{w}{N_8 F_p P_1 Y \sqrt{\frac{X M}{T Z}}}$$

donde :

N6, N7, N8 = Constantes numéricas (tabla 16)

q = Flujo volumétrico

w = Flujo másico

Fp = Factor geométrico

Dimensionamiento

P_1 = Presión de entrada en unidades absolutas

Y = Factor de expansión

X = Relación de caída de presión

T = Temperatura

Z = Factor de compresibilidad

G_g = Gravedad específica del gas

M = Peso molecular del gas

γ_1 = Peso específico del gas

6) Seleccionar el tamaño y tipo de válvula de acuerdo al valor del coeficiente de flujo calculado (de la misma forma que el paso 7 de la parte de dimensionamiento de válvulas para fluidos incompresibles).

Nota: una vez que se completó el procedimiento de dimensionamiento, se debe predecir el ruido aerodinámico de la válvula. El método de predicción de ruido se encuentra contenido en el capítulo VI.

Dimensionamiento

FACTOR N		N	w	q	P	γ	v	T	d, D
N1		0.0865		M ³ /H	KPa				
		0.865		M ³ /H	BAR				
		1		GPM	PSIA				
N2		0.00214							mm in
		890							
N4		78000		M ³ /H			CENTISTOKES		mm in
		17300		GPM			CENTISTOKES		
N5		0.00241							mm in
		1000							
N6		2.73	Kg/H		KPa	Kg/M ³			
		27.3	Kg/H		BAR	Kg/M ³			
		63.3	Lb/H		PSIA	Lb/FT ³			
N7	CONDICIONES NORMALES Tn = 0 °C	3.94		M ³ /H	KPa			* K	
		394		M ³ /H	BAR			* K	
	CONDICIONES STANDARES Ts = 15.6 °C	4.17		M ³ /H	KPa			* K	
		417		M ³ /H	BAR			* K	
	CONDICIONES STANDARES Tn = 60 °F	1380		SCFH	PSIA			* R	
N8		0.948	Kg/H		KPa			* K	
		94.8	Kg/H		BAR			* K	
		19.3	Lb/H		PSIA			* R	
N9	CONDICIONES NORMALES Tn = 0 °C	21.2		M ³ /H	KPa			* K	
		2120		M ³ /H	BAR			* K	
	CONDICIONES STANDARES Ts = 15.6 °C	22.4		M ³ /H	KPa			* K	
		2240		M ³ /H	BAR			* K	
	CONDICIONES STANDARES Tn = 60 °F	7320		SCFH	PSIA			* R	

TABLA 16

DONDE:

N = CONSTANTE NUMERICA

w = FLUJO MASICO

q = FLUJO VOLUMETRICO

P = PRESION

C = DIAMETRO DE LA TUBERIA

γ = PESO ESPECIFICO

v = VISCOSIDAD

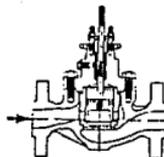
T = TEMPERATURA

d = DIAMETRO DE LA VALVULA

Dimensionamiento

SERIE DE TABLAS 17

COEFICIENTES DE FLUJO DE VALVULA GUIADA EN CAJA

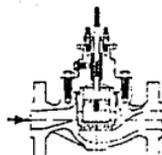


CARACTERISTICA DE FLUJO = APERTURA RAPIDA											
TAMAÑO DEL CUERPO (In)	APERTURA DE LA VALVULA % DE APERTURA										
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	FI
C v											
1	4.88	9.39	13.4	18.9	18.9	20.3	21.1	21.8	21.9	22.1	0.81
1 1/2	7.79	14.4	20.5	28.8	32	36.8	39.4	41.3	42.7	44	0.79
2	13.4	26.8	39.9	51.3	62.9	70.6	73.7	75.6	76.8	77.8	0.77
2 1/2	20.9	39.6	58.8	74.2	84.9	97	103	106	108	109	0.81
3	27.2	52.2	77.9	99.5	124	140	149	154	158	161	0.77
4	37.7	75	125	163	193	220	238	247	251	251	0.79
6	73.8	150	232	306	353	389	416	441	451	460	0.82
8	135	291	434	551	639	709	759	807	841	863	0.85
X t											
1	0.556	0.744	0.724	0.666	0.626	0.584	0.566	0.549	0.554	0.556	
1 1/2	0.494	0.641	0.682	0.68	0.686	0.661	0.649	0.638	0.616	0.597	
2	0.605	0.695	0.737	0.761	0.703	0.658	0.641	0.635	0.626	0.623	
2 1/2	0.601	0.684	0.738	0.767	0.744	0.699	0.669	0.659	0.66	0.652	
3	0.626	0.671	0.745	0.795	0.703	0.657	0.619	0.602	0.591	0.577	
4	0.623	0.689	0.733	0.784	0.762	0.723	0.689	0.669	0.683	0.694	
6	0.664	0.651	0.667	0.694	0.722	0.742	0.728	0.723	0.719	0.71	
8	0.643	0.699	0.757	0.807	0.838	0.861	0.857	0.841	0.838	0.827	

Dimensionamiento

SERIE DE TABLAS 17

COEFICIENTES DE FLUJO DE VALVULA GUIADA EN CAJA

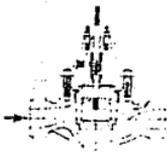


CARACTERISTICA DE FLUJO = LINEAL											
TAMAÑO DEL CUERPO (In)	APERTURA DE LA VALVULA % DE APERTURA										
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	FI
C v											
1	3.21	5.5	8.18	10.9	13.2	15	16.9	18.6	19.9	20.6	0.84
1 1/2	4.23	7.84	11.8	15.8	20.4	25.3	30.3	34.7	37.2	39.2	0.82
2	7.87	16	24.9	33.4	42.1	51.8	62	68.1	70.6	72.9	0.77
2 1/2	9.34	21.6	35.5	49.5	62.7	74.1	83.8	93.5	102	108	0.81
3	14.5	32.9	52.1	70.4	88.5	105	118	133	142	148	0.82
4	23.3	50.3	78.1	105	127	152	181	203	223	236	0.82
6	46.3	107	171	228	279	327	367	402	420	433	0.84
8	91.4	207	325	440	550	639	711	760	795	846	0.87
X t											
1	0.34	0.644	0.494	0.509	0.532	0.58	0.61	0.629	0.628	0.636	
1 1/2	0.656	0.709	0.758	0.799	0.738	0.729	0.708	0.686	0.683	0.659	
2	0.641	0.72	0.728	0.767	0.793	0.754	0.683	0.658	0.652	0.638	
2 1/2	0.68	0.66	0.644	0.669	0.674	0.706	0.716	0.687	0.658	0.641	
3	0.671	0.699	0.697	0.72	0.733	0.718	0.707	0.65	0.63	0.62	
4	0.691	0.714	0.72	0.731	0.764	0.757	0.748	0.762	0.732	0.688	
6	0.656	0.727	0.744	0.781	0.803	0.8	0.784	0.758	0.755	0.74	
8	0.651	0.824	0.677	0.746	0.766	0.803	0.823	0.836	0.843	0.807	

Dimensionamiento

SERIE DE TABLAS 17

COEFICIENTES DE FLUJO DE VALVULA GUIADA EN CAJA



CARACTERISTICA DE FLUJO = IGUAL PORCENTAJE											
TAMAÑO DEL CUERPO (In)	APERTURA DE LA VALVULA % DE APERTURA										
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Km
C v											
1	0.783	1.54	2.2	2.89	4.21	5.78	7.83	10.9	14.1	17.2	0.77
1 1/2	1.52	2.63	3.87	5.41	7.45	11.2	17.4	24.5	30.8	35.8	0.7
2	1.66	2.93	4.66	6.98	10.8	16.5	25.4	37.3	50.7	59.7	0.72
2 1/2	3.43	7.13	10.8	15.1	22.4	33.7	49.2	71.1	89.5	99.4	0.71
3	4.32	7.53	10.9	17.1	27.2	43.5	66	97	120	136	0.68
4	5.85	11.6	18.3	30.2	49.7	79.7	125	171	205	224	0.68
6	12.9	25.8	43.3	67.4	104	162	239	316	368	394	0.73
8	18.5	38	58.4	88.7	130	189	268	371	476	567	0.72
C g											C1
1	31.2	48.3	67.4	94.4	138	191	270	380	483	562	32.7
1 1/2	53.7	90.2	131	183	256	382	578	811	1020	1180	33
2	60.4	107	164	236	358	546	851	1280	1680	1980	33.2
2 1/2	121	239	359	497	727	1090	1600	2320	2910	3230	32.5
3	152	253	360	545	854	1350	2150	3230	3930	4470	32.9
4	200	374	587	970	1580	2520	4100	5890	7040	7580	33.8
6	428	851	1430	2270	3480	5500	8200	10900	13000	13900	35.3
8	631	1200	1810	2660	3960	5790	8300	11600	15600	19300	34

Dimensionamiento

SERIE DE TABLAS 17
 COEFICIENTES DE FLUJO DE VALVULA DE MARIPOSA
 DISCO CONVENCIONAL

CARACTERISTICA DE FLUJO = APROXIMADAMENTE IGUAL PORCENTAJE									
TAMAÑO DEL CUERPO (In)	ROTACION DE LA VALVULA GRADOS DE APERTURA								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
C v									
2	0.1	1.8	5.7	12.7	24	40.1	71.4	86.7	91.2
3	0.5	5.1	16.1	35.6	67.6	112	200	243	256
4	1	10.3	32.6	72.5	136	227	405	492	518
6	22.7	55.9	131	244	454	769	1120	1610	1750
8	36.6	90.2	211	394	733	1240	1804	2590	2820
10	60.2	148	347	648	1200	2040	2960	4260	4630
12	91.2	224	526	982	1820	3090	4490	6460	7020
F l									
TODOS LOS TAMAÑOS	0.78	0.8	0.82	0.84	0.8	0.74	0.67	0.59	0.55
X t									
HASTA 4"	0.49	0.49	0.563	0.563	0.494	0.413	0.255	0.189	0.165
DE 6" A 12"	0.391	0.394	0.426	0.436	0.445	0.375	0.27	0.139	0.128

Dimensionamiento

SERIE DE TABLAS 17
 COEFICIENTES DE FLUJO DE VALVULA DE MARIPOSA
 DISCO COLA DE PESCADO (FISHTAIL)

CARACTERISTICA DE FLUJO = APROXIMADAMENTE IGUAL PORCENTAJE									
TAMAÑO DEL CUERPO (In)	ROTACION DE LA VALVULA GRADOS DE APERTURA								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
C v									
2	1.81	4.78	8.37	14.3	24.6	39.5	61.7	80	91
3	4	10.6	18.7	31.8	54.6	92	138	179	203
4	7.75	19.4	35	61.2	102	171	275	408	490
6	16.6	44.3	78.9	141	232	390	638	994	1220
8	29.9	78.8	140	252	412	710	1130	1770	2170
10	46	123	222	412	672	1170	1910	3160	4010
12	79	178	322	592	967	1680	2720	4470	5640
F I									
TODOS LOS TAMAÑOS	0.84	0.84	0.84	0.84	0.82	0.78	0.71	0.67	0.66
X t									
HASTA B"	0.466	0.559	0.563	0.601	0.555	0.462	0.331	0.294	0.205
DÉ 10" A 12"	0.466	0.559	0.766	0.744	0.62	0.515	0.372	0.228	0.16

SERIE DE TABLAS 17

COEFICIENTES DE FLUJO DE VALVULA DE BOLA

CARACTERISTICA DE FLUJO = APROXIMADAMENTE IGUAL PORCENTAJE									
TAMAÑO DEL CUERPO (In)	ROTACION DE LA VALVULA GRADOS DE APERTURA								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
C v									
3	0.169	7.77	24.1	43.1	72.7	112	157	254	338
4	0.108	9.22	34.2	67.2	107	158	233	351	539
6	0.996	20.8	58.9	115	195	290	407	607	1070
8	1.41	29.8	94.7	187	318	481	705	1110	1750
10	7.28	74.1	199	381	610	897	1300	1930	2950
12	7.48	112	291	544	884	1300	1810	2570	4010
14	56	232	502	809	1140	1550	2120	3160	5200
16	60	237	600	1040	1500	2040	2900	4560	7840
F i									
3	0.96	0.96	0.91	0.9	0.85	0.82	0.81	0.71	0.73
4	0.89	0.89	0.94	0.87	0.88	0.82	0.8	0.75	0.64
6	0.94	0.94	0.95	0.92	0.88	0.84	0.81	0.75	0.58
8	0.16	0.87	0.89	0.87	0.81	0.8	0.72	0.63	0.51
10	0.97	0.9	0.9	0.89	0.84	0.79	0.74	0.66	0.54
12	0.97	0.92	0.92	0.91	0.87	0.82	0.77	0.72	0.8
14	0.89	0.96	0.79	0.78	0.79	0.8	0.74	0.54	0.37
16	0.89	0.96	0.79	0.78	0.79	0.8	0.74	0.54	0.37
X t									
3	0.71	0.668	0.597	0.788	0.697	0.563	0.501	0.331	0.278
4	0.941	0.931	0.718	0.706	0.677	0.605	0.487	0.354	0.233
6	0.578	0.668	0.788	0.727	0.612	0.544	0.49	0.372	0.185
8	0.348	0.744	0.693	0.601	0.578	0.508	0.406	0.283	0.158
10	0.107	0.735	0.664	0.551	0.522	0.494	0.413	0.286	0.174
12	0.8	0.664	0.71	0.624	0.548	0.508	0.459	0.38	0.228
14	0.999	0.907	0.605	0.528	0.563	0.593	0.528	0.345	0.198
16	0.965	0.999	0.593	0.462	0.487	0.533	0.462	0.278	0.135

Método de Fisher

Un método que tiene el mismo principio que el del ANSI/ISA pero con una forma distinta para dimensionar es el método de Fisher, a continuación se da su procedimiento.

1) Fluidos incompresibles (líquidos)

Se realiza mediante un procedimiento de 6 etapas. Las etapas 3 y 5 conciernen a la determinación de ciertos factores de dimensionamiento que pueden o no ser requeridos en el cálculo.

El método tiene el siguiente procedimiento :

1) Especificar las siguientes variables de proceso :

a) Fluido de proceso

b) Condiciones de proceso :

- flujo volumétrico en galones por minuto (Q)
 - presión de entrada en psi (P1)
 - presión de salida en psi (P2) o la caída de presión (ΔP)
 - temperatura (T)
 - gravedad específica (G)
 - presión de vapor del fluido (Pv)
 - presión crítica del fluido (Pc)
 - viscosidad del fluido en centistokes (ν)
 - diámetro interno (D) y cédula de la tubería
- c) El tipo y tamaño de válvula que se quiere aplicar.

De esta válvula supuesta se obtiene el coeficiente de recuperación de la válvula (Km) y el tamaño nominal de la válvula (d).

Dimensionamiento

Estos datos se obtienen de las tablas publicadas por el fabricante, como la serie de tablas 18 que se encuentran al final de esta sección.

2) Obtención del coeficiente de flujo requerido (Cv)

El coeficiente de flujo requerido Cv se obtiene utilizando la ecuación básica de dimensionamiento :

$$Cv = \frac{Q}{\sqrt{\frac{\Delta P}{G}}}$$

en donde :

Q = Flujo volumétrico en GPM

G = Gravedad específica del fluido

ΔP = Caída de presión que es igual a la presión de entrada menos la presión de salida de la válvula ($P_1 - P_2$)

Nota : La caída de presión que se debe utilizar en la ecuación es la menor entre la caída de presión de proceso (ΔP) y la caída de presión permisible (ΔP_{allow}) que se calcula en la etapa 4 de este procedimiento.

3) Corrección por viscosidad

Esta corrección se utiliza cuando se presentan condiciones de flujo no turbulento causada por fluidos con alta viscosidad.

Dimensionamiento

Para realizar esta corrección se siguen los siguientes pasos :

a) Calcular el número de Reynolds (Nr) utilizando la ecuación correspondiente al tipo de válvula :

- para válvulas de doble puerto, mariposa y disco excéntrico:

$$Nr = 12200 \frac{Q}{\sqrt{Cv} v}$$

- para válvulas de puerto sencillo y de bola :

$$Nr = 17250 \frac{Q}{\sqrt{Cv} v}$$

en donde :

Q = Flujo volumétrico en GPM

Cv = Coeficiente de flujo de la válvula (calculado en la etapa 1)

v = Viscosidad del fluido en centistokes

b) Una vez obtenido el número de Reynolds (Nr), se obtiene el factor de corrección (Fv) de la figura 60 utilizando la aproximación para seleccionar el tamaño de la válvula.

c) Calcular el coeficiente de flujo requerido Cvr utilizando la siguiente ecuación :

$$Cvr = Cv Fv$$

en donde :

Cv = Coeficiente de flujo calculado en la etapa 1

Fv = Factor de corrección (figura 60)

Dimensionamiento

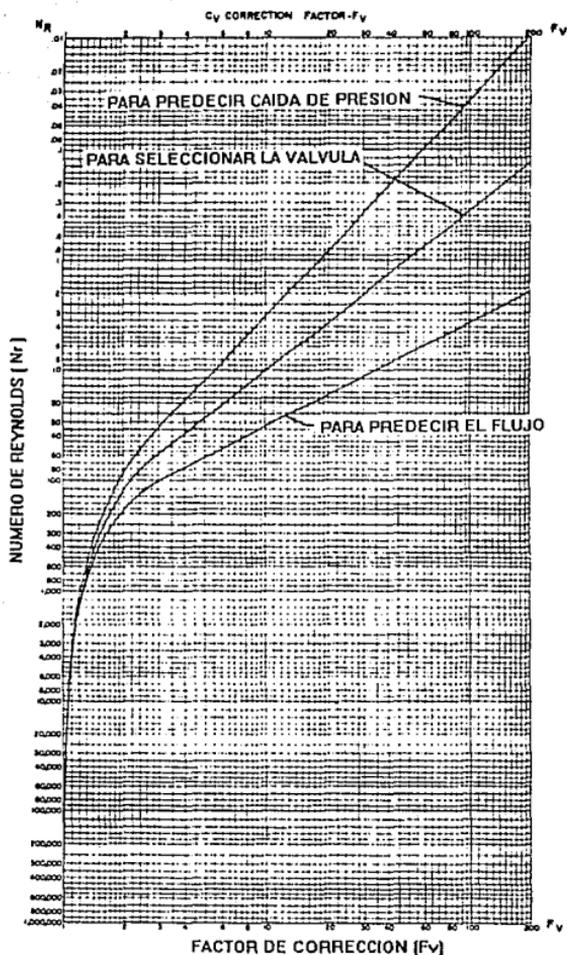


FIGURA 60. OBTENCION DEL FACTOR DE CORRECCION (F_v)

Dimensionamiento

4) Cálculo de la caída de presión permisible (ΔP_{allow})

Debe determinarse la caída de presión permisible, ya que es en donde se presenta el fenómeno de flujo tapón. Se debe evitar la formación de flujo tapón en la válvula.

Para obtener la caída de presión permisible se utiliza la siguiente ecuación :

$$\Delta P_{allow} = K_m (P_1 - P_v)$$

en donde :

K_m = Coeficiente de recuperación de la válvula (de tablas 18)

P_1 = Presión de entrada en psia (absoluta)

P_v = Presión de vapor del líquido a la temperatura de entrada en psia (absoluta)

R_c = Factor de relación de caída de presión crítica del fluido (figuras 61A y 61B)

El factor de relación de caída de presión crítica (R_c), se obtiene de la figura 61A para el agua utilizando la presión de vapor y de la figura 61B para otros líquidos utilizando la presión de vapor y la presión crítica del fluido.

Se debe comparar la caída de presión permisible (ΔP_{allow}) con la caída de presión del proceso (ΔP) y utilizar la menor de las dos en la ecuación del C_v (etapa 2).

En caso de que la caída de presión permisible sea menor que la de proceso tendremos flujo tapón y se tendrá que checar si existe cavitación o flasheo (ver capítulo V)

Dimensionamiento

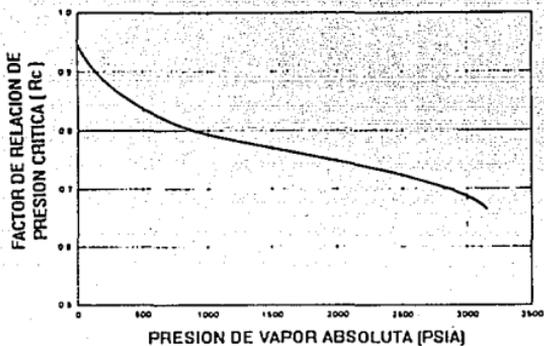


FIGURA 61A. OBTENCION DEL FACTOR DE RELACION DE PRESION CRITICA DEL FLUIDO [Rc] PARA AGUA

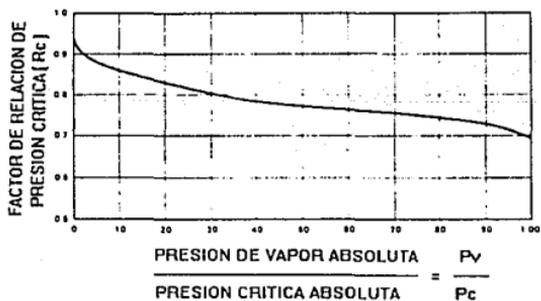


FIGURA 61B. OBTENCION DEL FACTOR DE RELACION DE PRESION CRITICA DEL FLUIDO [Rc] PARA OTROS LIQUIDOS

5) Corrección por geometría de la tubería

El método de Fisher no utiliza la corrección por geometría para válvulas de vástago deslizante porque la pérdida de presión debida a la tubería es despreciable con respecto a la que produce la válvula de control.

En cambio para válvulas de alta capacidad como las rotatorias estas pérdidas son significativas. El método Fisher no calcula ningún factor de corrección por geometría sino que publica coeficientes de flujo (Cv) obtenidos experimentalmente y basados en la relación entre el tamaño de tubería y el tamaño de la válvula. Se muestran en las tablas que publica Fisher de sus coeficientes como, en la serie de tablas 18, indicándose en la parte superior la relación de tamaños entre la tubería y la válvula.

Estos coeficientes se comparan con el coeficiente calculado aplicando el mismo criterio utilizado en la etapa 6 de este procedimiento.

6) Seleccionar el tamaño y tipo de válvula apropiado utilizando el Cv calculado comparándolo con el reportado en las tablas que publica el fabricante, como las tablas 18, en donde se reportan distintos tamaños y tipos de válvulas. En este caso las tablas las reporta Fisher.

Para determinar si la válvula seleccionada o supuesta originalmente es la correcta, se recurre a la característica de flujo de la misma buscando estar dentro del rango de

Dimensionamiento

control óptimo (control modulante). El coeficiente de flujo calculado C_v debe encontrarse en el porcentaje de apertura donde se tiene el control óptimo :

Característica de flujo	% de apertura
- Apertura rápida	20 a 40%
- Lineal	40 a 60%
- Igual porcentaje	60 a 80%

En las válvulas rotatorias se reportan grados de apertura en lugar de porcentaje, pero son equivalentes, por ejemplo el coeficiente de flujo C_v debe quedar entre 60 y 80 grados de apertura para la característica de igual porcentaje.

Para el control tipo on/off, el coeficiente de flujo C_v debe quedar dentro del rango de flujo de la válvula buscando de preferencia el grado o porcentaje de apertura mas cercano a 90 grados o al 100%.

Si el valor del C_v calculado no queda dentro del rango óptimo, se debe suponer otro tamaño o tipo de válvula y realizar todo el procedimiento nuevamente.

En estas tablas se pueden determinar los valores de C_v , K_m y d para diferentes tipos de válvulas.

2) Fluidos compresibles (gases)

Se realiza mediante un procedimiento de 5 etapas. Las etapas 3 y 4 conciernen a factores de dimensionamiento que pueden o no ser requeridos en el cálculo.

El método tiene el siguiente procedimiento :

1) Especificar las siguientes variables de proceso :

a) Fluido de proceso

b) Condiciones de proceso :

- flujo volumétrico en pies cúbicos standares por hora (Q)
- presión de entrada absoluta en psia (P1)
- presión de salida absoluta en psia (P2) o la caída de presión (ΔP)
- gravedad específica del fluido (G)
- temperatura (T)
- relación de calor específico (k)
- factor de compresibilidad (Z)
- diámetro (D) y cédula de la tubería

c) El tipo y tamaño de válvula que se quiere aplicar.

De esta válvula supuesta se obtiene el coeficiente de recuperación de la válvula (C1) y el tamaño nominal de la válvula (d). Estos datos se obtienen de las tablas publicadas por el fabricante, en este caso Fisher Controls, como la serie de tablas 18, que se encuentran al final de esta sección.

Dimensionamiento

2) Obtención del coeficiente de flujo (Cg)

Debido a los problemas para determinar el flujo crítico tanto para válvulas de baja y alta recuperación, Fisher empezó a realizar pruebas en válvulas con aire además de las pruebas con agua. De estas pruebas, se definió un coeficiente de flujo para gas Cg que es el que se utiliza en lugar del Cv.

El coeficiente de flujo (Cg) requerido para el dimensionamiento de gases se obtiene con la ecuación universal de dimensionamiento de gases desarrollada por Fisher. Esta ecuación es :

$$C_g = \frac{Q}{\sqrt{\frac{520}{G T} P_1 \text{ SEN} \left[\frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right]}} \quad \text{Eq. 1}$$

en donde :

Q = Flujo volumétrico en pies cúbicos standares por hora (SCFH)

G = Gravedad específica del fluido

T = Temperatura del proceso

P1 = Presión de entrada en psia (absoluta)

C1 = Coeficiente de recuperación de la válvula para gases (tablas 18)

ΔP = Caída de presión de proceso (P1 - P2)

Dimensionamiento

Nota: El valor de $\left[\frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right]_{Deg}$ no debe ser mayor

a 90 grados, ya que a 90 grados es cuando se presenta la condición de flujo crítico. Al presentarse éste ya no tenemos un aumento en el flujo al aumentar la caída de presión.

Por lo tanto si tenemos un valor arriba de 90 grados el valor del seno de $\left[\frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right]_{Deg}$ sera limitado a 1.

Esta limitante aplica para las etapas 3 y 4 de este procedimiento.

3) Cálculo del factor geométrico de la tubería (Fp)

En el caso de dimensionamiento de gases la geometría de la válvula, como la de la tubería, tienen influencia en el flujo crítico por lo tanto se deben considerar. El factor geométrico depende del tipo de conectores que existen entre la válvula y la tubería como lo son: reductores, tes, etc...

Para su cálculo se utilizan las mismas ecuaciones del método ANSI/ISA. Para su cálculo favor de referirse a la etapa 3 del dimensionamiento de válvulas para fluidos incompresibles del método ANSI/ISA.

Con la adición del factor geométrico (Fp) la ecuación universal de dimensionamiento queda como :

$$C_g = \frac{Q}{\sqrt{\frac{520}{G T}} P_1 F_p \text{SEN} \left[\frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right]_{Deg}}$$

Dimensionamiento

4) Consideraciones por la no idealidad del gas

Como la ecuación universal de dimensionamiento se encuentra basada en condiciones de idealidad, no considera cambios ni de compresibilidad, ni de calores específicos de los diferentes gases, por lo tanto se utilizan el factor de corrección C2 y el factor de compresibilidad del gas (Z).

El factor de corrección C2 se determina de la siguiente ecuación :

$$C_2 = \frac{\sqrt{\left(\frac{k}{k+1}\right) \left(\frac{2}{k+1}\right)^{2/(k-1)}}}{0.4839}$$

en donde :

k = Relación de calores específicos (CP/CV)

CP = Calor específico a presión constante

CV = Calor específico a volumen constante

Agregando el factor de corrección C2 y el factor de compresibilidad (Z) la ecuación universal para el dimensionamiento de gases nos queda como :

$$C_g = \frac{Q}{\sqrt{\frac{520}{G T Z} P_1 F_p C_2 \text{ SEN} \left[\frac{3417}{C_1 C_2} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right] \text{ Deg}}}$$

Dimensionamiento

5) Seleccionar el tamaño y tipo de válvula apropiado utilizando el C_g calculado comparándolo con el reportado en las tablas publicada por el fabricante, en este caso Fisher Controls, como la serie de tablas 18.

Para determinar si la válvula seleccionada originalmente es la correcta se sigue el mismo criterio utilizado en el dimensionamiento de fluidos incompresibles. Favor de referirse a la etapa 6 del dimensionamiento de fluidos incompresibles del método de Fisher.

Nota: una vez que se completó el procedimiento de dimensionamiento, se debe predecir el ruido aerodinámico de la válvula. El método de predicción se encuentra contenido en el capítulo VI.

Dimensionamiento

SERIE DE TABLAS 18

COEFICIENTES DE FLUJO DE VALVULA GUIADA EN CAJA

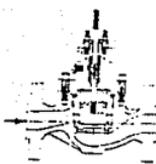
CARACTERISTICA DE FLUJO = APERTURA RAPIDA											
TAMAÑO DEL CUERPO (In)	APERTURA DE LA VALVULA % DE APERTURA										Km
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
C v											
1	4.86	9.39	13.4	16.9	18.9	20.3	21.1	21.8	21.9	22.1	0.61
1 1/2	7.79	14.4	20.5	26.8	32	36.8	39.4	41.3	42.7	44	0.63
2	13.4	26.8	39.9	51.3	62.9	70.6	73.7	75.6	76.8	77.6	0.59
2 1/2	20.9	39.6	58.8	74.2	84.9	97	103	106	108	109	0.65
3	27.2	52.2	77.9	99.5	124	140	149	154	158	161	0.59
4	37.7	75	125	163	193	220	238	247	251	251	0.63
6	73.6	150	232	306	353	389	416	441	451	460	0.67
8	80.3	188	290	389	480	554	615	658	705	744	0.75
C g											
1	145	324	456	552	596	621	635	646	652	659	29.8
1 1/2	219	461	677	864	1060	1190	1270	1320	1340	1360	30.9
2	417	894	1370	1790	2110	2290	2360	2410	2430	2450	31.6
2 1/2	648	1310	2020	2600	2930	3220	3370	3440	3510	3520	32.3
3	861	1710	2690	3550	4160	4540	4690	4780	4860	4890	30.4
4	1190	2490	4280	5700	6740	7480	7900	8080	8300	8370	33.3
6	2400	4840	7580	10200	12000	13400	14200	15000	15300	15500	33.7
8	2630	5960	9560	13300	16800	19900	22400	24400	26200	27700	37.2

CARACTERISTICA DE FLUJO = LINEAL											
TAMAÑO DEL CUERPO (In)	APERTURA DE LA VALVULA % DE APERTURA										Km
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
C v											
1	3.21	5.5	8.18	10.9	13.2	15	16.9	18.6	19.9	20.6	0.71
1 1/2	4.23	7.84	11.8	15.8	20.4	25.3	30.3	34.7	37.2	39.2	0.68
2	7.87	16	24.9	33.4	42.1	51.8	62	68.1	70.6	72.9	0.59
2 1/2	9.34	21.6	35.5	49.5	62.7	74.1	83.6	93.5	102	108	0.66
3	14.5	32.9	52.1	70.4	86.5	105	118	133	142	148	0.68
4	23.3	50.3	78.1	105	127	152	181	203	223	236	0.67
6	46.3	107	171	228	279	327	387	402	420	433	0.71
8	60.2	129	206	285	363	444	526	581	640	688	0.76
C g											
1	74.9	150	230	311	385	457	528	590	631	657	31.9
1 1/2	137	264	411	565	701	864	1020	1150	1230	1270	32.4
2	252	543	850	1170	1500	1800	2050	2210	2280	2330	32
2 1/2	308	702	1140	1620	2060	2490	2830	3100	3310	3460	32
3	475	1100	1740	2390	3030	3560	3970	4290	4510	4660	31.5
4	775	1700	2650	3590	4440	5290	6260	7090	7630	7830	33.2
6	1500	3650	5900	8060	10000	11700	13000	14000	14600	14900	34.4
8	2950	6540	10700	15200	19500	22900	25800	27800	29200	30400	35.9

Dimensionamiento

SERIE DE TABLAS 18

COEFICIENTES DE FLUJO DE VALVULA GUIADA EN CAJA



CARACTERISTICA DE FLUJO = APERTURA RAPIDA

TAMAÑO DEL CUERPO (In)	APERTURA DE LA VALVULA % DE APERTURA										Km
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
C v											C1
1	4.86	9.39	13.4	16.9	18.9	20.3	21.1	21.8	21.9	22.1	0.61
1 1/2	7.79	14.4	20.5	26.8	32	36.6	39.4	41.3	42.7	44	0.63
2	13.4	26.8	39.9	51.3	62.9	70.6	73.7	75.6	76.8	77.8	0.59
2 1/2	20.9	39.6	58.8	74.2	84.9	97	103	106	108	109	0.65
3	27.2	52.2	77.9	99.5	124	140	149	154	158	161	0.59
4	37.7	75	125	183	193	220	238	247	251	251	0.63
6	73.6	150	232	306	353	389	416	441	451	460	0.67
8	80.3	188	290	389	480	554	615	658	705	744	0.75
C g											C1
1	145	324	456	552	598	621	635	646	652	659	29.8
1 1/2	219	461	677	884	1060	1190	1270	1320	1340	1360	30.9
2	417	894	1370	1790	2110	2290	2360	2410	2430	2450	31.6
2 1/2	648	1310	2020	2600	2930	3220	3370	3440	3510	3520	32.3
3	861	1710	2690	3550	4160	4540	4690	4780	4860	4890	30.4
4	1190	2490	4280	5700	6740	7480	7900	8080	8300	8370	33.3
6	2400	4840	7580	10200	12000	13400	14200	15000	15300	15500	33.7
8	2630	5960	9560	13300	16800	19900	22400	24400	26200	27700	37.2

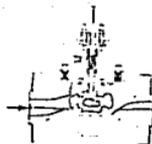
CARACTERISTICA DE FLUJO = LINEAL

TAMAÑO DEL CUERPO (In)	APERTURA DE LA VALVULA % DE APERTURA										Km
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
C v											C1
1	3.21	5.5	8.18	10.9	13.2	15	16.9	18.6	19.9	20.6	0.71
1 1/2	4.23	7.84	11.8	15.8	20.4	25.3	30.3	34.7	37.2	39.2	0.68
2	7.87	16	24.9	33.4	42.1	51.8	62	68.1	70.6	72.9	0.59
2 1/2	9.34	21.6	35.5	49.5	62.7	74.1	83.6	93.5	102	108	0.66
3	14.5	32.9	52.1	70.4	88.5	105	118	133	142	146	0.68
4	23.3	50.3	78.1	105	127	152	181	203	223	236	0.67
6	46.3	107	171	228	279	327	367	402	420	433	0.71
8	60.2	129	206	285	363	444	526	581	640	688	0.76
C g											C1
1	74.9	150	230	311	385	457	528	590	631	657	31.9
1 1/2	137	264	411	565	701	864	1020	1150	1230	1270	32.4
2	252	543	850	1170	1500	1800	2050	2210	2280	2330	32
2 1/2	308	702	1140	1620	2060	2490	2830	3100	3310	3480	32
3	475	1100	1740	2390	3030	3560	3970	4290	4510	4660	31.5
4	775	1700	2850	3590	4440	5290	6260	7090	7630	7830	33.2
6	1500	3650	5900	8060	10000	11700	13000	14000	14600	14900	34.4
8	2950	6540	10700	15200	19500	22900	25800	27800	29200	30400	35.9

Dimensionamiento

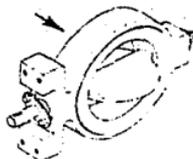
SERIE DE TABLAS 18

COEFICIENTES DE FLUJO DE VALVULA GUIADA EN CAJA



CARACTERISTICA DE FLUJO = IGUAL PORCENTAJE											
TAMARÓ DEL CUERPO (In)	APERTURA DE LA VALVULA % DE APERTURA										Km
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
C v											
1	0.783	1.54	2.2	2.89	4.21	5.76	7.83	10.9	14.1	17.2	0.77
1 1/2	1.52	2.63	3.87	5.41	7.45	11.2	17.4	24.5	30.8	35.8	0.7
2	1.66	2.93	4.66	6.98	10.8	16.5	25.4	37.3	50.7	59.7	0.72
2 1/2	3.43	7.13	10.8	15.1	22.4	33.7	49.2	71.1	89.5	99.4	0.71
3	4.32	7.53	10.9	17.1	27.2	43.5	66	97	120	136	0.68
4	5.85	11.6	18.3	30.2	49.7	79.7	125	171	205	224	0.68
6	12.9	25.8	43.3	67.4	104	162	239	318	368	394	0.73
8	18.5	38	68.4	86.7	130	189	268	371	476	567	0.72
C g											
1	31.2	48.3	67.4	94.4	138	191	270	380	483	562	32.7
1 1/2	53.7	90.2	131	183	256	382	578	811	1020	1180	33
2	60.4	107	164	238	358	548	851	1280	1690	1980	33.2
2 1/2	121	239	359	497	727	1090	1600	2320	2910	3230	32.5
3	152	253	360	545	854	1350	2150	3230	3930	4470	32.9
4	200	374	587	970	1580	2520	4100	5890	7040	7580	33.8
6	428	851	1430	2270	3480	5500	8200	10900	13000	13900	35.3
8	631	1200	1810	2660	3960	5790	8300	11600	15600	19300	34

SERIE DE TABLAS 18
COEFICIENTES DE FLUJO DE VALVULA DE MARIPOSA
DISCO CONVENCIONAL



RELACION DE TAMAÑO ENTRE TUBERIA Y VALVULA (1 A 1)										
CARACTERISTICA DE FLUJO = APROXIMADAMENTE IGUAL PORCENTAJE										
TAMAÑO DEL CUERPO {in}	ROTACION DE LA VALVULA GRADOS DE APERTURA									
	10	20	30	40	60	60	70	80	90	
C v										
2	0.2	1.8	5.7	12.7	24	40.1	71.4	85.7	91.2	
3	0.5	5.1	16.1	35.8	67.6	112	200	243	256	
4	1	10.3	32.6	72.5	136	227	405	492	518	
6	22.7	55.9	131	244	454	769	1120	1610	1750	
8	36.6	90.2	211	394	733	1240	1804	2590	2820	
10	60.2	146	347	648	1200	2040	2960	4260	4630	
12	91.2	224	526	982	1820	3050	4490	6460	7020	
K m										
TODOS LOS TAMAÑOS	0.6	0.64	0.68	0.7	0.64	0.55	0.45	0.35	0.3	
C g										
2	5.1	51.1	172	383	677	1030	1440	1510	1570	
3	14.3	143	484	1080	1900	2900	4050	4230	4420	
4	29	290	979	2170	3840	5870	8190	8560	8930	
6	552	1360	3320	6280	11800	18300	22600	23300	24300	
8	916	2260	5520	10400	19600	30400	37500	38600	40300	
10	1510	3720	9070	17100	32300	49900	61600	63500	66200	
12	2280	5630	13700	25900	48900	75600	93300	96100	100000	
C t										
2	25.5	28.4	30.2	30.2	28.2	25.7	20.2	17.4	17.2	
3	28.6	28	30.1	30.2	28.1	25.9	20.3	17.4	17.3	
4	29	28.1	30	29.9	28.2	25.9	20.2	17.4	17.2	
6	24.3	24.3	25.3	25.7	26	23.8	20.2	14.5	13.9	
8	25	25.1	26.2	26.4	26.7	24.5	20.8	14.9	14.3	
10	25.1	25.1	26.1	26.4	26.9	24.5	20.8	14.9	14.3	
12	25	25.1	26	26.4	26.7	24.5	20.8	14.9	14.2	

Dimensionamiento

TABLA 18

SERIE DE TABLAS 18

COEFICIENTES DE FLUJO DE VALVULA DE BOLA



RELACION DE TAMAÑO ENTRE TUBERIA Y VÁLVULA (1 A 1)									
CARACTERÍSTICA DE FLUJO = APROXIMADAMENTE IGUAL PORCENTAJE									
TAMAÑO DEL CUERPO (In)	ROTACION DE LA VALVULA GRADOS DE APERTURA								
	10	20	30	40	60	60	70	80	90
C v									
3	0.169	7.77	24.1	43.1	72.7	112	157	254	338
4	0.108	9.22	34.2	67.2	107	158	233	351	539
6	0.996	20.8	56.9	115	195	290	407	607	1070
8	1.41	29.6	94.7	197	318	481	705	1110	1750
10	7.28	74.1	199	381	610	897	1300	1930	2950
12	7.48	112	291	544	884	1300	1810	2570	4010
K m									
3	0.92	0.92	0.83	0.8	0.73	0.68	0.65	0.5	0.53
4	0.78	0.78	0.68	0.78	0.77	0.68	0.64	0.57	0.4
6	0.88	0.88	0.9	0.84	0.78	0.71	0.65	0.58	0.34
8	0.93	0.75	0.79	0.75	0.65	0.63	0.52	0.39	0.26
10	0.94	0.8	0.81	0.79	0.7	0.62	0.54	0.44	0.29
12	0.94	0.84	0.85	0.82	0.75	0.66	0.6	0.52	0.36
C g									
3	5.7	254	745	1530	2430	3360	4450	5830	7130
4	4.19	356	1160	2260	3520	4910	6490	8350	10400
6	30.3	681	2020	3920	6110	8550	11400	14890	18400
8	33.3	1020	3150	6110	9680	13700	18000	22700	27900
10	95.4	2540	6480	11300	17600	25200	33400	41300	49200
12	84.5	3650	9820	17200	26200	37000	49100	61700	76400
C f									
3	33.7	32.7	30.9	35.5	33.4	30	28.3	23	21.1
4	38.8	38.6	33.9	33.6	32.9	31.1	27.9	23.8	19.3
6	30.4	32.7	35.5	34.1	31.3	29.5	28	24.4	17.2
8	23.6	34.5	33.3	31	30.4	28.5	25.5	20.5	15.9
10	13.1	34.3	32.6	29.7	28.9	28.1	25.7	21.4	16.7
12	11.3	32.6	33.7	31.6	29.6	28.5	27.1	24	19.1

Comparación del Método ANSI/ISA y el Fisher

Tanto las ecuaciones de el método ANSI/ISA como la del método de Fisher son técnicamente iguales, solamente que se presentan en distinta forma. La diferencia se encuentra en como se utilizan las ecuaciones.

El método de Fisher utiliza la ecuación de dimensionamiento en su forma mas sencilla y se van agregando los factores de corrección necesarios según se vayan requiriendo. El método ANSI/ISA incluye en su ecuación de dimensionamiento todos los factores de corrección previamente calculados y luego obtiene un coeficiente de flujo.

Además de la nomenclatura podemos encontrar las siguientes diferencias entre los dos métodos :

- 1) El método ANSI/ISA presenta constantes numéricas N que nos permiten utilizar diferentes combinaciones de unidades. El método Fisher utiliza el sistema inglés de unidades.
- 2) El método ANSI/ISA calcula el factor geométrico tanto para válvulas de vástago deslizante como rotatorias y con cualquier tipo de fluido (compresible o incompresible). El método de Fisher no considera necesario calcular el factor geométrico para válvulas de vástago deslizante cuando se tienen fluidos compresibles.

Dimensionamiento

3) El método de Fisher utiliza otro coeficiente de flujo (C_g) para el dimensionamiento de fluidos incompresibles ya que considera que es muy trabajoso determinar el flujo crítico para gases utilizando el coeficiente de flujo C_v .

El método de ANSI/ISA utiliza un solo coeficiente de flujo (C_v) tanto para líquidos como para gases.

4) El método ANSI/ISA es un método universal, utilizado prácticamente por todos los fabricantes y usuarios de válvulas, en cambio el método Fisher es un método individual utilizado únicamente por Fisher.

Cavitación

V. Cavitación y Flasheo en Válvulas de Control

La cavitación y el flasheo son fenómenos relacionados únicamente con líquidos. Los gases y vapores no pueden presentarlos.

Tanto la cavitación como el flasheo involucran un cambio de fase de líquido a vapor debido a la disminución de la presión al presentarse un aumento en la velocidad que lleva el fluido.

Al pasar un fluido por una restricción, la velocidad del mismo empieza a aumentar y la presión a disminuir hasta llegar a la vena contracta en donde se tiene la velocidad máxima y la presión mínima. Si la presión disminuye por debajo de la presión de vapor del fluido, se empiezan a formar burbujas de vapor y por lo tanto aparecen dos fases.

Después de la vena contracta la velocidad y la presión del fluido tienden a recuperar sus valores originales. Como se tiene una caída de presión causada por la restricción, la presión de salida no alcanza su valor original y es menor a la presión de entrada. Si la presión de salida es mayor que la presión de vapor del fluido se tendrá líquido a la salida y el fenómeno que se presentó fue cavitación. Si la presión de salida es menor a la presión de vapor se presentó flasheo. En la figura 62 se muestra el perfil de presión que se tiene a través de la restricción tanto para cavitación como flasheo.

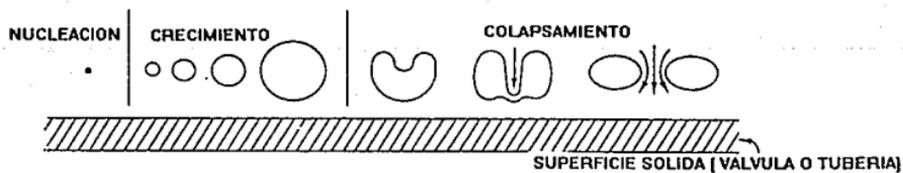
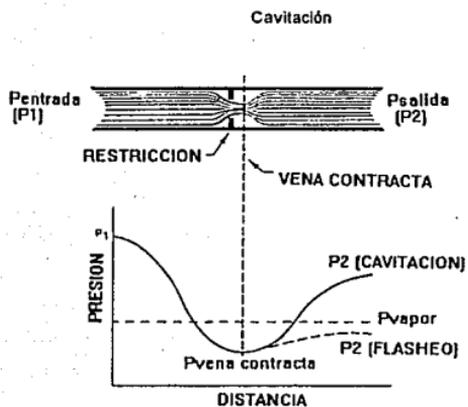
Cavitación

En otras palabras, cuando se presenta cavitación tendremos un fluido líquido a la entrada de la válvula, dos fases en algún punto de la válvula y líquido a la salida de la válvula o un poco después de la misma. En el flasheo tendremos un fluido líquido a la entrada de la válvula y dos fases a la salida de la misma.

El proceso de formación de burbujas de vapor en el fenómeno de cavitación consiste de cuatro etapas: nucleación, crecimiento, rompimiento y rebote.

- 1) Nucleación.- es el proceso en donde se forma un núcleo normalmente como una pequeña burbuja de vapor en el líquido.
- 2) Crecimiento.- una vez que se formó una burbuja, ésta empieza a crecer en respuesta a la continua caída de presión del fluido y el aumento de las vaporizaciones del líquido.
- 3) Rompimiento.- al empezar a incrementar la presión, se detiene el proceso de crecimiento de la burbuja y se empieza a colapsarse. Al romperse se produce en el centro del mismo una velocidad en el líquido, conocida como "microjet" que choca contra la superficie de la válvula o de la tubería.
- 4) Rebote.- bajo ciertas condiciones las burbujas pueden crecer y colapsarse varias veces, disminuyendo en cada ciclo su tamaño e intensidad.

En el flasheo solamente se presentan las dos primeras etapas del proceso. En la figura 63 se muestran las etapas del proceso de cavitación.



Tanto la cavitación como el flasheo pueden producir daños estructurales a la válvula, cuando las burbujas de vapor chocan contra las partes internas de la misma. El daño total ocasionado a la válvula depende de la intensidad y localización del fenómeno, los materiales de construcción de la válvula y el tiempo total de exposición. En la figura 64 se ilustra como se produce el daño por cavitación.

El flasheo produce una erosión sobre las partes internas de la válvula que se caracteriza por una apariencia de pulido liso en la superficie como se observa en la figura 65. El daño por flasheo es normalmente mas grande en el punto de mayor velocidad, que usualmente se encuentra en la línea de asiento entre el tapón y el anillo del asiento. El flasheo no produce problemas de ruido en la válvula.

El daño por cavitación se produce cuando el colapsamiento de las burbujas de vapor ocurre cerca de alguna superficie sólida de la válvula o de la tubería. Este ataque gradualmente desgasta al material, dejando una erosión áspera como se muestra en la figura 65. La presencia de cavitación puede crear un serio problema de ruido al pegar las burbujas de vapor contra la superficie sólida de la válvula.

La cavitación produce un daño mas rápido e intenso que el flasheo por lo debe ser una consideración muy importante para la selección de válvulas con fluidos líquidos.

Cavitación

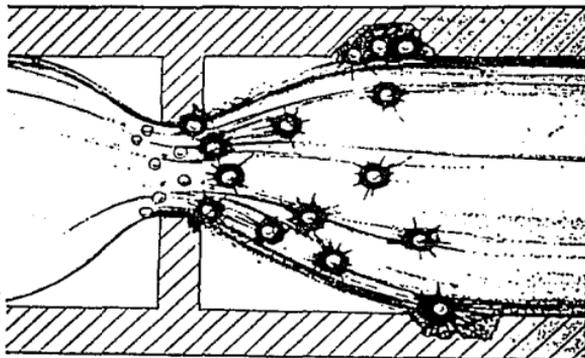
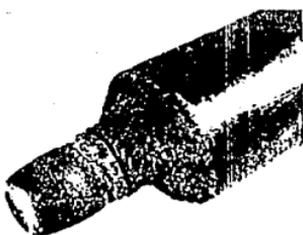


FIGURA 64. ILUSTRACION DE CAVITACION



DAÑO POR CAVITACION



DAÑO POR FLASHEO

FIGURA 65. DAÑOS POR CAVITACION Y FLASHEO

Cavitación

Es importante hacer notar que el flasheo es una situación del proceso y que no puede ser prevenida mediante la selección de la válvula, únicamente se pueden tener materiales de construcción mas resistentes a la erosión que usualmente pueden resolver problemas relacionados con el flasheo.

En cambio la cavitación es una situación irregular del proceso que se puede prevenir y corregir mediante cambios en el proceso y en la estructura de la válvula.

Existe un procedimiento para determinar si tenemos un problema de daño a la válvula debida a flasheo o a cavitación que sigue los siguientes pasos :

- 1) Si durante el procedimiento de dimensionamiento de la válvula se presenta una situación de flujo tapón ($\Delta P_{max} < \Delta P$) se tiene que checar la existencia de cavitación o flasheo.
- 2) Obtener el factor de relación de aplicación (A_r).

Esta relación nos define si existe flasheo en la válvula y se obtiene con la siguiente ecuación :

$$A_r = \frac{\Delta P}{P_1 - P_v}$$

en donde :

ΔP = Caída de presión del proceso ($P_1 - P_2$)

P_1 = Presión de entrada

P_2 = Presión de salida

P_v = Presión de vapor del fluido

Cavitación

Para determinar si tenemos flasheo se sigue el siguiente criterio :

Si $Ar \geq 1$ entonces existe flasheo

Si $Ar < 1$ entonces puede existir daño por cavitación y se debe comprobar con el paso 3 de este procedimiento.

3) Cálculo de la caída de presión de cavitación ($\Delta P_{\text{cavitación}}$)

Es la caída de presión a la cual empezará a existir daño en la válvula debido a cavitación y se determina mediante la siguiente ecuación :

$$\Delta P_{\text{cavitación}} = K_c (P_1 - R_c P_v)$$

en donde :

P_1 = Presión de entrada en psia

P_v = Presión de vapor del fluido en psia

R_c = Factor de relación de presión crítica (de las figuras 61A y 61B del capítulo anterior)

K_c = Coeficiente de cavitación (de la tabla 19)

El coeficiente de cavitación (K_c) se determina experimentalmente, depende del tipo de válvula y del tipo de interiores, y nos sirve para predecir el comienzo de la cavitación que ocasiona problemas de desgaste y vibración de la válvula. En la tabla 19 se muestran algunos valores del K_c .

Cavitación

COEFICIENTE DE CAVITACION Kc				
TIPO DE VALVULA	INTERIORES	TAMAÑO	LIMITE DE CAIDA DE PRESION	K c
MARIPOSA	TODOS	TODOS	LIMITE DE LA VALVULA	0.5 Km
BOLA	STANDARD	1" Y 2" 3" Y 4" 6" Y >	150 PSI 100 PSI 50 PSI	1 1 1
	DISCO MULTITAPAS	TODOS	500 PSI	1
GLOBO CARACTERIZADA EN CAJA	STANDARD	TODOS	LIMITE DE LA VALVULA	Km
	METALES DUROS (ALLOY)	1" Y 2"	300 PSI	1
		3" Y 4"	200 PSI	1
		6" Y >	100 PSI	1
	CAJA DE 1 ETAPA	1" Y 2"	600 PSI 1440 PSI	1 Km
		3" Y 6"	500 PSI	1
		8" Y >	1440 PSI 400 PSI	Km 1
	CAJA DE 2 ETAPAS	1" Y 2"	2160 PSI	1
		3" Y 6"	1800 PSI 2160 PSI	1 Km
		8" Y >	1200 PSI 2160 PSI	1 Km
CAJA DE 3 ETAPAS	TODOS	3000 PSI	1	
GLOBO CARACTERIZADA EN TAPON	MICROFORMA	TODOS	LIMITE DE LA VALVULA	0.65 Km
	MICROFLAUTA	TODOS	100 PSI	1
	TAPON DE 3 ETAPAS	TODOS	3500 PSI	1
	TAPON DE 4 ETAPAS	TODOS	4000 PSI	1

NOTAS : 1) EL Km ES EL COEFICIENTE DE RECUPERACION DE LA VALVULA
 2) SI LA PRESION ES MAYOR AL LIMITE DE PRESION (QUE NO EXCEDA EL LIMITE DE LA VALVULA) EL Kc SERA IGUAL AL DEL LIMITE DE LA VALVULA.

TABLA 19

Cavitación

Una vez obtenida la caída de presión de cavitación, se compara con la caída de presión de proceso, y si es menor a la de proceso tendremos un problema por cavitación :

$\Delta P_{\text{cavitación}} < \Delta P$ entonces existen problemas
por cavitación.

4) Si tenemos un problema de cavitación se puede cambiar el tipo de válvula o los interiores de la válvula, por lo que se debe recalcular la válvula ya que varían los coeficientes de flujo y de recuperación y se vuelve a checar si existen o no problemas por cavitación. Otra alternativa es modificar el sistema del proceso para evitar la formación de cavitación.

Si el problema es flasheo, solamente se pueden tener materiales mas resistentes a la erosión para disminuir el daño o modificar el sistema del proceso para evitar la formación de flasheo en la válvula.

La alteración del sistema de proceso tiene un mayor costo que la utilización de productos diseñados para controlar la cavitación, por lo tanto cuando se tiene cavitación hay que tratar de utilizarlos.

Entre estos productos existen dos formas para prevenir el daño por cavitación: aislamiento y eliminación.

1) Aislamiento.- consiste de un equipo que no necesariamente elimina la cavitación, sino que la controla. Este control trata de localizar las áreas donde se recupera la presión en el centro de la válvula o en otra zona de la válvula, de tal manera que el líquido que está cavitando se encuentre

Cavitación

separado de las partes críticas de la válvula como son el tapón, caja, anillo del asiento, etc..., disminuyendo los efectos de la cavitación sobre dichas partes. En la figura 66 se muestra un ejemplo de una válvula con aislamiento.

2) Eliminación.- en esta forma se busca eliminar o disminuir lo mas posible la cavitación en la válvula de control. Este daño se elimina si se tiene una válvula que produzca una caída de presión menor a la caída de presión por cavitación.

La forma mas común para eliminar la cavitación es que la caída de presión del fluido en la válvula se realice por etapas y no de un solo golpe.

En este método se utilizan varias restricciones en donde se producen diferentes caídas de presión y estas van produciendo caídas de presión cada vez mas chicas, es decir la primera restricción produce una mayor caída de presión que la segunda y así sucesivamente. De esta forma la caída de presión total es reducida y podrá ser menor que la caída de presión de cavitación, con lo que se evitaría los daños por cavitación.

En la figura 67 se muestra una gráfica de control de caída de presión en cuatro etapas comparandola con seis etapas de caída de presión iguales. En esta figura se observa que el control de cuatro etapas distintas elimina la cavitación.

En la figura 68 se muestran tres diferentes tipos de interiores que se utilizan para producir distintas etapas o restricciones para el fluido.

Cavitación

La desventaja principal de utilizar estos interiores es que se encuentran limitados ciertos rangos de caída de presión dependiendo del dispositivo utilizado y en algunos casos disminuye la capacidad de flujo de la válvula al disminuir el área total de flujo dentro de la válvula.



FIGURA 66. AISLAMIENTO DE LA CAVITACION

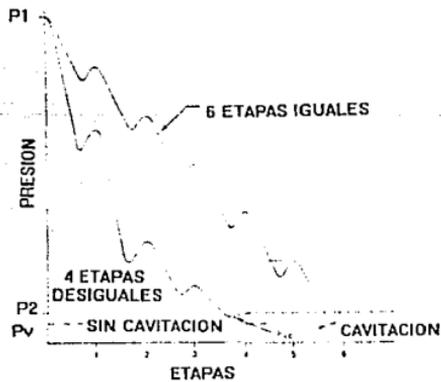
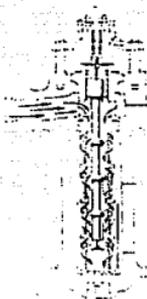
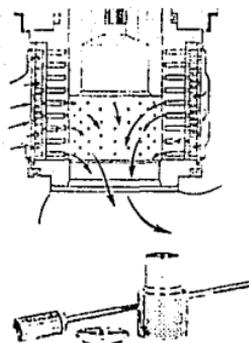


FIGURA 67. CONTROL POR ETAPAS DE CAVITACION

Cavitación



TAPON MULTITAPAS



CAJA MULTITAPA ANTICAVITACION



DISCOS ANTICAVITACION

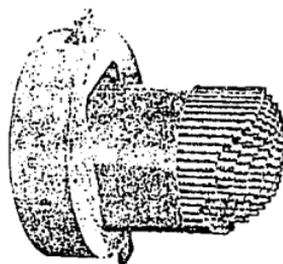


FIGURA 68. DISPOSITIVOS PARA LA ELIMINACION DE CAVITACION

VI. Ruido en Válvulas de Control

El ruido siempre ha existido en las válvulas de control, y se puede definir como un sonido no deseado.

El problema del ruido industrial es el efecto que tiene sobre la gente. Si no hubiera gente que escuchara el ruido, y si este no dañara al equipo, no se tendría ningún problema.

Con el fin de proteger a la gente, se han creado estándares en donde se establecen los niveles de ruido permisibles relacionandolos con el tiempo de exposición de la gente a ese ruido. Una de las asociaciones mas reconocidas es la OSHA (Asociación de Seguridad y Salud Ocupacional) que presenta el siguiente standard :

Horas de exposición por día	Nivel máximo de sonido
8	90 dBA
6	92 dBA
4	95 dBA
3	97 dBA
2	100 dBA
1 $\frac{1}{2}$	102 dBA
1	105 dBA
$\frac{1}{2}$	110 dBA
menos de 1/4	115 dBA

En esta tabla el nivel del sonido se mide en decibeles (dB). La letra "A" que se agrega, representa la corrección que se realiza a la respuesta del oído humano hacia el sonido. La sensibilidad del oído humano varía a diferentes frecuencias y el nivel de sonido medido en dBA ya incluye a esa sensibilidad.

Ruido

Como tenemos que preocuparnos por el nivel de ruido que se produce en la válvula de control y en tuberías cercanas a la misma, debemos conocer las fuentes de ruido; éstas pueden ser lineales o puntuales :

1) Fuente lineal.- el ruido con origen lineal se mide a una distancia de 1 metro de la tubería en un punto 1 metro corriente abajo de la salida de la válvula como se muestra en la figura 69. La mayoría de los ruidos en válvulas de control tienen este origen. Para determinar el nivel de sonido (SPL) o ruido de una fuente lineal se utiliza la siguiente ecuación :

$$EPL = F + 10 \text{ Log } \frac{1 + r}{R + r}$$

en donde :

r = Radio de la tubería

R = Distancia en metros de la superficie de la tubería

F = El nivel del sonido medido a 1 metro de la superficie de la tubería.

El nivel de sonido (SPL) se da en dBA.

2) Fuente puntual.- un ejemplo típico de este tipo de fuente son las aplicaciones de venteo. Este ruido se mueve en forma de una esfera imaginaria con el origen en el centro. Este ruido se mide como se muestra en la figura 70 a una distancia de 3 metros del centro de la fuente.

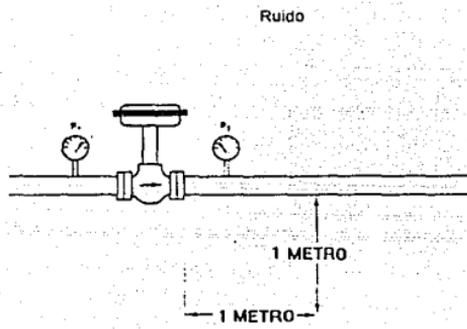


FIGURA 69. MEDICION DE FUENTE LINEAL DE RUIDO

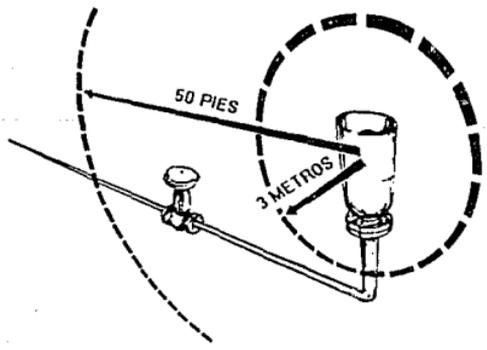


FIGURA 70. MEDICION DE FUENTE PUNTUAL DE RUIDO

Ruido

El nivel de sonido (SPL) o ruido se determina con la siguiente ecuación:

$$SPL = F + 20 \text{ Log } \frac{3}{R}$$

en donde :

R = Distancia en metros de la fuente

F = Nivel de sonido a 3 metros de la fuente

El nivel del ruido en una determinada área es el resultado de combinar todo el ruido generado por todas las fuentes de ruido del área. Estas fuentes pueden ser lineales, puntuales o una combinación de las dos.

Por ejemplo para combinar 2 fuentes de ruido se utiliza el siguiente procedimiento :

- 1) Determinar el nivel de ruido en el punto en donde se quiere obtener el nivel de ruido combinado. Para esto se utilizan las ecuaciones de nivel de ruido para cada fuente por separado.
- 2) Determinar la diferencia aritmética de decibeles entre las dos fuentes.
- 3) Encontrar en la tabla 20 la diferencia en decibeles entre las dos fuentes.
- 4) Leer de la tabla 20 el factor de dB que se va a utilizar.
- 5) Sumar el factor dB a la fuente de ruido mas alta. Ese valor será el nivel de ruido de las dos fuentes combinadas.

Estas ecuaciones y procedimientos nos sirven para determinar si tenemos algún problema de ruido en determinada área, solamente midiendo el nivel de ruido no previniéndolo.

Ruido

COMBINACION DE DOS FUENTES DE SONIDO

DIFERENCIA EN dB ENTRE LAS 2 FUENTES	FACTOR EN dB PARA AGREGAR A LA FUENTE DE SONIDO MAS ALTA
0	3.01
1	2.54
2	2.12
3	1.76
4	1.48
5	1.2
6	0.97
7	0.79
8	0.64
9	0.52
10	0.42
11	0.33
12	0.27
13	0.22
14	0.17
15	0.14
16	0.11
17	0.09
18	0.07
19	0.06
20	0.05

TABLA 20

Las válvulas de control han sido reconocidas como causantes de ruido en plantas de proceso.

El ruido en las válvulas de control es producido por tres diferentes tipos de ruido :

1) Ruido por vibración mecánica

La vibración de los componentes de la válvula es el resultado de las fluctuaciones de la presión en el cuerpo y/o el choque del fluido sobre las partes móviles de la

Ruido

válvula. El ruido producido por vibración es de importancia secundaria y es de tipo preventivo, ya que indica una condición que puede provocar fallas en el funcionamiento de la válvula. El ruido por vibración mecánica ha sido eliminado mediante una mejora en la estructura de la válvula y se considera como un problema de estructura y no de ruido.

2) Ruido aerodinámico

La mayor fuente de ruido en una válvula de control es debida al manejo de fluidos turbulentos. Debido a la velocidad relativa, los niveles altos de ruido resultantes del flujo turbulento, son más comunes en válvulas que manejan gases o vapores que en las que manejan líquidos. Este ruido es clasificado como un ruido constante y no periódico.

Las fuentes de turbulencia en líneas de transmisión de gases son: obstrucciones en la trayectoria de flujo, expansión rápida del gas, desaceleración de un gas a alta velocidad y cambios de dirección en la corriente del fluido. El ruido aerodinámico es considerado como la causa principal de ruido en válvulas de control.

3) Ruido hidrodinámico

El ruido hidrodinámico resulta de el flujo de líquidos y tiene a la cavitación como su principal causante. Este ruido es causado por el colapsamiento de burbujas de vapor que se forman al presentarse la cavitación.

Ruido

Los niveles de ruido causados por la cavitación pueden llegar hasta 115 dBA, pero a esos niveles de cavitación se tiene un nivel alto en el daño que se causa a la válvula por lo que ese nivel de cavitación no puede ser tolerado. Por lo tanto el problema de ruido pasa a segundo término en comparación con el problema de cavitación.

El resultado de diferentes pruebas, indica que los niveles de ruido para líquidos no cavitantes es muy bajo y no representan ningún problema de ruido.

Por lo que se observa, la causa de ruido en las válvulas de control por la que nos debemos preocupar es la del ruido aerodinámico. Existen técnicas de predicción de ruido aerodinámico en válvulas de control que nos permiten modificar las válvulas para que trabajen sin ruido antes de utilizarlas.

Esta técnica de predicción considera 6 parámetros de flujo que son relevantes en la generación de ruido: caída de presión a través de la válvula (ΔP), coeficiente de flujo de la válvula (C_g), relación de la caída de presión con respecto a la presión de entrada ($\Delta P/P_1$), geometría de la válvula, tamaño y cédula de la tubería y la presión de salida (P_2).

Ruido

El ruido aerodinámico se predice con la siguiente ecuación :

$$SPL = SPL_{AP} + \Delta SPL_{Cg} + \Delta SPL_{AP/P1} + \Delta SPL_{LK} + \Delta SPL_{P2}$$

en donde :

SPL = Nivel de ruido global en dBA en un punto predeterminado con respecto a la válvula (1 metro corriente abajo de la salida de la válvula y a 1 metro de la superficie de la tubería).

SPL_{AP} = Nivel de ruido en dBA determinado como una función de la caída de presión en la válvula.

ΔSPL_{Cg} = Corrección de ruido en dBA como función del coeficiente de flujo de la válvula.

$\Delta SPL_{AP/P1}$ = Corrección de ruido en dBA debida al tipo de válvula, estilo de los interiores y a la relación de caída de presión.

ΔSPL_{LK} = Corrección de ruido en dBA debida al tamaño de línea de la tubería adyacente a la válvula.

ΔSPL_{P2} = Corrección de ruido en dBA debida a la presión de salida de la válvula.

La obtención de cada uno de estos parámetros, es mediante la utilización de gráficas de acuerdo a datos experimentales y que son obtenidas por los fabricantes de válvulas.

Cada uno de los parámetros se obtiene de la siguiente manera :

1) $SPL_{\Delta P}$.- se obtiene directamente con la caída de presión a través de la válvula y se lee de la gráfica de la figura 71.

La caída de presión a través de la válvula es la principal causa por la que se produce ruido en la válvula.

2) ΔSPL_{Cg} .- se obtiene directamente con el coeficiente de flujo de la válvula (C_g) y se lee de las gráficas 72A ó 72B dependiendo del tipo de válvula que se utilice.

3) $\Delta SPL_{\Delta P/P_1}$.- el efecto que tiene la relación de caída de presión en el ruido se ve influenciado por el tipo de válvula, el estilo de interiores y la dirección de flujo. Este parámetro se obtiene de las gráficas de la figura 73. La presión de entrada (P_1) debe ser absoluta.

4) ΔSPL_K .- este parámetro cuenta el ruido que es absorbido por la tubería y no pasa hacia el medio ambiente y se obtiene con el diámetro y cédula de la tubería junto con las tablas 21A y 21B.

5) ΔSPL_{P_2} .- se obtiene con la presión de salida (P_2) y con la relación de caída de presión ($\Delta P/P_1$) y se lee de las gráficas de la figura 74. Un aumento en la presión de salida atenúa el sonido al variar la rigidez de la tubería.

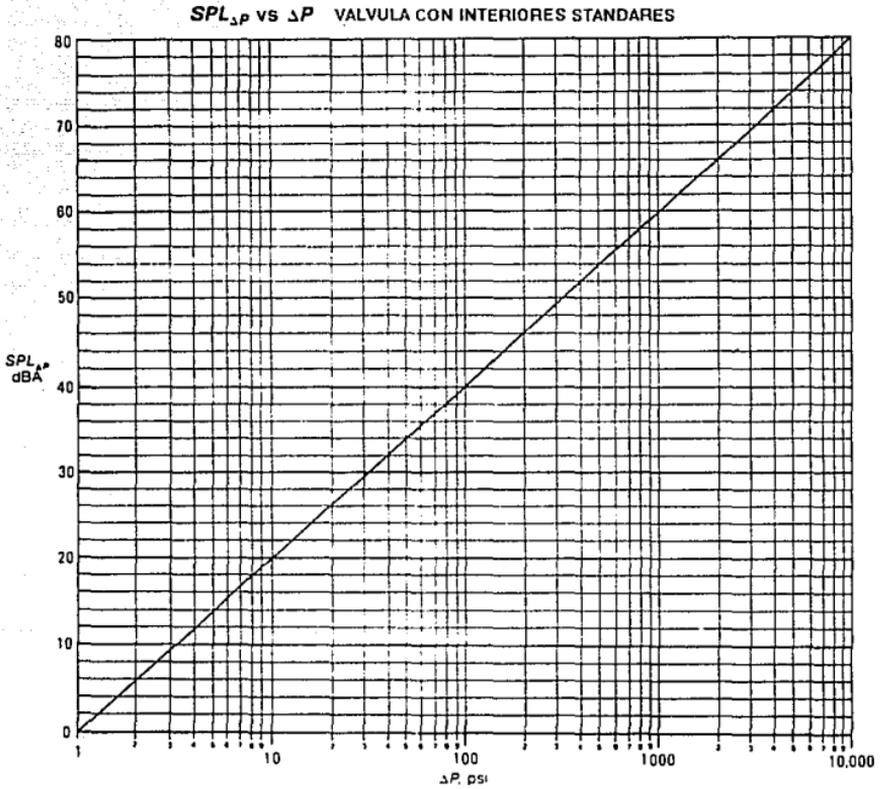


FIGURA 71. OBTENCION DEL NIVEL DE RUIDO DEBIDO A CAIDA DE PRESION

Ruido

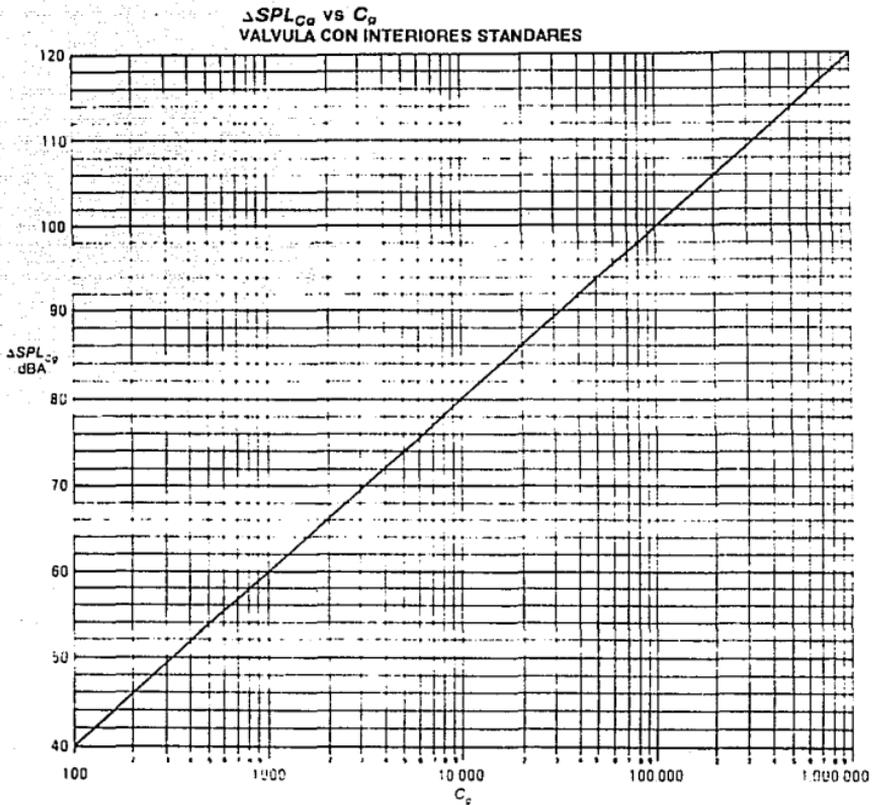


FIGURA 72A. OBTENCIÓN DE LA CORRECCIÓN DE RUIDO
POR EL COEFICIENTE DE FLUJO

Ruido

ΔSPL_{Cg} vs C_g

VALVULAS CON DIFUSORES Y ATENUADORES DE RUIDO

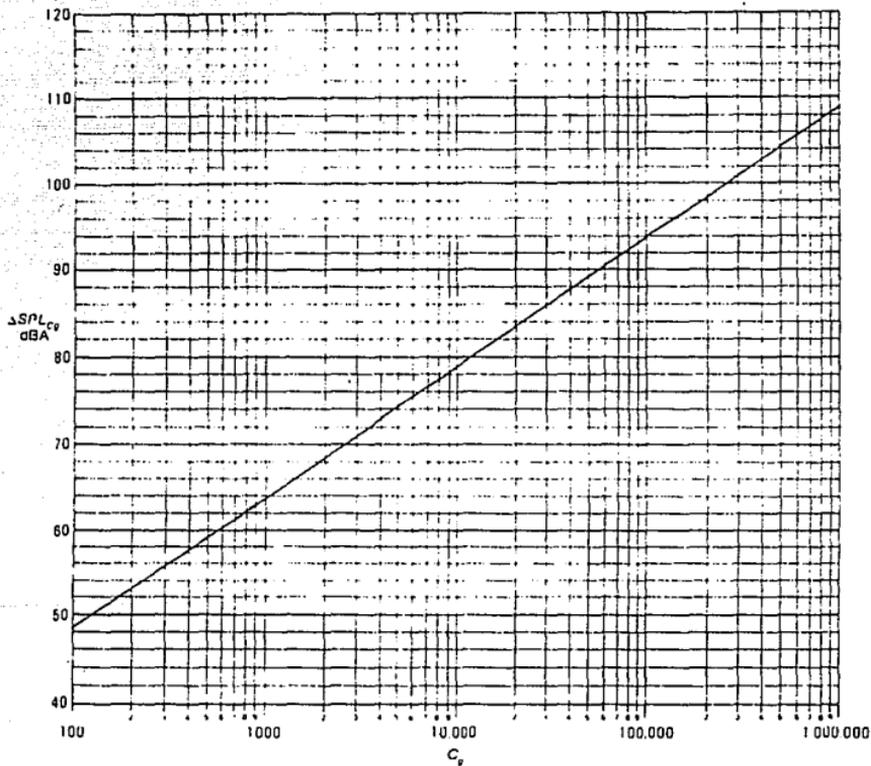
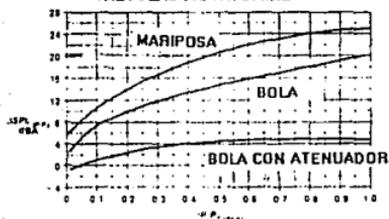


FIGURA 72B. OBTENCIÓN DE LA CORRECCIÓN DE RUIDO POR EL COEFICIENTE DE FLUJO

Ruido

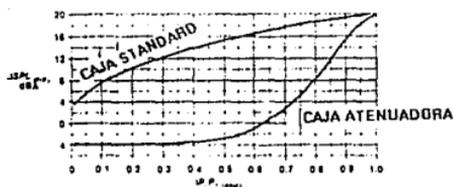
$\Delta SPL_{1P_1/P_1}$ VS $\Delta P/P_1$ (psia)

VALVULAS ROTATORIAS



$\Delta SPL_{1P_1/P_1}$ VS $\Delta P/P_1$ (psia)

VALVULAS DE VASTAGO DESLIZANTE



$\Delta SPL_{1P_1/P_1}$ VS $\Delta P/P_1$ (psia)

VALVULAS CON DIFUSORES EN LINEA

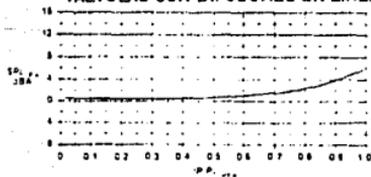


FIGURA 73. OBTENCIÓN DE LA CORRECCIÓN DE RUIDO POR LA RELACIÓN DE CAIDA DE PRESIÓN

Ruido

CORRECCION DE RUIDO POR TUBERIA dBA									
Δ SPLk									
DIAMETRO DE LA TUBERIA	CEDULA ACERO					ACERO INOXIDABLE			
	30	40	60	80	100	6S	10S	40S	80S
1"		-19		-21.6		-12.8	-17.3	-19	-21.6
1 1/2"		-19.8		-22.6		-12.8	-17.3	-19.8	-22.6
2"		-20.4		-23.4		-12.8	-17.4	-20.4	-23.4
3"		-23.4		-26.2		-15.1	-18.3	-24.3	-26.2
4"		-24.2		-27.2		-15	-18.2	-24.2	-27.2
6"		-25.8		-29.5		-17.6	-19.4	-25.8	-29.5
8"	-25.8	-27.1	-29.1	-30.9	-32.4	-17.7	-20.3	-27.1	-30.9
10"	-26.7	-28.2	-31	-32.4	-34.1	-19.5	-21.3	-28.2	-31
12"	-27.5	-29.3	-32.1	-33.8	-35.6	-21	-22.2	-28.6	-31.1
14"	-28.7	-30	-32.6	-34.7	-36.6				

TABLA 21

Δ SPL_{P₂} vs P₂ TODAS LAS VALVULAS

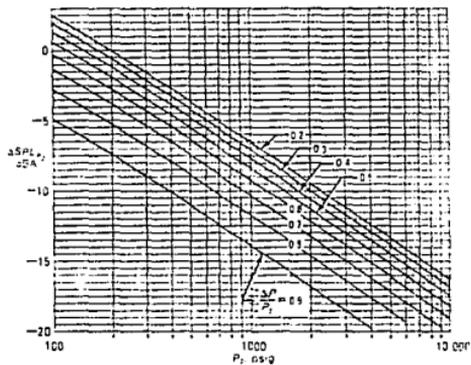
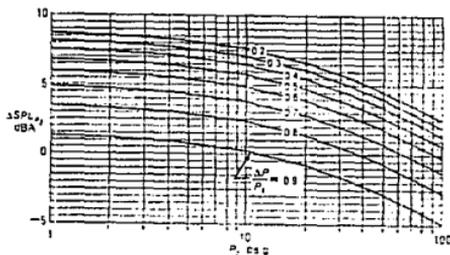


FIGURA 74. OBTENCION DE LA CORRECCION DE RUIDO POR LA PRESION DE SALIDA

Ruido

Se puede considerar como criterio, que un nivel de ruido arriba de 110 dBA no es recomendable ya que debido a los altos niveles de vibración que pueden resultar, podemos tener daños en la válvula, actuador, instrumentación y tubería. Otro criterio que se debe utilizar es el mencionado al principio de esta sección sobre la gente y por lo tanto se debe utilizar la tabla de la OSHA.

Por lo tanto, en algunos casos, es necesario atenuar el ruido producido en la válvula de control. Existen dos técnicas para atenuar el ruido: tratamiento de la fuente o causa y tratamiento de trayectoria.

1) Tratamiento de la fuente

Como su nombre lo indica, el tratamiento de la fuente es utilizado para prevenir que se genere ruido en la fuente. Para lograrlo existen diferentes dispositivos como :

a) Cajas.- este tipo de cajas tienen varios orificios y algunas, varias etapas, que disminuyen la turbulencia de flujo que contribuye a la formación de ruido. En la figura 75 podemos observar este tipo de cajas.

b) Difusores.- cuando se tienen relaciones de caída de presión alta, se puede utilizar un difusor. Los difusores se instalan corriente abajo de la válvula y van reduciendo la caída de presión del fluido a través de varias restricciones, por lo tanto disminuyendo la generación de ruido. Pueden ser utilizadas tanto para válvulas rotatorias como de vástago deslizante y pueden combinarse con algunas

Ruido

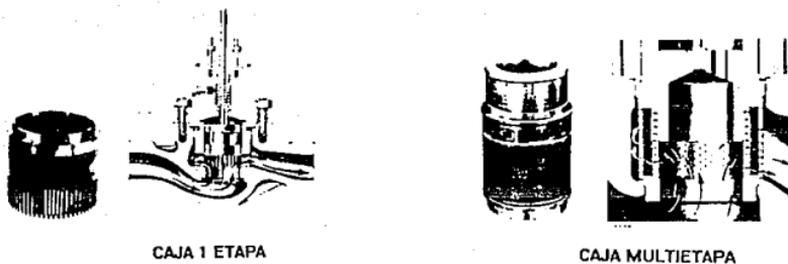


FIGURA 75. CAJAS ATENUADORAS DE RUIDO

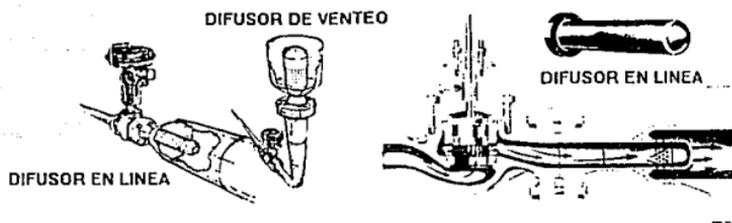


FIGURA 76. DIFUSORES DE RUIDO

Ruido

cajas (válvulas de vástago deslizante). En la figura 76 se muestran algunos difusores.

2) Tratamiento de la trayectoria

Este tratamiento no elimina el ruido producido por la válvula, solamente lo puede atenuar hacia el medio ambiente. Se puede utilizar cuando el tratamiento de la fuente sea muy caro o en combinación con algún tratamiento de la fuente, cuando este último es inadecuado por si mismo.

El tratamiento de la trayectoria consiste en aumentar la resistencia de la trayectoria de transmisión del sonido que va hacia el medio ambiente. Existen tres formas para realizarlo :

a) Aumentar el espesor de la tubería.- al aumentar el espesor (cédula) de la tubería, se atenúa el ruido hacia el medio ambiente; por ejemplo: si se varía de una cédula 40 a una cédula 80 el ruido se reduce en 4 dBA. No se reduce la turbulencia por lo que si se cambiara la tubería a cédula 40 nuevamente corriente abajo, el ruido al ambiente aumentaría esos 4 dBA.

b) Aislamiento de la tubería.- el aislamiento es un recubrimiento que se coloca alrededor de la tubería y puede ser de tipo térmico o acústico.

El aislamiento térmico puede reducir el ruido de 3 a 5 dBA por pulgada de espesor hasta un máximo de 12 a 15 dBA. El aislamiento acústico reduce el ruido en un rango mínimo de 8 a 10 dBA hasta un máximo de 24 a 27 dBA.

Ruido

El aislamiento presenta el mismo problema que el espesor de la tubería de solamente atenuar el ruido hacia el exterior de la tubería. Al quitar el aislamiento el ruido hacia el exterior será el mismo que se produjo en la válvula.

C) Silenciadores.- el silenciador difiere de las dos anteriores formas, ya que sí logra absorber parte de la energía del ruido, y por lo tanto va reduciendo la intensidad del ruido hacia el medio ambiente y en la tubería.

Este equipo combina secciones difusoras con materiales acústicos absorbentes de sonido. En la figura 77 se muestran dos diferentes silenciadores.

Si comparamos las tres formas de tratamiento en la trayectoria podemos observar que el silenciador es la mejor opción ya que sí logra atenuar realmente al ruido. En la figura 78 se muestra una comparación entre estas tres formas.

Ruido

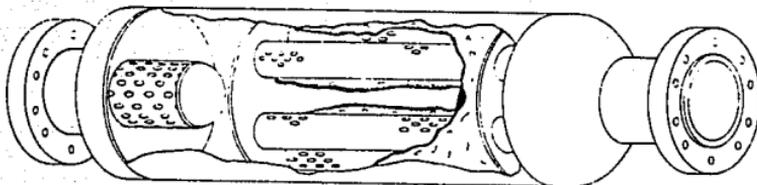


FIGURA 77. SILENCIADOR EN LINEA

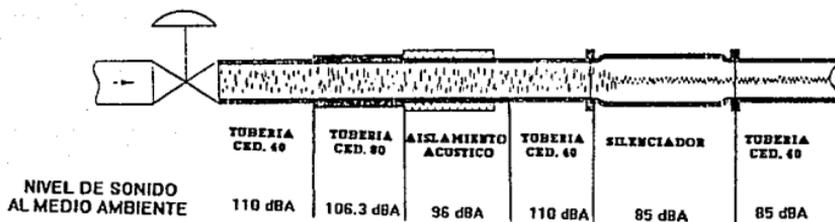


FIGURA 78. COMPARACION DE LAS FORMAS DE TRATAMIENTO DE RUIDO EN LA TRAYECTORIA

VII. Especificación de Válvulas de Control

Una vez que se ha dimensionado y seleccionado una válvula de control es necesario especificarla.

La especificación de la válvula consiste en presentar en una hoja las características de la misma para conocer por ejemplo, sus materiales, accesorios, características de flujo, etc...

Esta hoja se llama hoja de especificación y existe una para válvulas tipo rotatoria y otra para válvulas de vástago deslizante.

Especificación de válvulas de vástago deslizante

La hoja de especificación de este tipo de válvula se muestra en la figura 79 y consiste de 5 secciones: datos generales, datos de la válvula, datos del actuador, datos de los accesorios y las condiciones de servicio.

1.- Datos generales

En esta sección se mencionan datos como la cantidad de válvulas, el tipo de servicio que tiene la válvula, la identificación o tag de la válvula, etc...

Los datos consisten en:

a) Cantidad.- cuando se requiere una válvula, puede ser que se necesiten 2 o más válvulas iguales para un mismo servicio o área por lo cual se necesita especificar el número de válvulas que sean iguales.

Especificación

HOJA DE ESPECIFICACION VALVULAS DE VASTAGO DESLIZANTE				
DATOS GENERALES		DATOS DEL ACTUADOR		
CANTIDAD		ESTILO	<input type="checkbox"/> PISTON <input type="checkbox"/> DIAFRAGMA <input type="checkbox"/> ELECTRICO <input type="checkbox"/> OTRO	
SERVICIO		TAMAÑO		
TAG		SEÑAL DE ENTRADA	<input type="checkbox"/> 3-15 PSI <input type="checkbox"/> 6-30 PSI <input type="checkbox"/> 1-20 mA <input type="checkbox"/> OTRA	
TAMAÑO Y TIPO		SEGURIDAD EN CASO DE FALLA	<input type="checkbox"/> ABRE <input type="checkbox"/> CIERRA <input type="checkbox"/> ULTIMA POSICION	
DATOS DE LA VALVULA		DATOS DE ACCESORIOS		
CUERPO	ESTILO	<input type="checkbox"/> SECCO <input type="checkbox"/> ANILLO <input type="checkbox"/> CIERRA <input type="checkbox"/> ROSCADAS <input type="checkbox"/> SOLRADAS	TIPO	<input type="checkbox"/> POSICIONADOR <input type="checkbox"/> TRANSDUCTOR <input type="checkbox"/> INTERRUPTOR <input type="checkbox"/> SOLENOIDE <input type="checkbox"/> OTRO
	CONEXIONES	<input type="checkbox"/> ROSCADAS CLASE: _____ <input type="checkbox"/> OTRAS		SEÑAL DE ENTRADA
	MATERIAL	<input type="checkbox"/> HIERRO FUNDIDO <input type="checkbox"/> BRONCE <input type="checkbox"/> ALUMINIO <input type="checkbox"/> ACERO INOX.	SEGURIDAD	<input type="checkbox"/> A PRUEBA DE EXPLOSION <input type="checkbox"/> SEGURIDAD INTRINSECA <input type="checkbox"/> STANDARD
	NUMERO DE PUERTOS	<input type="checkbox"/> UNO <input type="checkbox"/> DOS <input type="checkbox"/> TRES	CONDICIONES DE SERVICIO	
	CARACTERÍSTICA DE CIERRE	<input type="checkbox"/> CERRAR <input type="checkbox"/> ABIR	TIPO DE CONTROL	<input type="checkbox"/> MODULANTE <input type="checkbox"/> ON / OFF
DIRECCION DE FLUJO	<input type="checkbox"/> ABAJO <input type="checkbox"/> ARRIBA	DATOS DE PROCESO		
INTERIORES	MATERIAL DE LA CAJA		GRAVEDAD ESP.	MINIMO NORMAL MAXIMO
	MATERIAL DEL ANILLO DEL ASIENTO		TEMPERATURA	
	MATERIAL DEL TAPON		PRESION DE ENTRADA	
	GUIA DEL TAPON	<input type="checkbox"/> CAJA <input type="checkbox"/> FUSIL <input type="checkbox"/> VASTAGO <input type="checkbox"/> OTRO	PRESION DE VAPOR	
	TAMAÑO DE PUERTO	<input type="checkbox"/> COMPLETO <input type="checkbox"/> REDUCIDO	FLUJO	
	CARACTERÍSTICA DE FLUJO	<input type="checkbox"/> IGUAL PORCENTAJE <input type="checkbox"/> LINEAL <input type="checkbox"/> APERTURA RÁPIDA <input type="checkbox"/> OTRA	CAIDA DE PRESION	
	CLASE DE CIERRE	<input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/> VI	Cv REQUERIDO	
BONETE	ESTILO	<input type="checkbox"/> NORMAL <input type="checkbox"/> EXTENDIBLE <input type="checkbox"/> OTRO	FACTOR DE RECUPERACION	
	TIPO DE EMPAQUE	<input type="checkbox"/> TETRA <input type="checkbox"/> GRATEO <input type="checkbox"/> OTRO	NIVEL DE RUIDO (dBA)	
NOTAS/CONSTRUCCIONES ESPECIALES		TAMAÑO/CD TUBERIA		

FIGURA 79. HOJA DE ESPECIFICACION

Especificación

b) Servicio.- aquí se menciona para que se va a utilizar la válvula, como por ejemplo: "válvula controladora de presión", etc...

c) Tag.- en las plantas de proceso o servicio se tienen identificados a los equipos y instrumentos por algún tag, según la identificación utilizada por la ISA (PCV-001, válvula de control de presión; TCV-001, válvula de control de temperatura).

d) Tamaño y tipo de válvula.- normalmente los fabricantes de válvulas mencionan su modelo o tipo de válvula que se va a especificar (1" modelo "A").

2.- Datos de la válvula

Esta sección se divide en tres partes: cuerpo, interiores y bonete.

a) Cuerpo.- en el cuerpo de la válvula debemos especificar lo siguiente :

- Estilo.- puede ser globo, ángulo, tres vías, etc...
- Conexiones con la tubería.- pueden ser roscadas, soldadas, bridadas (se debe especificar la clase ANSI), otras (sanitaria, entre bridas).
- Material del cuerpo.- puede ser de hierro fundido, acero al carbón, acero inoxidable, bronce y otros.
- Número de puertos.- pueden ser uno, dos, tres.
- Característica de cierre.- se debe indicar si la válvula va a abrir o cerrar cuando se empuja el tapón hacia abajo.

Especificación

- Dirección de flujo.- se debe indicar que trayectoria va a tener el flujo dentro de la válvula (si va a ir hacia abajo o hacia arriba).

b) Interiores.- en los interiores de la válvula debemos especificar lo siguiente :

- Material de la caja
- Material del anillo del asiento
- Material del tapón
- Guía del tapón.- si el tapón se encuentra guiado en caja, poste, vástago, etc...
- Tamaño del puerto.- si el puerto es completo o reducido.
- Característica de flujo.- cual es la característica de flujo de la válvula (igual porcentaje, lineal, apertura rápida, etc...)
- Clase de cierre.- cual es la clase ANSI de cierre que tiene la válvula (II, III, IV , V, VI).

c) Bonete.- del bonete debemos especificar lo siguiente :

- Estilo.- si es normal, de extensión, para protección del ambiente, etc...
- Tipos de empaque.- de que material es el empaque (teflón, doble teflón, grafito, etc...)

3.- Datos del actuador

En el actuador se debe especificar lo siguiente :

- Estilo.- que tipo de actuador se tiene, pistón, resorte y diafragma, electrico, hidroneumático.

Especificación

- Tamaño.- de que tamaño es el actuador, que depende de los requerimientos del proceso y del tipo de válvula. El tamaño del actuador es definido por el fabricante.
- Señal al actuador.- cual es la señal que recibe el actuador (3-15 psi, 6-30 psi, 4 - 20 mA, etc...).
- Seguridad en caso de falla.- hay que indicar que posición debe tener la válvula en caso de alguna falla en la señal (abre toda la válvula, cierra toda la válvula, permanece en su última posición).

4.- Datos de los accesorios

Hay que mencionar que accesorios tienen montada la válvula y mencionar alguna característica como la señal de entrada. Entre los accesorios tenemos: posicionadores, transductores, solenoides, interruptores, reguladores, etc...).

5.- Condiciones de servicio

En esta sección se indica que tipo de control va a realizar o realiza la válvula (on/off o modulante), los datos de proceso (flujo, temperatura, presión, etc...) y datos obtenidos en el dimensionamiento de la válvula (Cv requerido, Cv de la válvula, nivel de ruido, etc...).

Especificación

Especificación de válvulas rotatorias

La hoja de especificación para este tipo de válvula se muestra en la figura 80 y tiene las mismas secciones que la válvula de vástago deslizante, con algunas diferencias en su contenido. A continuación se enlista lo que se debe especificar en este tipo de válvulas :

1.- Datos generales

Estos datos son exactamente los mismos que del caso anterior: cantidad, servicio, identificación o tag, y tamaño y tipo de válvula.

2.- Datos de la Válvula

Para este tipo de válvulas solamente se divide en dos partes: cuerpo e interiores.

a) Cuerpo.- en el cuerpo de la válvula debemos especificar lo siguiente :

- Estilo.- que tipo de válvula rotatoria se está utilizando (bola, disco excéntrico, mariposa, etc...).
- Conexiones con la tubería.- por la característica del cuerpo de las válvulas rotatorias se debe especificar la clase ANSI (150, 300, 600, etc...) ya que las conexiones son entre bridas o bridadas.
- Material del cuerpo.- normalmente puede ser de hierro fundido, acero al carbón o acero inoxidable.
- Tipo de bonete.- se especifica de la misma forma que las válvulas de vástago deslizante.
- Empaque.- se especifica de la misma forma que las válvulas de vástago deslizante.

Especificación

HOJA DE ESPECIFICACION VALVULAS ROTATORIAS			
DATOS GENERALES		DATOS DEL ACTUADOR	
CANTIDAD		ESTILO	<input type="checkbox"/> PISTON <input type="checkbox"/> DIAFRAGMA <input type="checkbox"/> ELECTRICO <input type="checkbox"/> OTRO
SERVICIO		TAMANO	
TAG		ROTACION ELEMENTO DE CIERRE	<input type="checkbox"/> 60 GRADOS <input type="checkbox"/> 90 GRADOS
TAMANO Y TIPO		SEÑAL DE ENTRADA	<input type="checkbox"/> 3-15 PSI <input type="checkbox"/> 6-30 PSI <input type="checkbox"/> 4-20 mA <input type="checkbox"/> OTRO
DATOS DE LA VALVULA		SEGURIDAD EN CASO DE FALLA	<input type="checkbox"/> ABRE <input type="checkbox"/> CIERRA <input type="checkbox"/> ULTIMA POSICION
CUERPO	ESTILO	<input type="checkbox"/> BOLA <input type="checkbox"/> MARIPOSA <input type="checkbox"/> OTRA <input type="checkbox"/> ROSCADAS <input type="checkbox"/> ENTRE BRIDAS	MONTAJE
	CONEXIONES	CLASE ANSI : _____ <input type="checkbox"/> OTRO	
	MATERIAL	<input type="checkbox"/> HIERRO FUNDIDO <input type="checkbox"/> BRONCE <input type="checkbox"/> ACEAO <input type="checkbox"/> ACEAO INOX.	TIPO
	TIPO DE BORNETE	<input type="checkbox"/> NORMAL <input type="checkbox"/> EXTENSION <input type="checkbox"/> OTRO	<input type="checkbox"/> POSICIONADOR <input type="checkbox"/> TRANSDUCTOR <input type="checkbox"/> INTERRUPTOR <input type="checkbox"/> SOLENOIDE <input type="checkbox"/> OTRO
	TIPO DE ENPAQUE	<input type="checkbox"/> TEFLON <input type="checkbox"/> GRAFITO <input type="checkbox"/> OTRO	SEÑAL DE ENTRADA
	DIRECCION DE FLUJO	<input type="checkbox"/> ADELANTE <input type="checkbox"/> REVERSA	SEGURIDAD
TAMANO FLECHA		CONDICIONES DE SERVICIO	
MATERIAL DEL ELEMENTO DE CIERRE		TIPO DE CONTROL	<input type="checkbox"/> MODULANTE <input type="checkbox"/> ON / OFF
MATERIAL DE LA FLECHA		DATOS DE PROCESO	
MATERIAL DEL BUJE			MINIMO NORMAL MAXIMO
MATERIAL DEL SELLO		GRAVEDAD ESP.	
NOTAS CONSTRUCCIONES ESPECIALES		TEMPERATURA	
		PRESION DE ENTRADA	
		PRESION DE VAPOR	
		FLUJO	
		CAIDA DE PRESION	
		Cv REQUERIDO	
		Cv VALVULA	
		FACTOR DE RECUPERACION	
		NIVEL DE RUIDO (dBA)	
		TAMANO/CD TUBERIA	

FIGURA 80. HOJA DE ESPECIFICACION

Especificación

- Dirección de flujo.- se debe indicar la dirección que va a llevar el fluido (hacia adelante o reversa) con respecto al elemento de cierre.

- Tamaño de la flecha.- esta se determina con el tipo y tamaño de válvula seleccionado y es diferente según cada fabricante.

b) Interiores.- para este tipo de válvulas se debe especificar lo siguiente :

- Material del elemento de cierre

- Material de la flecha

- Material del buje

- Material del sello

Normalmente estos materiales son dados por el fabricante de la válvula de control.

3.- Datos del Actuador

Para el actuador de una válvula rotatoria se debe especificar lo siguiente :

- Estilo.- se especifica de la misma forma que las válvulas de vástago deslizante.

- Tamaño.- se especifica de la misma forma que las válvulas de vástago deslizante.

- Rotación del elemento de cierre.- el elemento de cierre puede rotar hasta 60 grados ó hasta 90.

- Seguridad en caso de falla.- se especifica de la misma forma que las válvulas de vástago deslizante.

Especificación

- Montaje.- en el caso de las válvulas rotatorias el actuador puede ir montado del lado derecho o del lado izquierdo del cuerpo de la válvula.

- Señal al actuador.- se especifica de la misma forma que las válvulas de vástago deslizante.

4.- Datos de los accesorios

Hay que mencionar que accesorios tienen montada la válvula y alguna característica como la señal de entrada. Entre los accesorios tenemos: posicionadores, transductores, solenoides, interruptores, reguladores, etc...).

5.- Condiciones de servicio

En esta sección se indica que tipo de control va a realizar o realiza la válvula (on/off o modulante), los datos de proceso (flujo, temperatura, presión, etc...) y datos obtenidos en el dimensionamiento de la válvula (Cv requerido, Cv de la válvula, nivel de ruido, etc...).

VIII. Conclusiones

Uno de los objetivos de esta tesis es el de dar una guía general para la selección de válvulas de control. Se puede concluir que la tesis cumple con ese objetivo ya que muestra varios criterios de selección y dos métodos distintos para dimensionar las válvulas de control, lo cual nos ayuda a poder seleccionar una válvula para alguna aplicación dada.

Otro de los objetivos de la tesis es el dar una mayor difusión entre los estudiantes de ingeniería química sobre la importancia que tiene actualmente el control de procesos y las válvulas de control en la industria, ya que es una rama dentro de la ingeniería que está evolucionando rápidamente, y que se debe conocer para tener una mayor posibilidad de desarrollo dentro de la industria.

Esta tesis puede ser utilizada con fines didácticos como una parte complementaria al programa de estudios de ciertas materias que se imparten dentro de la carrera de ingeniería química cumpliendo de esa manera con la difusión que se le busca dar dentro de la enseñanza profesional actual.

Entre los puntos que se trataron dentro de la tesis podemos concluir lo siguiente :

- Las válvulas de vástago deslizante tienen la mayor capacidad de opciones dentro de la industria. En tamaños grandes tienen un alto precio, pero en tamaños de 2" o menores deben ser la primera opción.

Conclusiones

- Las válvulas de bola y de disco excéntrico dan un buen control y pueden tener interiores resistentes a la erosión. Son la primera opción en tamaños de 3" a 6".
- Las de mariposa son las mas económicas en tamaños mayores a 6". En tamaños muy grandes son la única opción.
- Requerimientos especiales, requieren de soluciones especiales. Las válvulas de control pueden tener interiores especiales para manejar ruido, cavitación, alta presión, alta temperatura o una combinación de alguna de éstas.
- La selección del actuador de la válvula se debe basar en los requerimientos del proceso, de la válvula y en su costo.
- Los actuadores de resorte y diafragma tienen el diseño mas simple, mas económico y presentan un mantenimiento sencillo, por cual deben ser la primera opción a considerar en la mayoría de las situaciones.
- Los actuadores de pistón tienen una mayor capacidad de fuerza o torque, y son mas compactos que los actuadores de resorte y diafragma. Son utilizados cuando se requieren actuadores neumáticos con requerimientos altos de fuerza o torque.
- Los actuadores eléctricos son de gran ejecución, pero tienen la desventaja de ser mas complejos y de difícil mantenimiento.
- Los métodos de dimensionamiento de válvulas están basados en una sola ecuación empírica que proviene de las ecuaciones de continuidad y de energía.

Conclusiones

- Para dimensionar una válvula de control se deben utilizar dos coeficientes de la válvula: el coeficiente de flujo y el coeficiente de recuperación.
- Se deben considerar la aparición de cavitación (líquidos) y de ruido (gases) en el dimensionamiento de la válvula de control.
- La cavitación puede producir daño físico en la válvula, ruido y vibración en la tubería por lo cual se debe controlar.
- El ruido produce vibración en la tubería, desgaste en la válvula y daño en la salud de la gente, por lo tanto se debe controlar.
- Existen equipos e interiores especiales para controlar y prevenir el ruido y la cavitación.

Apéndices

IX. Apéndices

A) Tablas

1) PRESION CRITICA DE VARIOS FLUIDOS

FLUIDO	PRESION CRITICA (PSIA)
AGUA	3208.2
AMONIACO	1636
ARGON	705.6
BUTANO	550.4
CLORO	1118.7
DIOXIDO DE CARBONO	1071.6
ETANO	708
ETILENO	735
FLUOR	808.5
HELIO	33.2
HIDROGENO	188.2
ISOBUTANO	529.2
ISOBUTILENO	580
METANO	673.3
MONOXIDO DE CARBONO	507.5
NITROGENO	494.4
OXIGENO	738.5
PROPANO	617.4
PROPILENO	670.3
REFRIGERANTE 11	635
REFRIGERANTE 12	596.9
REFRIGERANTE 22	716

2) RELACION DE CALOR ESPECIFICO (k)
DE VARIOS FLUIDOS

FLUIDO	k
ACETILENO	1.38
AIRE	1.4
ARGON	1.67
BUTANO	1.17
DIOXIDO DE CARBONO	1.29
ETANO	1.25
GAS NATURAL (S.G. = 0.6)	1.32
HELIO	1.66
HIDROGENO	1.4
METANO	1.28
MONOXIDO DE CARBONO	1.4
NITROGENO	1.4
OXIGENO	1.4
PROPANO	1.21
PROPILENO	1.15
VAPOR **	1.33

** UTILIZAR TABLAS DE PROPIEDADES PARA MAYOR EXACTITUD

Apéndices

B) Glosario

Actuador.- parte de la válvula de control que utiliza señales neumáticas, hidráulica o eléctrica para abrir o cerrar la válvula. Pueden ser de diafragma, de pistón, eléctricos o hidráulicos.

Anillo del asiento.- parte interna de las válvulas de vástago deslizante que forma un puerto dentro de la válvula.

ANSI.- siglas del Instituto Nacional de Standares Americano.

Apertura rápida.- un tipo de característica de flujo de la válvula.

Bola.- el elemento de cierre de las válvulas tipo bola.

Bonete.- una parte de la válvula de vástago deslizante que sirve de guía al vástago y da el montaje del actuador.

Caída de presión.- la diferencia que existe entre la presión de entrada y la presión de salida de la válvula.

Caída de presión permisible.- la diferencia que existe entre la presión de entrada y la presión en donde se presenta el fenómeno de flujo tapón.

Caja.- parte interna de la válvula de vástago deslizante que guía el movimiento del tapón de la válvula y le da la característica de flujo a la misma.

Característica de la válvula.- es la relación que existe entre el % de apertura de la válvula y el % de capacidad de flujo que tiene la misma.

Caracterización.- es la relación que existe entre la entrada y la salida de un instrumento.

Apéndices

Cavitación.- fenómeno ruidoso y dañino que se presenta en los líquidos, que acompaña la formación y colapsamiento de burbujas de vapor.

Coefficiente de flujo.- el número de galones por minuto a 60°F de agua que pasa por una válvula produciendo una caída de presión de 1 PSI.

Control modulante.- acción de control de la válvula que modifica el flujo del fluido.

Control on/off.- acción de control de la válvula que abre ó cierra totalmente la válvula.

Control PID.- modo de control en donde se combinan las acciones de control: proporcional, integral y derivativa.

Controlador.- instrumento que opera automáticamente y que regula a la variable de proceso.

Corrosión.- efecto dañino causado en la válvula debido a una reacción química del fluido con materiales de la válvulas incompatibles al mismo.

Decibel.- una forma de expresar el nivel de sonido.

Difusor.- un equipo diseñado para abatir ruido en las válvulas de control.

Disco.- el elemento de cierre de las válvulas tipo mariposa o disco excéntrico.

Elemento de cierre.- una parte movable de la válvula de control que se coloca en el paso del fluido y modifica el flujo que pasa por la válvula, como son el tapón, disco y bola.

Apéndices

Elemento final de control.- el elemento de control que actúa directamente sobre la variable de proceso, por ejemplo una válvula de control.

Elemento primario de control.- el elemento de control que sensa a la variable de proceso.

Empaques.- parte de las válvulas de control que sirven para evitar fugas del fluido al ambiente.

Erosión.- los efectos dañinos producidos por ciertos fluidos que desgastan a la válvula de control.

Error.- el valor de la diferencia entre el punto de ajuste (set-point) y la variable de proceso.

Flasheo.- fenómeno observado en líquidos cuando la presión del fluido cae por debajo de la presión de vapor y no logra recuperarse a una presión mayor a la misma.

Flecha.- es la parte de las válvulas rotatorias que conecta al actuador con el elemento de cierre.

Flujo tapón.- es el flujo en el cual al existir un aumento en la caída de presión no se tiene aumento en el flujo del fluido.

Ganancia.- la relación de cambio producida en una salida con respecto a la entrada debida a un cambio en la entrada.

IEC.- siglas de la Comisión Nacional Electromecánica.

Igual porcentaje.- un tipo de característica de flujo de la válvula.

ISA.- siglas de la Sociedad Americana de Instrumentistas.

Lazo.- la unión de una serie de elementos diseñados para medir y/o controlar a una variable de proceso.

Apéndices

Lazo de control abierto.- un sistema de control sin retroalimentación.

Lazo de control cerrado.- un sistema de control con retroalimentación en donde la salida se utiliza para modificar la entrada.

Modo de control.- una acción de control específica como proporcional, integral, o derivativa.

OSHA.- siglas de la Asociación de Seguridad y Salud Ocupacional.

Posicionador.- un instrumento que compara la posición real de la válvula con la señal de control proveniente del controlador.

Punto de ajuste.- el valor que queremos que alcance la variable de proceso.

Ruido.- un sonido no deseado que se produce en la válvula de control.

Ruido aerodinámico.- es el ruido asociado con altas velocidades o flujos inestables de algún gas y la interacción entre éstos y objetos sólidos.

Ruido hidrodinámico.- es el ruido asociado con la cavitación de líquidos.

Señal analógica.- señal de tipo electrónica que representa a una cantidad física o propiedad que puede ser transmitida por un transmisor, controlador, etc... Puede ser 4-20mA, 0-20mA.

Apéndices

Señal neumática.- señal de aire que representa una cantidad física o propiedad que puede ser transmitida por un transmisor, controlador, transductor, posicionador, etc... Puede ser de 3-15 psi, 6-30 psi.

Set-point.- ver punto de ajuste.

Silenciador.- un equipo diseñado para controlar el ruido producido por válvulas de control.

Tapón.- es el elemento de cierre que utilizan las válvulas de vástago deslizante.

Transductor.- un instrumento que acepta un tipo de señal de entrada y da una salida con otro tipo de señal equivalente (de señal analógica a señal neumática).

Transmisor.- un instrumento que recibe la señal del elemento primario de control y la transmite al controlador.

Válvula de control.- un tipo de elemento final de control que modifica el flujo para actuar sobre la variable de proceso en un sistema de control.

Válvula de vástago deslizante.- un tipo de válvula de control en donde el elemento de cierre se desliza sobre una guía para cerrar o abrir la válvula. Por ejemplo las válvulas de globo, ángulo, etc...

Válvula rotatoria.- un tipo de válvula de control en donde el elemento de cierre gira para cerrar o abrir la válvula. Por ejemplo las válvulas de bola, mariposa, etc...

Apéndices

Variable controlada.- ver variable de proceso.

Variable de proceso.- es la variable que se trata de mantener dentro de un punto de ajuste (set-point) en un sistema de control.

Variable manipulada.- es la variable que se modifica directamente con el elemento final de control.

Vástago.- es la parte de las válvulas de vástago deslizante que conecta al actuador con el tapón o elemento de cierre de la válvula.

Vena Contracta.- el punto en donde el área seccional de flujo del fluido es mínimo. En ese punto la velocidad del fluido es máxima y su presión es mínima.

Apéndices

c) Bibliografía

- 1) Adams, Mark & Taylor, Gene
"High Performance Butterfly Valves: Checking the Specs"
Instruments and Control Systems, November 1980
- 2) Allen, Ernest E.
"Abatement and Measurement of Control Valve Noise"
79th national reunion of AICHE, March 16-20 1975,
Houston, Texas.
- 3) Bhasin, Vinod C.
"Actuator Selection"
Chemical Engineering, November 1990
- 4) Bhasin, Vinod C.
"Sixteen Considerations for Valve Selection you can't
Afford to Ignore"
Chemical Processing, December 1990
- 5) Baumann Hans D.
"Control Valve Noise: Cause and Cure"
Chemical Engineering, May 17, 1971
- 6) Bautista Salgado
"Cálculo y Selección de Válvulas de Control mediante
computadora"
Tesis Profesional Facultad de Química, U.N.A.M, 1975
- 7) Berggren, Greg & Hays, Allen
"Minimize Control Valve Problems by Selecting the Proper
Packing"
Pulp and Paper, October 1975

Apéndices

- 8) Brestel, Ronald & Hutches, Wilbur
"Control Valve Packing Systems"
Technical Monograph 38, Fisher Controls Int., 1992
- 9) Buresh, James F. & Schuder Charles B.
"Development of a Universal Gas Sizing Equation for
Control Valves"
Technical Monograph 15, Fisher Controls Int., 1974
- 10) Canon, John
"Guidelines for Selecting Process Control Valves"
Chemical Engineering, May 5, 1969
- 11) Carey, James A.
"Specifying Tight Control Valves Shutoff can be Costly"
Oil & Gas Journal, November 23, 1981
- 12) Fisher Controls International
"Basic Pneumatic Instrumentation"
Student Guide, 1988
- 13) Fisher Controls International
Catalog 10 "Sizing and Selection Data"
1991
- 14) Fisher Controls International
Catalog 12 "Valve Sizing (ANSI/ISA/IEC)"
1989
- 15) Fisher Controls International
"Characterizing and Split Ranging with Control Valves
Positioners"
Student Guide, 1989

Apéndice

- 16) Fisher Controls International
"Control Valve Handbook"
2° Edition, 1977
- 17) Fisher Controls International
"Control Valve Positioner Application Guidelines"
Student Guide, 1989
- 18) Fisher Controls International
"Control Valve Positioner Operation and calibration
Concepts"
Student Guide, 1989
- 19) Fisher Controls International
"Control Valve Sizing for Liquid Service"
Student Guide, 1988
- 20) Fisher Controls International
"Control Valve Sizing for Gas and Steam"
Student Guide, 1988
- 21) Fisher Controls International
"Control Valve Sourcebook"
2° Edition, 1990
- 22) Fisher Controls International
"Fundamentals of Closed Loop Control"
Student Guide, 1988
- 23) Fisher Controls International
"Fundamentals of Control Valve Noise"
Student Guide, 1987

Apéndices

- 24) Fisher Controls International
"Fundamentals of Control Valve Noise"
Student Guide, 1987
- 25) Fisher Controls International
"PID Actions and Controller Tuning"
Student Guide, 1987
- 26) Fisher Controls International
"Pneumatic Piston Actuators"
Student Guide, 1987
- 27) Fisher Controls International
"Pneumatic Spring and diaphragm Actuators"
Student Guide, 1987
- 28) Fisher Controls International
"Rotary Shaft Control Valves"
Student Guide, 1988
- 29) Fisher Controls International
"Sliding Stem Control Valves"
Student Guide, 1988
- 30) Gassman, George W.
"Guidelines for the Application of Electro Pneumatic
Positioners"
Technical Monograph 36, Fisher Controls Int., 1988
- 31) Greene, Richard W.
"Válvulas: Selección, Uso y mantenimiento"
1° Edición, McGraw Hill, 1989

Apéndices

32) Hammit, Donn

"Guidelines to Using Rotary Shaft Valves for Throttling Service"

Paper Trade Journal, February 1, 1976

33) Jury, Floyd D.

"Fundamentals of Closed Loop Control"

Technical Monograph 32, Fisher Controls Int., 1975

34) Jury, Floyd D.

"Fundamentals of valve Sizing for Gases"

Technical Monograph 31, Fisher Controls Int., 1974

35) Lloyd, Sheldon G.

"Guidelines for the Application of Valve Positioners"

Technical Monograph 23, Fisher Controls Int., 1969

36) Masoneilan-Dresser Industries

"Handbook for Control Valve Sizing"

Bulletin OZ1000E, 17^oEdition, 1987

37) Masoneilan-Dresser Industries

"Noise Control Manual"

Bulletin OZ3000E, 3^oEdition, 1984

38) Ortíz Honc, J.C.

"Dimensionamiento por Computadora de Válvulas de Control, Problemas Principales y su Selección para Centrales Termoeléctricas"

Tesis Profesional Facultad de Química, U.N.A.M., 1987

39) Pakianathan, M.J.

"P Only or P+I in one Controller"

Hydrocarbon Processing, December 1992

Apéndices

- 40) Ritz, George
"Advances in control valve Technology"
Control, March 1993
- 41) Riveland, Marc
"Fundamentals of Valve Sizing for Liquids"
Technical Monograph 30, Fisher Controls Int., 1985
- 42) Romero Reygadas, C.E.
"Criterios y Métodos de Cálculo para Selección de Elementos Primarios de Medición de Flujo y Válvulas de Control"
Tesis Profesional Facultad de Química, U.N.A.M., 1980
- 43) Schaufbuch, Paul J.
"Cavitation Control Requires Pressure Control"
Final Control Systems Technology Dept., Fisher Controls Int., 1993
- 44) Schaufbuch, Paul J.
"Fundamentals of Flow characterization"
Technical Monograph 29, Fisher controls Int., 1974
- 45) Schuder, C.B.
"Control Valve Characteristics"
Instruments and Control Systems, March 1967
- 46) Schuder, C.B.
"Control Valve Rangeability and the Use of Valve Positioners"
ISA International Conference & Exhibit, October 4-7, 1971
Chicago Illinois.

Apéndices

47) Stiles, G.f.

"Cavitation in Control Valves"

Instruments and Control Systems, January 1970.