

Fig. 8 Válvula de globo con sello de diafragma en el bonete (A) y con sello de fuelle en el bonete (B)

*Metal con inserto de material elástico en el metal:* Permite buen cierre y se puede emplear un servicio con presiones más 0 menos altas.

### Sellos de vástago

El tipo más común de sello para el vástago es un prensaestopa que contiene una empaquetadura de material flexible como de grafito y asbesto, TFE y asbesto, etc. El TFE (tetrafluoroetileno) es de particular importancia para aplicaciones con materiales corrosivos. La empaquetadura puede ser de una pieza trenzada o una composición suelta de TFE granulado, asbesto y TFE u otros materiales. Los diseños de las empaquetaduras son cuadradas, de cuña, anillos de "cheurón" y sellos anulares ("O" rings). Para retener la presión del fluido dentro de la válvula hay que comprimir la empaquetadura con un prensaestopas, que empuja la empaquetadura contra la caja y el vástago y la comprime.

Si se aprieta el prensaestopas de cuando en cuando ayuda a mantener comprimida la empaquetadura para evitar fugas. Es inevitable que si una válvula no ha funcionado durante cierto tiempo, tendrá fugas por la empaquetadura al accionarla.

De cuando en cuando se coloca un espaciador o anillo de cierre hidráulico en el prensaestopas para separar las secciones superior e inferior de la empaquetadura, para poder introducir un lubricante o un sellante inerte.

Cuando no se pueden permitir fugas al exterior, se debe utilizar una válvula sin empaquetadura. En un tipo se utiliza un diafragma flexible entre el bonete y el cuerpo; un opresor empuja al diafragma hacia la trayectoria de flujo (Fig. 7).

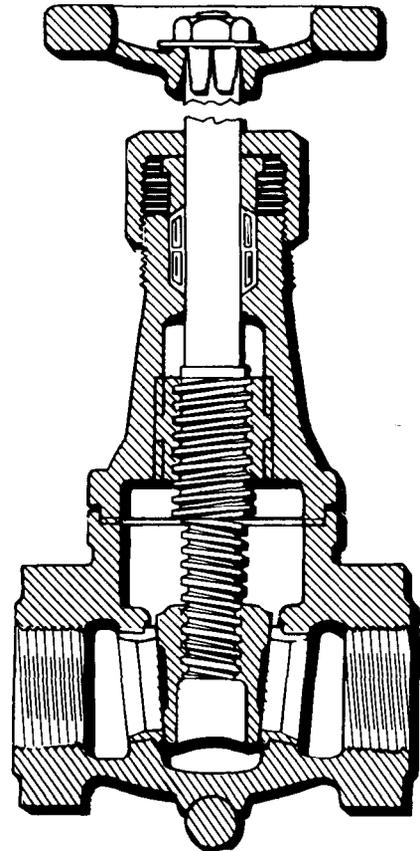


Fig. 8 El bonete con abrazadera en U se utiliza principalmente en las válvulas pequeñas

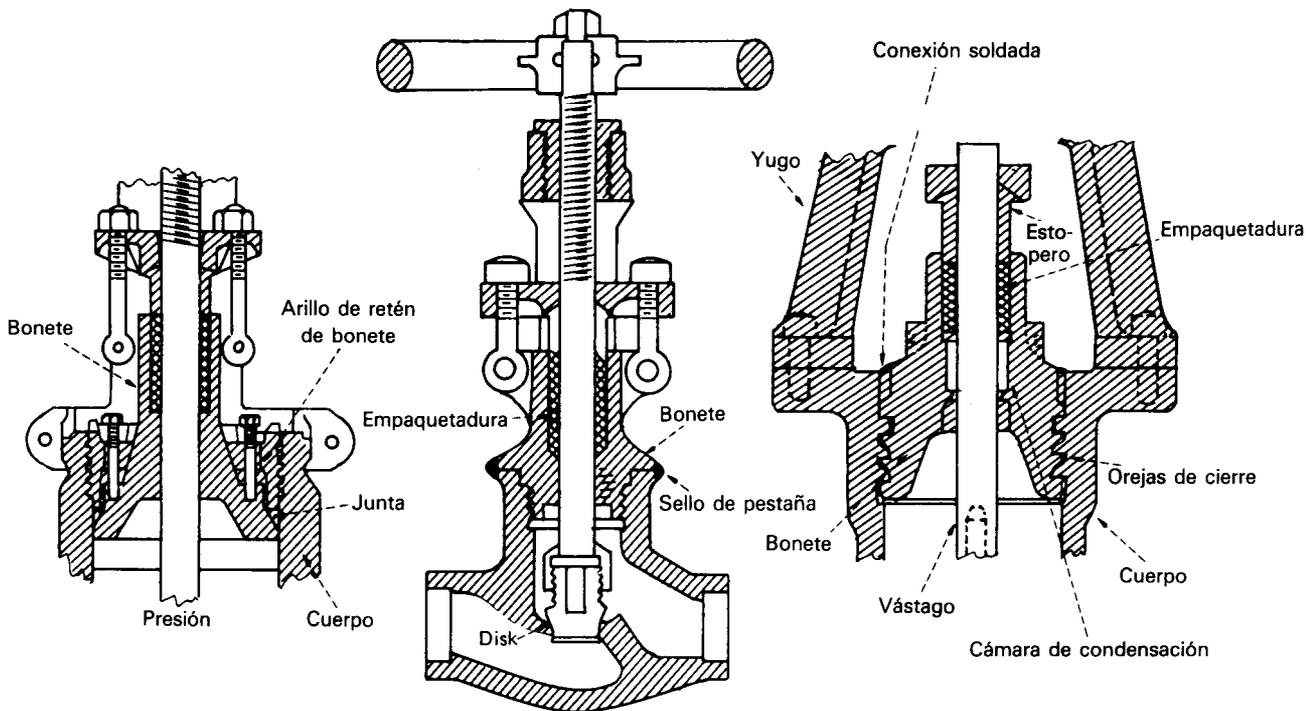


Fig. 10 Bonete sellado por presión (izq.), bonete sellado con pestaña (centro) y unión con cierre de lengüeta (der.)

En una válvula de globo con diafragma (Fig. 8A) se aíslan las piezas internas del fluido.

En otro tipo de válvula sin empaquetadura se utiliza un fuelle metálico (Fig. 8B). Esta construcción, deseable para servicio con vacío intenso, incluye una empaquetadura en caso de que se dañe el fuelle.

### Sellos del bonete

El bonete, que encierra el cuerpo de válvula, permite el acceso al asiento y al elemento de control de flujo. Cuando hay que reparar o reemplazar, se desmonta el bonete, que puede ser de uno de los siguientes tipos:

*Bonete roscado o sujeto con tornillos.* Son los más sencillos y económicos, se emplean con servicio de baja presión y en válvulas pequeñas. La desventaja es que el sello entre el cuerpo y el bonete se puede aflojar en el trabajo normal o se puede desenroscar en forma accidental. Se recomienda para servicio con mínimos choques y vibraciones y para accionamiento poco frecuente.

*Bonete de unión.* Es un método fácil y rápido para acoplar y desacoplar el bonete del cuerpo de la válvula. El bonete tiene una tuerca suelta o un anillo de unión que se enroscan en el cuerpo de válvula. Con todas las piezas bien apretadas en su lugar, es difícil que haya deformación. Se recomienda para válvulas pequeñas.

*Bonete con brida.* Este bonete, que es por lo general para válvulas grandes, funciona bien con materiales corrosivos y temperaturas o presiones altas. Igual que una brida de tubo, la brida del bonete se sujeta con tornillos a la brida del cuerpo, con una junta entre las dos caras. La unión de brida puede ser de cara plana, macho y hembra, ranura y lengüeta o de anillo de unión.

*Bonete con abrazadera en U.* En las válvulas pequeñas, en particular en servicio con productos químicos, la abrazadera o tornillo en U que pasa alrededor del cuerpo sujeta el bonete (Fig. 9). Con esto se tiene una conexión fuerte.

*Bonete sellado por presión.* Esta construcción, que es uno de los varios tipos de sellos para servicio con altas temperaturas y presiones, hace que la válvula pese menos que la de bonete convencional. En el bonete sellado por presión se utiliza la presión en la tubería para tener un sello más eficaz. Para ello se instala el bonete en el cuerpo con una junta o sello anular retenida en el cuerpo, ya sea con un anillo segmentado colocado en una ranura en el cuerpo o con un anillo de retén atornillado en el cuerpo. Para producir el sello inicial se levanta el bonete contra la junta o sello con sus tornillos. Durante el servicio, la presión interna actúa contra la parte inferior del bonete y lo empuja contra la junta o sello; cuanto más alta es la presión más hermético es el sello (Fig. 10).

*Bonete con sello de pestaña y con lengüeta.* Estos bonetes son para altas temperaturas y presiones y en ambos el bonete se suelda en el cuerpo de la válvula. Si se rompen con cincel las uniones soldadas se puede desarmar la válvula sin desmontarla de la tubería.

### ACCESORIOS PARA OPERACIÓN MANUAL

Casi todas las válvulas se accionan con el volante o palanca que se surten con ellas. Sin embargo, los diseñadores han creado métodos alternos para la operación manual o con actuadores automáticos. En este artículo se describen sólo los accionadores manuales; los automáticos aparecen en la sección de válvulas de control.

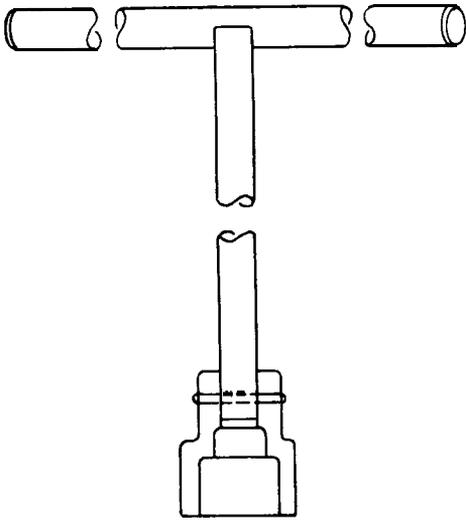


Fig. 11 Llave en T utilizada como extensión del vástago

Se pueden obtener diversos accesorios para casi todos los tipos de válvulas, para satisfacer tres necesidades principales:

1. Facilitar el accionamiento de la válvula cuando está en un lugar inaccesible.
2. Dar mayor fuerza de palanca para girarla cuando el volante no es bastante grande.
3. Hacer más lenta la apertura y el cierre.

### Extensión del vástago

No siempre es posible o práctico tener las válvulas al alcance, como en el caso de las redes de distribución de agua, por lo cual las válvulas tienen un vástago de extensión para accionarlas desde cierta distancia. Las extensiones del vástago, que pueden ser un volante, una cuña, una llave de cubo o un pedestal, pueden ser de la longitud requerida. La extensión suele ser una varilla de acero laminado en frío y un acoplador para colocarlo en el vástago.

En extensiones largas, se utiliza un tubo grueso de acero en lugar de la varilla, montado en un tapón de extremo del volante y un tapón inferior de extensión. En la punta cuadrada, cónica de la varilla o en el tapón de ex-

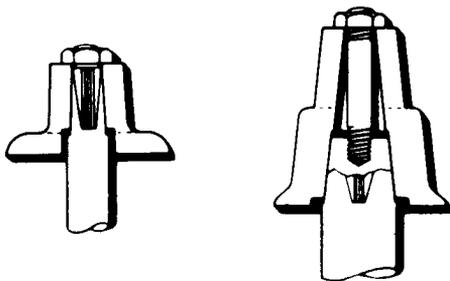


Fig. 12 Tuerca cuadrada para adaptar el vástago a la llave de tuercas

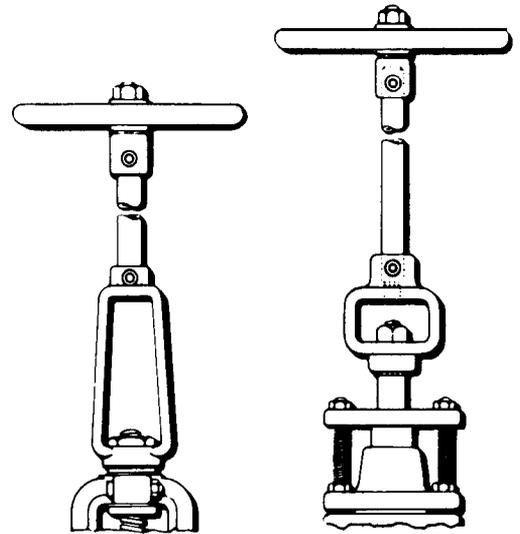


Fig. 13 Unidades de extensión para vástagos de válvulas

tremo de la rueda se colocan un volante de entrada cuadrada o una tuerca de operación (de 2 in por lado), figura 12. Las extensiones muy largas requieren un soporte.

Por lo general, el extremo para operación en la extensión es de 2 in por lado que permite el empleo de cualquier llave de cubo o de llave en T del mismo tamaño (Fig. 11).

En la figura 13 se ilustran ejemplos de extensiones para vástagos elevables y no elevables. También se utilizan ejes flexibles, que son una combinación de varillas de acero y uniones universales ("nudos") que permiten accionar la válvula desde un lugar que no esté alineado con el vástago.

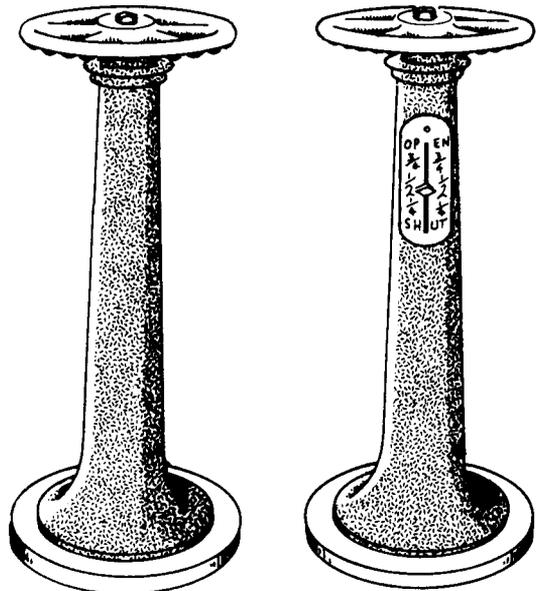


Fig. 14 Pedestales para accionar válvulas inaccesibles

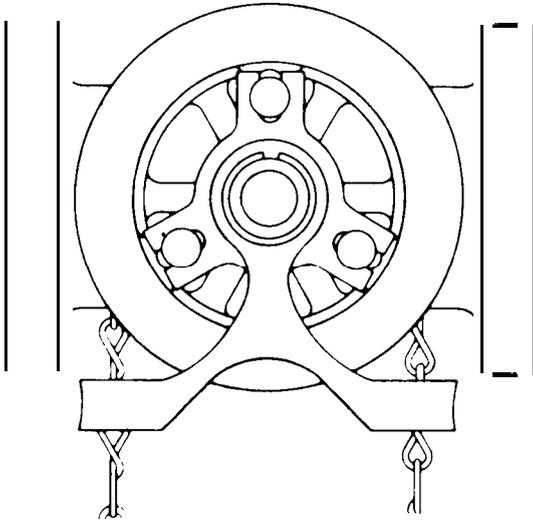


Fig. 15 Rueda de cadena para válvulas en lugares altos

### Pedestales

Los pedestales ayudan a accionar válvulas de compuerta, globo y otros tipos instaladas en zanjas para tubería u otros lugares inaccesibles. Los pedestales se conectan con la extensión del vástago con acoplamientos. En la figura 14 se muestran dos tipos básicos: con un indicador que señala la posición del elemento de control de flujo y un pedestal sin indicador.

### Operadores con rueda y cadena

Con estos operadores se pueden utilizar válvulas colocadas en un lugar alto en tuberías verticales u horizontales. Estos operadores se montan con facilidad en el aro o en los rayos del volante. Las ruedas de cadena (Fig. 15) requieren que el vástago de la válvula pueda sopor-

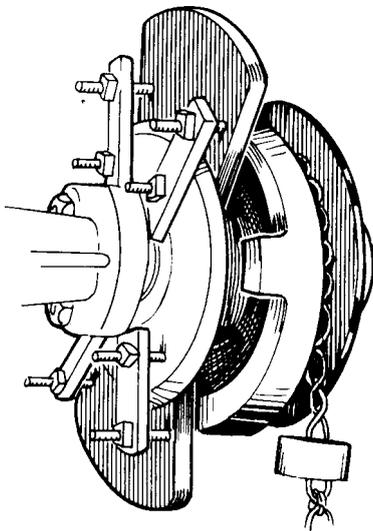


Fig. 16 La rueda de cadena de golpe elimina los engranes de reducción

tar el peso y tracción adicionales. Algunas ruedas de cadena tienen guías para que no se salga la cadena. También hay ruedas de cadena para sustituir a los volantes.

### Rueda de cadena de golpe

La rueda de cadena de golpe ayuda a abrir y cerrar todas las válvulas manuales estándar, con o sin extensión de vástago. Elimina el uso de engranes de reducción en las válvulas grandes; es conveniente para los operarios, porque casi nunca se necesitan llaves especiales ni ayudantes para accionarlas (Fig. 16). Además, las válvulas de emergencia que tienen esta rueda se pueden abrir o cerrar sin demora cuando hay un incendio cerca de las tuberías.

El funcionamiento de las ruedas de cadena de golpe es como golpear con un martillo en un yunque, con éste montado en el volante o en un adaptador que sustituye al volante de la válvula. Este golpe rotatorio se transmite al mecanismo elevador que acciona la compuerta de la válvula, para obtener cierre hermético y apertura positiva. Si es necesario, hay que especificar que los materiales no producirán chispas al recibir el golpe.

En la figura 16 se ilustra un tipo en el cual se ha sustituido el volante por un adaptador. También hay un tipo que se sujeta con abrazaderas en el volante.

Los volantes de golpe, casi todos para diámetros de 24 in o más son equipo estándar en algunas válvulas.

### Operadores de engranes

Los operadores de engranes dan ventaja mecánica adicional para abrir y cerrar válvulas grandes. El operador se puede montar directamente en la válvula o se puede accionar desde cierta distancia con vástagos de extensión. Se han creado varios tipos de operadores para la industria en general (Figs. 17 y 18).

Los engranes abren la válvula cuando se gira el volante a la izquierda, pero también están disponibles para rotación derecha. Se pueden obtener cubiertas para los engranes.

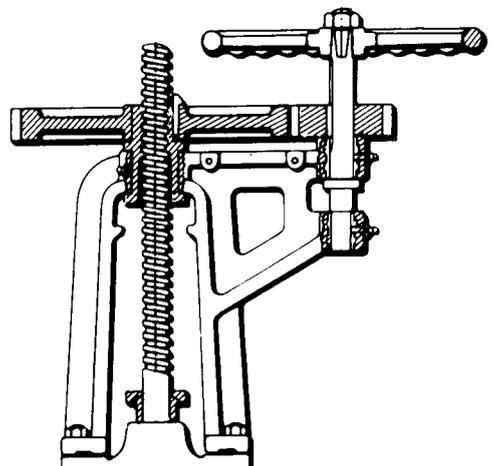


Fig. 17 Operador de engranes rectos en válvulas grandes de yugo y vástago externos

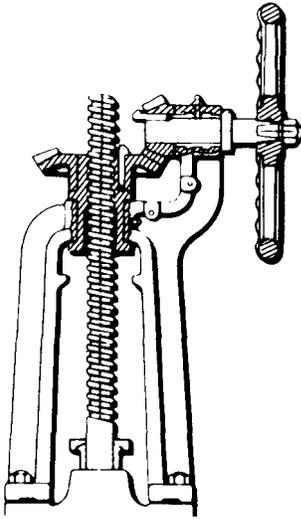


Fig. 18 Operador de engranes para vástago y yugo externos

### Otros accesorios

*Protectores contra apertura.* Para evitar accionamiento no autorizado, se pueden ordenar válvulas con tuercas de operación, pero sin volantes. Estas tuercas están cubiertas por protectores con lo cual la válvula sólo se puede accionar con una llave en T especial.

*Indicadores de posición.* Se utilizan en las válvulas con vástago no elevable para indicar la posición del elemento de control de flujo. Un indicador sube y baja en una ranura cuando se abre o cierra la válvula.

### Especificaciones de presión y temperatura

Cuando el ingeniero conoce las presiones y temperaturas máximas de operación, puede especificar las válvulas adecuadas. La especificación se debe verificar contra las listas de los fabricantes para ver si concuerdan.

### Material para empaquetaduras

La selección del material para empaquetaduras es igual que el material de construcción para el servicio a que se destina. Una empaquetadura incorrecta puede permitir fugas y ocasionar un paro del equipo para reemplazarlo.

Los materiales tóxicos o inflamables que se fugan de la válvula pueden crear una situación muy peligrosa, con posibles lesiones al personal y daños a la planta. No hay excusa para esos riesgos y paros costosos pues son fáciles de evitar. Al seleccionar el material de la empaquetadura, el ingeniero debe consultar las publicaciones de los fabricantes de válvulas y empaquetaduras y los manuales técnicos.

La configuración en que se adquiere el material para empaquetadura debe ir de acuerdo con la de la válvula. Ciertos materiales requieren alta compresión, pero algunas válvulas no son para esas fuerzas. A la inversa, la alta compresión requerida por las características físicas de la válvula, puede ocasionar flujo en frío de algunos

materiales. Además, los materiales incompatibles pueden dañar el vástago.

### Materiales de construcción

Al seleccionar materiales resistentes a la corrosión, el ingeniero se debe guiar por las listas de materiales recomendados por los fabricantes para los diversos servicios, así como por los datos para corrosión. Cuando esta información parezca inadecuada, habrá que efectuar pruebas de corrosión en el laboratorio. En general, salvo que se trate de un proceso muy especial, no habrá dificultad para determinar los materiales correctos.

### Costo y fechas de entrega

Muchas veces se encontrará más de un tipo de válvula para un trabajo específico. Con todos los demás factores iguales respecto a materiales de construcción, rendimiento, capacidades para presión y temperatura y disponibilidad o fecha de entrada, la base para la selección deberá ser el costo.

Una vez determinado el tipo de válvula adecuado para un trabajo específico, el ingeniero debe estudiar la disponibilidad o fecha de entrega y el costo. No es aconsejable ordenar una válvula que no se recibirá a tiempo o que no tenga un precio razonable. Hay que obtener los datos de disponibilidad (fecha de entrega) y precio de los distribuidores o fabricantes. En lo relativo al costo, la industria de válvulas trabaja a veces por temporadas. El precio de hoy no será por necesidad el de mañana ni tampoco fue el de ayer. El precio depende también de la cantidad de válvulas que se ordene de una vez, pues se pueden obtener descuentos por volumen.

Sin embargo, se debe recordar que un precio unitario bajo puede a la larga tener costo total más alto porque un fabricante quizá no pueda surtir un pedido grande a tiempo. No hay reglas fijas para el costo y disponibilidad de un tipo específico de válvula, salvo lo que se pueda determinar cuando se evalúen las cotizaciones de varios proveedores.

### Agradecimientos y créditos de las ilustraciones

Las siguientes empresas suministraron material para este artículo. Los números de figura entre paréntesis son de las ilustraciones suministradas por esa empresa.

American Darling Valve and Manufacturing Div. (American Cast Iron Pipe Co.), Birmingham, AL 35202; Duriron Co., Dayton, OH 45401; Roto Hammer Co., Tulsa, OK 74107 (Fig. 16); Stockham Valves & Fittings, Birmingham, AL 35212 (Figs. 9, 11, 12, 13, 15, 17, 18); Stratham Valves Inc., Florham Park, NJ, 07932; Walworth Co., Bala Cynwyd, Pa 19004 (Figs. 1, 2, 3, 4, 6, 14)

### El autor



**Arkadie Pikulik** es ejecutivo de ventas de Scientific Design Company, Inc., Two Park Venue, Nueva York, N.Y., 10016, en donde ha trabajado muchos años en diversos puestos que incluyen supervisión de plantas piloto, ingeniería de procesos, ingeniero de proyectos, gerente de proyectos, director de proyectos, gerente de construcción y supervisor de arranque de plantas. Tiene licenciatura en química de Brooklyn Polytechnic Institute.

# Actuadores mecánicos para válvulas

*Los actuadores mecánicos para válvulas se utilizan mucho por su conveniencia, velocidad y seguridad. Se impulsan con motor eléctrico o neumático; ambos tipos tienen ventajas aunque los actuadores con motor eléctrico son más adaptables.*

*Edward Lawson, y W.J. Denkowski, Limitorque Corp*

Hay actuadores mecánicos disponibles para casi cualquier tipo y tamaño de válvulas. Pueden ser neumáticos, eléctricos o hidráulicos. El que se piense o no en utilizar un actuador en un caso particular depende de la colocación de la válvula y la función que tenga en el proceso.

Las válvulas en oleoductos, gasoductos y tuberías para agua o las que están en sitios lejanos en una planta, requieren un actuador mecánico, aunque sólo sea por conveniencia. El actuador se puede justificar para válvulas que se deben abrir, cerrar o utilizar para estrangulación con frecuencia. La velocidad es otro factor, sobre todo en válvulas grandes, en las cuales se pueden necesitar algunos minutos para abrirlas y cerrarlas a mano.

La seguridad, por supuesto, es el factor dominante. En caso de un incendio, alteración del proceso u otra emergencia, el actuador es obligatorio para cerrar con rapidez una tubería; se puede graduar para cierre automático cuando las condiciones del proceso exceden de ciertos límites.

Las válvulas con control automático se suelen accionar con actuadores neumáticos de diafragma y pistón o de pistón equilibrado por presión. Los diversos tipos de actuadores se describen también en las páginas 186 y 187 de este libro.

## Forma de especificar

Para las válvulas nuevas, el fabricante determina el tamaño y suministra los actuadores. No importa si el actuador es para equipo nuevo o existente; el usuario debe proporcionar la siguiente información.

- Tamaño, tipo y marca de la válvula.

- Presión en la tubería.
- Presión diferencial mínima en la válvula.
- Diámetro, paso y avance del vástago y sentido de las roscas.
- Tiempo deseado de cierre o apertura en segundos.
- Vueltas de la tuerca del yugo para abrir la válvula.
- Fases, frecuencia y amperaje de la corriente.
- Temperaturas máximas de ambiente y del fluido.
- Tipo y frecuencia de servicio.
- Voltaje de control.
- Consideraciones especiales como la necesidad de alojamientos a prueba de explosión en los actuadores eléctricos.

## Los actuadores hidráulicos son sencillos

Los actuadores hidráulicos pueden ser sencillos, con un número mínimo de piezas. El líquido a presión actúa en un pistón doble que está conectado con el vástago de la válvula. La longitud de carrera del vástago y empuje para asentamiento requeridos se obtienen con cilindros de diferente tamaño. Suelen tener bombas manuales cuando es necesario desviar el sistema hidráulico central.

Una ventaja de los actuadores hidráulicos es que son de apertura y cierre más rápidos que los de motor eléctrico y engranes. Se pueden graduar para tener cierre casi instantáneo, mientras que el actuador con motor eléctrico típico tiene un ciclo de cierre de 10 a 60 segundos o más si es necesario. Por supuesto, el golpe de ariete en una tubería que se cierra con demasiada rapidez, puede producir daños graves.

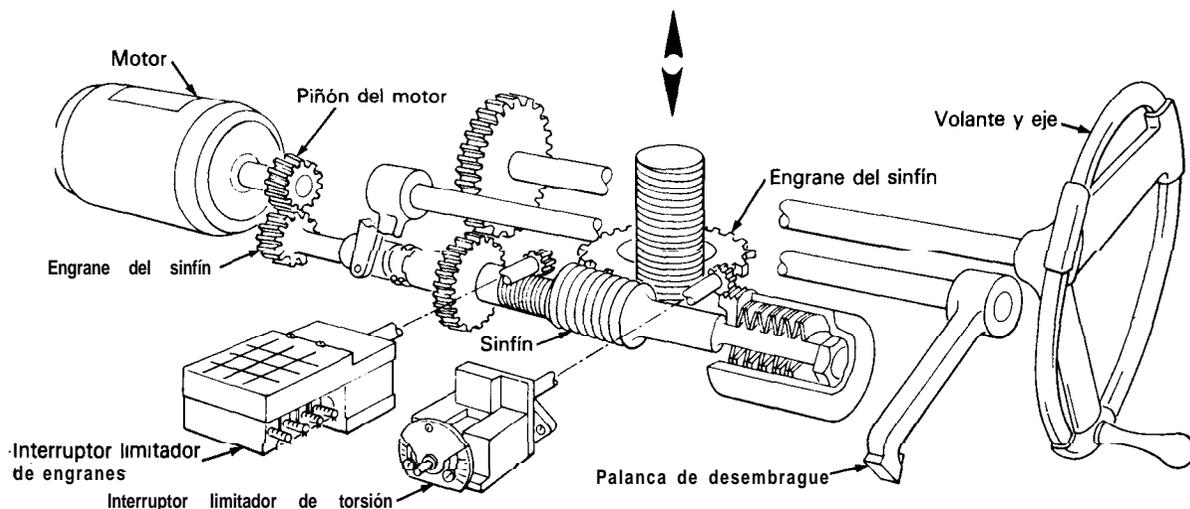


Fig. 1 Componentes de un actuador típico con motor eléctrico

Quizá se prefieran los actuadores hidráulicos porque los acumuladores para aire comprimido pueden almacenar suficiente energía para accionar una válvula en caso de falla de la corriente. Además, hay disponibles válvulas de control de velocidad para variar la de la carrera del vástago.

Para evitar "arrastré" de la válvula se necesitan pistón y válvulas de retención de sellamiento hermético en el actuador. Cualquier fuga en estos componentes puede ocasionar movimiento indeseable del vástago. Se debe tener cuidado para evitar fugas y pérdidas de líquido en el sistema hidráulico. Cuando se emplea control remoto eléctrico, el flujo de fluido en el actuador se controla con válvulas de solenoide, que necesitan buen mantenimiento para no producir un accionamiento en falso de la válvula principal.

Para servicio con válvulas para alta presión, se utiliza un sistema hidráulico de alta presión para que el pistón del actuador pueda ser de tamaño y costo razonables. Por ejemplo, una válvula de compuerta de 4 in para 600 lb debe tener un empuje de asentamiento de alrededor de 130 000 lb. En las mismas condiciones, una válvula de bola requiere una torsión (par) de unas 207 000 in-lb en el vástago de la bola.

Un posible problema con los actuadores hidráulicos es que no hay un método confiable para obtener el asentamiento con empuje controlado en las válvulas de compuerta. Si el sistema tiene suficiente reserva de potencia para abrir una válvula pegada, quizá se aplique esta misma fuerza cada vez que cierra la válvula y se dañará el asiento.

### Actuadores eléctricos

Los solenoides son actuadores eléctricos y constan de un núcleo de hierro blando que se mueve dentro de un campo eléctrico producido por una bobina que lo circunda. Se utilizan mucho para apertura y cierre en válvulas de globo pequeñas, en especial para cierre de emergen-

cia. Los solenoides tienen limitaciones económicas según sean su producción de potencia y longitud de recorrido.

El actuador con motor eléctrico y engranes es una buena selección por su gran adaptabilidad. En su forma más sencilla, consta de un motor eléctrico conectado por una caja de engranes con el vástago de la válvula (Fig. 1), pero hay tipos más complejos para casi todas las clases de trabajo.

Uno de los principales beneficios del actuador eléctrico es que se pueden equipar con un interruptor limitador de torsión que controla la intensidad de la fuerza para asentamiento para cierre hermético y, al mismo tiempo, protege las piezas de la válvula contra sobrecarga; el interruptor limitador de torsión se puede ajustar cuando cambian las condiciones del servicio.

Los actuadores tienen también interruptores limitadores de engranes para controlar la carrera del disco mientras abre y cierra, y también cuenta con luces indicadoras.

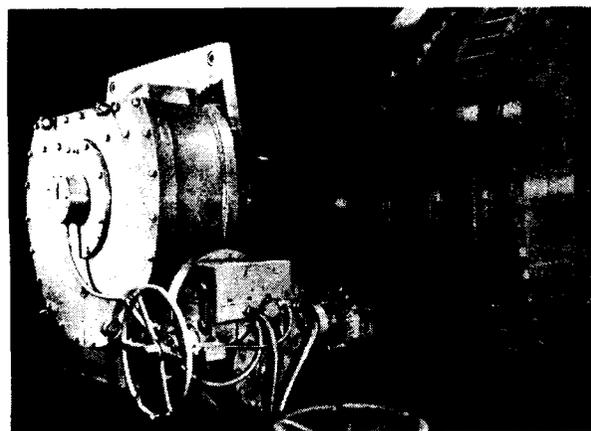


Fig. 2 Un motor eléctrico acciona una enorme válvula de mariposa en una red de distribución de agua

Todos los componentes eléctricos están alojados en cubiertas a prueba de intemperie, sumergibles o a prueba de explosión. La impulsión del motor se puede desacoplar con el volante para tener accionamiento manual.

Los motores están diseñados para servicio con actuadores de válvulas y suelen funcionar a 1 800 o 3 600 rpm. La carrera del vástago de la válvula varía entre 4 a 12 in/min en válvulas de globo y de 12 a 72 in/min en válvulas de compuerta. Las velocidades mayores de 30 in/min necesitan un freno del motor para absorber las fuerzas de inercia. Los actuadores típicos para válvulas de bola, macho y mariposa están proyectados para cerrar en 30 a 60 segundos.

Los actuadores eléctricos pueden resultar prácticos para válvulas de 3/4 a 1 in, para alta presión (mayor de 125 psi) y de 2 a 3 in en tuberías de baja presión; no existe un límite superior real. Hay actuadores comerciales con empujes hasta de 500 000 lb y torsiones de cierre de 60 000 ft-lb. En la figura 2 se muestra una instalación en una válvula de mariposa de 10 in, con un cuadrante de sinfín en la salida del actuador.

La experiencia ha demostrado que estos actuadores son de construcción fuerte y confiable. Una ventaja es que el tren de engranes se puede fijar por sí mismo en cualquier posición. Esto es importante porque las condiciones de flujo dinámico pueden producir un efecto de libre rotación o de "molino de viento" en las válvulas de bola,

macho y mariposa, y producir elevadas torsiones en el vástago de las válvulas de compuerta.

Con motores de inducción polifásicos, la velocidad de cierre es casi constante, pero la velocidad no se puede cambiar en un actuador ya instalado sin alterar las relaciones de engranes. Además, no hay forma de efectuar el cierre automático de la válvula en caso de interrupción de la corriente, si no se tiene un suministro auxiliar de corriente continua con acumuladores.

## Materiales de construcción

La selección de materiales para los mecanismos de actuadores de válvulas es importante para lograr la combinación requerida de resistencia y durabilidad necesarias para alta potencia de operación. Los materiales de empleo más común para válvulas y actuadores aparecen en la tabla 1.

Los engranes eficientes y precisos son críticos. El tren de engranes del actuador eléctrico de válvula consiste en un juego de engranes de reducción y una combinación de sinfín y engrane de sinfín. Los engranes helicoidales son de acero de aleación al cromo-molibdeno con tratamiento térmico, y después del endurecimiento final tienen suficiente capacidad para absorber los esfuerzos de alto impacto que ocurren al invertirlos durante la apertura y cierre de la válvula.

Tabla 1 | Tabla para selección de materiales

Componentes		Estándar, paso y corte	Modulación continua	Alto impacto (Marina)	Baja temperatura	Alta temperatura	Recipientes nucleares, Clase I
Cargas de empuje, piezas de cojinete, cubierta y sus tapas, adaptadores		Hierro fundido alta resistencia, clase 35		Hierro dúctil o acero fundido	Hierro dúctil	Hierro fundido alta resistencia, clase 35	Hierro fundido alta resistencia, clase 35
Engranes helicoidales		Acero de aleación con tratamiento térmico					
Sinfín		Acero de aleación, carburizado y endurecido o endurecido por inducción					
Engrane sinfín		Bronce de alta resistencia					
Eje de engrane de mando		Acero de aleación con tratamiento térmico					
Embrague y palanca de cambios		Acero al carbono o de aleación					
Componentes de control: interruptores limitadores de engranes y de torsión		Diseño estándar, choques moderados, piezas de plástico	Piezas de plástico especial resistentes a choques fuertes				
Motores	Aislamiento	Clase B	Clases B, F, H	Clase B	Clase H	Clase H	Clase H
	Construcción	Estándar	Estándar	Cubierta especial según se requiera	Estándar	Estándar	Estándar
	Servicio	15 o 30 min	Continuo				

Tabla II Grasas lubricantes para actuadores de válvulas

Jabón base	Propiedades básicas	Textura	Resistencia al agua	Temp. máx., servicio continuo	Resistencia al ablandamiento
Litio	Usos múltiples Altas y bajas temperaturas Buena estabilidad mecánica	Tersa	Buena	Punto de fusión 200°F; 300°F máx.	Buena a excelente
Complejo de calcio	Usos múltiples Buena estabilidad mecánica Alto punto de fusión	Tersa a mantecosa	Excelente	Punto de fusión 300°F; 400-500°F máx.	Buena a excelente
Migrogel; sin jabón	Usos múltiples Muy alta estabilidad mecánica Alto punto de fusión	Tersa	Excelente	Punto de fusión 350°F; 500°F o más, máx.	Buena a excelente

Los sinfines son de acero de aleación para carburizar, endurecer y formar las roscas; el engrane correlativo es de bronce fundido o forjado. Los otros componentes, como las piezas para accionamiento manual y el embrague automático, deben tener resistencias al esfuerzo cortante compatibles con las del tren de engranes.

Los materiales se deben seleccionar para larga duración. El actuador en una válvula de aislamiento puede estar sin funcionar durante años, pero expuesto a diversas temperaturas, presiones, humedades y atmósferas co-

rosivas. Luego, con sólo oprimir un botón en el cuarto de control deberá cerrar la válvula sin ningún tropiezo.

### Lubricación

Para una duración prolongada, casi sin atención, la mayor parte de los actuadores con motor eléctrico se lubrican con grasa. Se deben inspeccionar una o dos veces al año. Algunos fabricantes prefieren lubricación con aceite, en particular para servicios especiales. El aceite re-

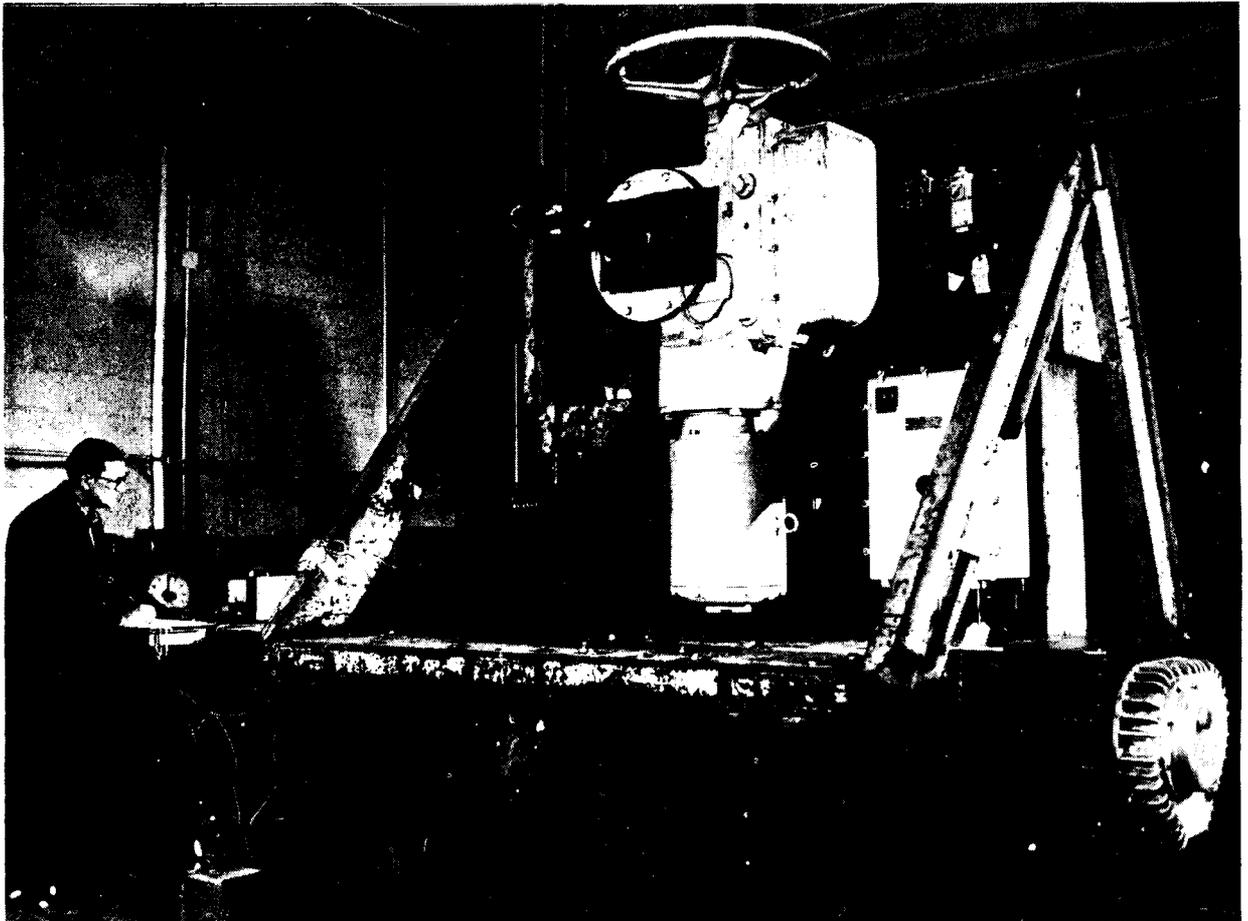


Fig. 3 Se utiliza equipo pesado en las pruebas de vibración



**Fig. 4** Los actuadores tienen otras aplicaciones, como ubicar las paletas en un tanque mezclador grande

quiere inspecciones más frecuentes para ver si hay fugas y el actuador debe estar instalado en determinada posición.

Las grasas lubricantes son desde semifluidas hasta sólidas, con base de petróleo o un material sintético a las que se agrega un agente espesador. La mayor parte contiene un jabón, mezclas de jabones o agentes gelatinizantes, también contiene aditivos para mejorar la resistencia al desgaste y la oxidación y trabajo de extrema presión (EP).

El lubricante no debe producir corrosión de cojinetes, ejes y otras piezas internas. No debe formar sedimentos por precipitación y ser estable a temperaturas mayores que la especificada. En la tabla II aparecen las propiedades de algunas grasas usuales. Se debe consultar con el fabricante para servicio severo a temperaturas bajas o altas.

## Pruebas

Hay tres tipos de pruebas de los actuadores eléctricos de válvulas que son de empleo muy amplio: prueba de choques y vibración, prueba de choque y aceleración y prueba en el ambiente.

La prueba de choque (especificación MIL-S-901C de la Marina) es muy estricta y a menudo requiere construcción especial del actuador; éste, junto con sus controles se monta en un probador especial y se golpea desde abajo con un martillo de 3 000 lb. Las fuerzas G se pueden variar según la posición del martillo. El actuador debe soportar hasta nueve golpes (18 para servicio en submarinos nucleares).

Las pruebas de vibración (Fig. 3) son de acuerdo con las especificaciones MSL-STD-167 o de diversos códigos. Suelen emplear un "barrido" de frecuencia para determinar la resonancia natural con una entrada de onda sinusoidal y estado estable. Va seguida de cierto número de ciclos de vibración a frecuencia natural o a 35 hertz.

La prueba en el ambiente para servicio nuclear es la "prueba de fuego" de muchos actuadores. En una variante, el motor se envejece por calor para simular 40 años de servicio. Luego, se pone todo el actuador en una cámara con vapor saturado durante 7 días, con una presión de 105 psig y temperaturas que pueden variar hasta 340°F. El actuador debe tener funcionamiento normal en los tiempos especificados para la prueba.

Las pruebas para cumplir con las especificaciones del usuario se han vuelto más comunes, porque los diseños cada vez más complicados hacen difícil extrapolar datos basados en la experiencia. Las instalaciones pueden ser muy complejas para simular condiciones especiales de carga y ambientales; requieren mucho tiempo y son costosas.

## Aplicaciones especiales

Los actuadores eléctricos de válvulas se pueden utilizar como servomecanismos electromecánicos. Se pueden adaptar muchos componentes de estado sólido para el control del punto de referencia o para servicios con modulación. Por ejemplo, la salida de un controlador de proceso puede excitar a un motor con devanado en derivación, que equilibra el impulso de retroalimentación de posición del actuador contra la señal del controlador.

Los actuadores pueden ser de construcción especial para resolver problemas determinados. En un caso, todos los componentes se instalaron en una cubierta de sólo 10.5 in de anchura, con destino a la Marina, para accionar las válvulas de los múltiples de combustible para aviones "jet", en donde sólo había un espacio disponible de 12 in entre los vástagos de las válvulas. Se produjeron actuadores especiales herméticos, a prueba de explosiones para buques-tanque petroleros. Con este sistema de control remoto, un solo operario puede descargar 650 000 barriles de 21 tanques en menos de 18 h.

Asimismo, los actuadores eléctricos se pueden emplear en cualquier situación en que se necesiten torsión o empuje controlados. En la figura 4 se ilustra una aplicación poco usual con un actuador de gran tamaño montado encima de un tanque mezclador para efectuar la colocación automática de las paletas mezcladoras en el tanque.

## Los autores



**Edward F. Lawson es** gerente de ventas de Limitorque Corp. (afiliada de Philadelphia Gear Corp.), King of Prussia, Pa 19046, en donde trabaja desde hace muchos años; antes fue ingeniero de ventas de Philadelphia Gear. Se graduó como maquinista naval en la U.S. Merchant Marine Academy, fue maquinista en barcos mercantes y estuvo tres años en la Marina.



**Walter J. Denkowski es** ingeniero jefe de Limitorque Corp. Nació en Polonia y obtuvo su título de ingeniero en la Universidad Politécnica de Varsovia. Empezó a trabajar en Estados Unidos como diseñador de locomotoras diesel en Baldwin Locomotive Works. Después ingresó a Philadelphia Gear en donde participó en el perfeccionamiento de tres líneas de actuadores de válvulas patentados.



# Indice

- Actuadores, 172-174, 187-188
  - eléctricos, 171-172, 174
  - electrohidráulicos, 174
  - hidráulicos, 174
  - mecánicos, 270-275
  - motorizados, 270-275
  - de pistón, 172-173
- Bombas de velocidad variable o válvulas de control, 189-193
- Caida de presión en válvulas de control de líquidos 234-244
- Capacidades:
  - de presión, 8
  - para temperatura, 8
- Cavitación, 170-172
- Coefficientes de capacidad de válvulas, 151-153
- Construcción de las válvulas, 14-25
  - materiales para, 7-8
- Control de ruido, 171-173, 200-215
- Costos, 24-25
- Discos de ruptura, 84-86
  - para bajas presiones de reventamiento, 141-145
  - para gases y líquidos, 139-140
- Diseño de equipo para transferencia y eliminación 100-101
- Dispositivos para desahogo (alivio) de presión, 81-88, 89-93
- Equipos para transferencia o eliminación, 93-95
- Estoperos, 60-61
- Fluidos de proceso, válvulas de mariposa para, 66-69
- Flujo en válvulas de control, predicción de, 230-237
- Funcionamiento, 57-61
- Gases:
  - discos de ruptura para, 139
  - válvulas de control para, 216-221
- Industrias de procesos químicos (IPQ), válvulas para, 28-37
- Instalación, 54-57
- Líquidos:
  - válvulas de control para, 222-229
  - discos de ruptura para, 253
- Machos para válvulas, 149- 150
- Mantenimiento, 61-62
- Material para empaquetaduras, 8-11
- Materiales de construcción, 7-8
- Motores, 187-188
- Plantas de proceso:
  - válvulas de control en, 149-158
  - válvulas de desahogo de presión para, 102-110

- Protección contra explosiones, 99- 100
- Reacondicionamiento, 63-65
- Reducción de presiones, II 1- 117
- Rendimiento de válvulas de control en la tubería 194-199
- Respiración (venteo) de tanques, 84, 86, 86-87
- Sellos anulares ("0" ring) 61  
elastoméricos, 57
- Sensores para desahogo (alivio) de presión, 89-93
- Servicio con o sin flujo, 250-253  
de modulación de flujo, 253-256
- Sistemas para desahogo de presión, 89-101
- Tubería:  
de entrada y salida para válvulas de desahogo (alivio), 132-137  
material para, 5
- Ubicadores (posicionadores), 188  
de válvulas, 174-175
- Válvulas:  
de abrazadera, 19-21  
de aguja, 19-20, 46, 52-53  
en servicio de modulación de flujo, 255  
de alto rendimiento 39-43  
de ángulo, 7, 9, 13, 19-20, 46  
en servicio de modulación de flujo, 254  
de bloqueo (cierre), 250  
de bola, 6, 9, 13, 19-20, 42, 46, 58-64  
para la IPQ 34-35  
y jaula, 49-50  
en servicio con corte y flujo, 252  
de cierre de tuberías, 74-78  
de compuerta, 6, 9, 13, 15-18, 41, 46-47, 58  
para la IPQ 29-31  
en servicio con o sin flujo, 250-251  
de control:  
no automáticas, 247-261  
o bombas de velocidad variable, 189-193  
caída de presión en, estimación de, 238-244  
con cuerpo de globo, 45  
de fluido de líquidos, 164-165  
para gas y vapor, 216-221  
glosario, 183  
instalación, mantenimiento y detección de fallas, 177-180  
para líquidos, 222-229  
mejoramiento del rendimiento en la tubería, 194-199  
en plantas de proceso, 149-158  
predicción del flujo en, 230-237  
para reducción de vibraciones, 208-2 15  
corredizas, 13, 21
- de desahogo:  
dimensionamiento de, 118-126  
de presión, 51-53  
para plantas de proceso, 102-110  
en servicio con cloro, 83-84  
tipo atmosférico, 84-87  
tuberías de entrada y salida para, 132, 137  
de descarga, 227  
de diafragma, 10-12, 21, 41, 59-60  
para la IPQ 36  
en servicio de modulación de flujo, 255  
de drenaje, 250  
tipo de ariete, 21-22  
equilibradas, 52-53  
especiales, 24-25  
flexibles, 255-256  
de flujo unidireccionales, 258-259  
de globo, 6, 9, 13, 16-18, 41-42, 44-45, 46, 58  
para la IPQ 35-36  
en servicio de modulación de flujo, 254  
horizontales de retención, 23, 258-259  
de laberinto, 256  
de macho, 6, 9, 10, 13, 18-20, 41, 46, 48-49, 59  
para la IPQ 31-34  
en servicio con o sin flujo, 251-252  
de mariposa, 6, 7, 10, 13, 17-19, 42, 46, 47-48, 59-60  
para fluidos de proceso, 66-69  
para la IPQ 35-36  
en servicio de modulación de flujo, 256  
para muestreo, 250  
Strahman, 252-253  
de operación manual, 247-261  
operadas por piloto, 83-86  
de pie, 257  
de purga, 250  
de respiración ("venteo") 250  
de retención (check), 10, 13, 22-23, 46, 50-51, 60, 256-259  
de bisagra, 258  
de bola, 23-24, 29  
de disco dividido, 257-258  
para la IPQ 36-37  
de mariposa, 24  
de pistón, 24  
modificadas, 71-72  
restringidas, 257  
de seguridad, 82-85  
de boquilla parcial, 84  
mal funcionamiento de, 128- 13 1  
operadas por piloto, 84, 86  
para tanques con fondo plano, 21  
en Y, 6-7, 13, 22  
en servicio de modulación de flujo, 255  
Vapores, válvulas de control para, 216-221  
Vibración, válvulas de control para reducción de, 208-215



29984

## OTROS TÍTULOS EN ESTA SERIE

Por las décadas de experiencia y la excelente cobertura de las industrias de procesos químicos, se ha publicado la obra **BOMBAS, selección, uso y mantenimiento**, que incluye una amplísima información práctica para la selección, instalación y operación de bombas. Está redactado para ingenieros y técnicos de diversas ramas, y ofrece consejos prácticos para todos los aspectos de selección, aplicaciones y mantenimiento de bombas.

**COMPRESORES, selección, uso y mantenimiento**, que es el tercero de esta serie, ofrece asesoramiento práctico para seleccionar, instalar, operar y calcular costos de este importante componente de los equipos de proceso. Además de los compresores se describen en detalle las turbinas de vapor y de gas, ventiladores y sopladores. En sus páginas, todos los interesados en diseño, proceso de planta, operación y mantenimiento encontrarán datos muy útiles para obtener eficiencia en costo y en energía en la operación cotidiana del equipo.

**FLUJO DE FLUIDOS** es el resultado de más de 40 años de experiencia e investigación de la compañía CRANE, líder indiscutible en este vasto campo.

Ahora McGraw-Hill pone en sus manos este práctico manual en donde encontrará:

- \* Cómo resolver cualquier tipo de problema que se le presente en el flujo de fluidos, incluso los más complicados.
- \* Los datos necesarios para que seleccione y utilice las válvulas, accesorios y tuberías más adecuados para el transporte de un fluido.
- \* La libertad para diseñar su equipo en el sistema de unidades que más le convenga ya que contiene tanto el sistema inglés como el sistema internacional de unidades.
- \* Los datos más actuales sobre flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías que se obtuvieron y probaron en experimentos cuidadosamente llevados a cabo en los laboratorios de CRANE CO.
- \* Cientos de tablas, fórmulas y nomogramas que podrá consultar continuamente sin pérdida de tiempo y que le ayudarán a solucionar un problema con prontitud y eficiencia.
- \* Una amplia bibliografía.

Y la experiencia adquirida a lo largo de muchos años de esfuerzo y trabajo de los ingenieros de la compañía líder en flujo de fluidos.