

3006 (7)

15

2ej



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA

Incorporada a la U. N. A. M.

**CRITERIOS PARA SELECCION Y APLICACION INDUSTRIAL
DE LAS VALVULAS DE CONTROL AUTOMATICAS**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
(AREA PRINCIPAL EN ELECTRONICA)

P R E S E N T A

VELIA MARIA HERRERA VIGUERAS

MEXICO, D. F.

1987

**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

INTRODUCCION	1
CAPITULO I VALVULAS DE CONTROL Y SU APLICACION EN PROCESOS INDUSTRIALES.	3
CAPITULO II PARTES QUE INTEGRAN A UNA VALVULA DE CONTROL.	18
CAPITULO III TIPOS DE VALVULAS DE CONTROL.	69
a) BOLA.	
b) GLOBO.	
c) MARIPOSA.	
CAPITULO IV PERTURBACIONES.	90
a) FLASHEO Y CAVITACION.	
b) RUIDO.	
c) CORROSION.	
CAPITULO V MATERIALES EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCION DE VALVULAS DE CONTROL.	134
CAPITULO VI CALCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE VALVULAS DE CONTROL.	156
a) LIQUIDO.	
b) GASES.	
c) VAPOR.	
d) MEZCLAS: LIQUIDO/GAS. LIQUIDO/VAPOR.	
CONCLUSIONES.	216
BIBLIOGRAFIA.	218

APENDICE A. TABLAS Y GRAFICAS DEL CATALOGO 10 DE FISHER.	221
APENDICE B. TABLAS DE COEFICIENTES DE FLUJO Y CONSTANTES FISICAS.	231

INTRODUCCION

Todo esfuerzo humano tiene como finalidad, el logro de un fruto, que no sólo dé sentido al esfuerzo realizado, sino que proyecte e imprima trascendencia al trabajo que se ha emprendido.

La elaboración de este trabajo está fundamentado en la formación profesional adquirida en la Universidad; así como en la investigación documental. Aplicadas ambas al tema que lleva por título: **"CRITERIOS PARA SELECCION Y APLICACION INDUSTRIAL DE LAS VALVULAS DE CONTROL AUTOMATICAS"**, con el propósito de comentarlo en el exámen profesional para obtener el título de Ingeniero Mecánico Electricista; - presento a la consideración de los catedráticos de la escuela de Ingeniería de la Universidad La Salle.

Me ocupo en el desarrollo de este tema, debido a la importancia que tiene el uso de las válvulas de control en las plantas más grandes y complicadas de nuestro país. Estas descansan en la instrumentación, la que constituye los nervios y el cerebro de los modernos procesos industriales, para controlar la calidad del producto y mantener dentro del proceso las condiciones requeridas para una operación segura y eficiente.

La utilización de la instrumentación reditúa beneficios económicos, no solamente porque ahorra trabajo, sino también porque a través de un control más preciso y rápido se mejora la calidad del producto, se reducen desperdicios y se permite que el proceso sea operado en su punto de mayor eficiencia; y no menos importante, es la contribución que la instrumentación del proceso hace del confort y dignidad de aquellos que trabajan en la industria, ya que los libera de muchas de las tareas más arduas y peligrosas.

La investigación se basa en los siguientes tipos de válvulas de control tipo bola, globo y mariposa, actuadores y posicionadores, así como en el cálculo y selección de las válvulas de control. Estos elementos finales de control pueden ser considerados los músculos de un sistema de control automático, dado que los mismos proporcionan la energía necesaria para mantener su función de control de fluidos, a partir de un bajo nivel de energía proveniente del controlador.

Dichos elementos son los que reciben menos atención técnica a pesar de estar sujetos a severas condiciones de temperatura, presión, corrosión y contaminación, sin embargo cumplen satisfactoriamente su función de manipulación de los fluidos de procesos.

**CAPITULO 1 VALVULAS DE CONTROL Y SU APLICACION EN
PROCESOS INDUSTRIALES.**

En todos los procesos industriales modernos uno de los elementos finales de control es una *válvula*. Este elemento final desempeña un papel importante en las operaciones de automatización que se llevan a cabo, ya que de ellas depende la correcta distribución y control de fluidos.

Una *válvula de control*, es un dispositivo el cual puede regular un fluido que pasa a través de ella, esto es, lo puede dejar pasar totalmente (de acuerdo a la capacidad de la *válvula*) o bloquear totalmente (flujo cero).

Esta operación se efectúa gradualmente, es decir, que no se pasa de flujo cero a flujo total o inversamente en un tiempo cero, sino que existe un tiempo finito.

La capacidad de la *válvula de control* depende del tamaño del orificio (puerto). El rango de actualización por lo regular es de 3 a 15 psi de aire. Cuando la señal es de 3 psi, la *válvula* está totalmente abierta y cuando la señal es de 15 psi, la *válvula* está completamente cerrada (flujo cero), siempre y cuando sea acción directa y acción inversa cuando suceda lo contrario.

Existe otra fuerza presente que puede estar a favor o en contra de la carrera (para cerrar o abrir), ésta es la caída de presión a través del cuerpo, debido a la contracción violenta del fluido al pa

sar. Entonces se puede decir que las fuerzas ya mencionadas actúan contra el movimiento del tapón y son: **la fuerza del resorte, fricción en el estopero y la caída de presión**, que determinan el tamaño del **actuador**, para que se produzca la suficiente fuerza. También será importante el rango de señalización al diafragma.

CARACTERISTICAS DE FLUJO EN VALVULAS DE CONTROL.

Las características de flujo de una válvula de control es la relación que existe entre la razón de flujo a través de la válvula y la carrera de dicha válvula, cuando ésta es variable de 0 a 100%, es decir, es la relación entre la capacidad de la válvula y el porcentaje de flujo que pasa por ella.

Las distintas relaciones entre el porcentaje de flujo y de la apertura, dependen de la forma del cuerpo de la válvula (globo, bola, mariposa, etc.), de la forma del tapón y del asiento.

Bajo el término de característica se cubren dos cosas, cuando se considera a la válvula como un elemento aislado conociéndosele a este comportamiento como característica inherente que depende únicamente del diseño de los interiores de la válvula. Esta característica teórica, que se logra con una caída de presión constante y es muy difícil lograrla en una aplicación real.

Las características modificadas, que en muchas ocasiones dependen del proveedor proporcionando dispositivos que satisfagan características específicas que cubran las necesidades de cada proceso.

CARACTERISTICA INSTALADA.

Esta es la que se obtiene cuando la válvula ya está instalada y trabajando normalmente. Entonces se puede decir que es la característica real.

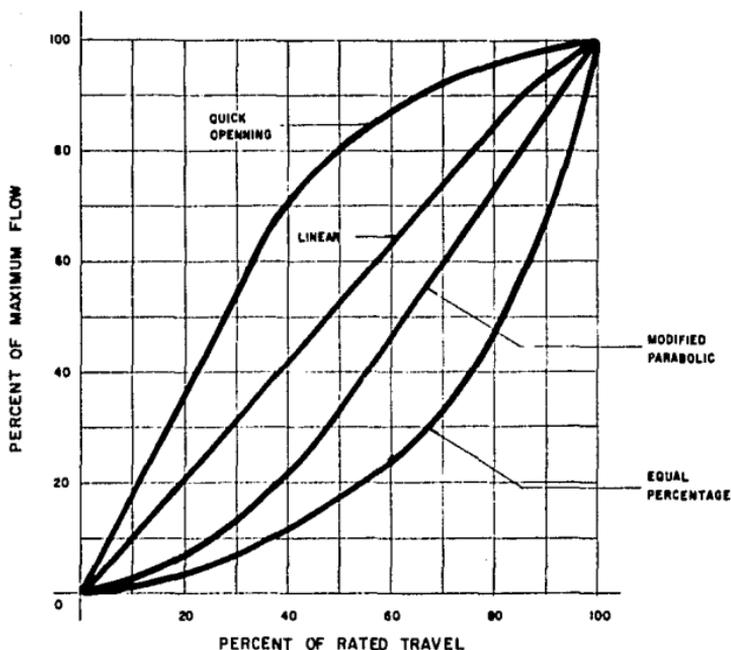
El propósito de caracterizar las válvulas de control es el de suministrar una estabilidad relativamente del circuito de control en todo el rango esperado de las condiciones de operación del sistema.

Se debe mencionar que para seleccionar una de las características de flujo comerciales, se requiere efectuar un análisis dinámico del circuito de control, incluyendo al proceso, lo cual es una situación laboriosa y en ocasiones difícil, pues en ocasiones hay que efectuar ciertas consideraciones prácticas, en base a la experiencia.

Afortunadamente ya se tiene este trabajo efectuado en los procesos más comunes, lo cual permite establecer guías de selección útiles, teniéndose básicamente cuatro características de flujo:

1. *Apertura Rápida.*
2. *Lineal.*
3. *Igual Porcentaje.*
4. *Parabólica Modificada.*

La siguiente gráfica muestra las curvas representativas de las características de flujo:



CARACTERISTICA DE FLUJO DE APERTURA RÁPIDA.

En la apertura rápida, se observa que en bajos porcentajes de carrera, la curva es muy lineal y con una pendiente alta, esto es entre 0 y 90% de carrera, su variación es pequeña en flujo, es decir, permite grandes flujos desde el principio de la carrera del vástago. Como se puede ver en la gráfica anterior es posible tener un 70% del flujo con solo el 40% de la apertura de la válvula.

Su aplicación es muy útil en servicios de dos posiciones (abierto o cerrado) y donde se requiera rápidamente el flujo cuando la válvula empieza a abrir.

No es común asignarle una definición matemática a esta característica. Su comportamiento es aproximadamente lineal en un 25% del viaje del tapón desde que éste se encuentra cerrado y en este intervalo se maneja del 60 al 70% del flujo total. Por lo tanto si se usa en este rango se puede considerar lineal.

CARACTERISTICA DE FLUJO LINEAL.

La curva de la característica lineal muestra que la razón de flujo es proporcional a la carrera de la válvula. Esta característica muestra por supuesto una pendiente constante, la ganancia es la misma para todos los flujos.

Este tipo de características puede ser empleada en control de nivel de líquidos o algunos de flujo, que requieran ganancia constante.

CARACTERISTICA DE FLUJO IGUAL PORCENTAJE.

La característica de igual porcentaje, es parecida a una exponencial y se observa que para incrementos en porcentajes de posición cerca del 0% (bajos), y para incrementos en porcentajes de posición tendientes al 100%, el cambio en porcentaje de flujo es mayor, es decir, los incrementos iguales en la posición de la válvula, producen iguales cambios de porcentaje de flujo. Esto es, que cuando el tapón de la válvula se está moviendo cerca del asiento del puerto, hay poca sensibilidad en la variación del flujo (en %) y cuando el tapón está más alejado del asiento, la sensibilidad se incrementa.

Esta característica de flujo, por lo regular se usa en control de presión y en otras aplicaciones, en donde un gran porcentaje de la caída de presión es normalmente absorbida por el sistema mismo y un pequeño porcentaje en la válvula.

CARACTERISTICA DE FLUJO PARABOLICA MODIFICADA.

La característica de flujo parabólica modificada, está entre la lineal e igual porcentaje. En ciertas situaciones se puede sustituir ésta por la de igual porcentaje, con algún sacrificio en su comportamiento. Esta característica no es comunmente utilizada.

GANANCIA.

La ganancia de una válvula es la relación entre un cambio incremental de flujo y apertura. En la gráfica anterior se puede observar que la ganancia no es constante, pues la pendiente es variable excepto en la característica de flujo lineal.

RANGEABILIDAD.

El término rangeabilidad es ampliamente utilizado para describir el rango de flujo que podrá ser controlado por una válvula.

Por definición la rangeabilidad es la relación del flujo máximo y el mínimo controlable; dicho de otra manera, es el rango de flujo a través del cual se conserva una característica inherente en particular.

FUGAS.

La cantidad de fugas en una válvula de control tiene un significado especial para el usuario; ya que estas pueden provocar problemas muy serios, como:

- Las fugas pueden ser una pérdida de material en caso de que la válvula de control fuge al exterior.
- Las fugas pueden contaminar a otros sistemas.
- Las fugas pueden causar problemas ambientales, tales como la contaminación o bien pueden causar la corrosión de un determinado equipo o simplemente la tubería en donde esta instalada dicha válvula.

Por ello es importante evaluar que cantidad de fugas puede ser permitida para ciertas aplicaciones, ya que el control de fugas aumenta el costo de la válvula. Dichas fugas normalmente son especificadas como un tanto por ciento del coeficiente de flujo de la válvula.

ANSI-B16.104 1976	FUGAS MAXIMAS			MEDIO DE PRUEBA	PRESION Y TEMPERATURA	
CLASE II	0.5% DE LA CAPACIDAD DE LA VALVULA A CARRERA TOTAL			AIRE	SERVICIO ΔP ó 50 PSID (ó CUALQUIER VALOR MENOR A ESTE), A 50°-125°F (10° A 52°C)	
CLASE III	0.1% DE LA CAPACIDAD DE LA VALVULA A CARRERA TOTAL			AIRE	SERVICIO ΔP ó 50 PSID (ó CUALQUIER VALOR MENOR A ESTE), A 50°-125°F (10° A 52°C)	
CLASE IV	0.01% DE LA CAPACIDAD DE LA VALVULA A CARRERA TOTAL			AIRE	SERVICIO ΔP ó 50 PSID (ó CUALQUIER VALOR MENOR A ESTE), A 50°-125°F (10° A 52°C)	
CLASE V	0.0005 ML/MIN/PSID/IN DE DIAM. DE PUERTO			AGUA	ΔP MAX. QUE NO EXCEDA EL LIBRAJE DEL CUERPO DE LA VALVULA A 50°-125°F (10°-52°C)	
CLASE VI	DIAM NOMINAL DEL PUERTO		BURBUJA POR MINUTO	ML. POR MINUTO	AIRE	SERVICIO ΔP ó 50 PSID (ó CUALQUIER VALOR MENOR A ESTE), A 50°-125°F (10° A 52°C)
	PULG.	MM.				
	1	25	1	0.15		
	1-1/2	38	2	0.30		
	2	51	3	0.45		
	2-1/2	64	4	0.60		
	3	76	6	0.90		
	4	102	11	1.70		
6	152	27	4.00			
8	203	45	6.75			

SISTEMAS DE CONTROL DE PRESION	
APLICACION	CARACTERISTICAS
LIQUIDOS DE PROCESO	IGUAL PORCENTAJE
PARA GAS, VOLUMENES PEQUEÑOS, MENOS DE 10 PIES DE TUBERIA ENTRE LA VALVULA DE CONTROL Y LA VALVULA DE CARGA	IGUAL PORCENTAJE
PARA GAS, VOLUMENES GRANDES/CUANDO EL SISTEMA TIENE UN RECEPTOR, SISTEMA DE DISTRIBUCION O LINEA DE TRANSMISION QUE EXCEDAN DE 100 PIES DE VOLUMEN EN TUBERIA NOMINAL. CUANDO LA ΔP DISMINUYE CON INCREMENTOS DE CARGA, CUANDO LA ΔP A MAXIMA CARGA $> 20\%$ DE LA ΔP A MINIMA CARGA	LINEAL
PARA GAS, VOLUMENES GRANDES, CUANDO DISMINUYE LA ΔP CON INCREMENTOS DE CARGA, O CUANDO LA ΔP A MAXIMA CARGA $< 20\%$ DE LA ΔP A MINIMA CARGA	IGUAL PORCENTAJE

SISTEMAS DE CONTROL DE FLUJO			
SEÑAL DE ELEMENTO DE FLUJO AL CONTROLADOR	LOCALIZACION DE LA VALVULA DE CONTROL CON RELACION AL ELEMENTO DE MEDICION	CARACTERISTICAS	
		AMPLIO RANGO DEL PUNTO DE AJUSTE EN EL FLUJO	RANGOS PEQUEÑOS DE FLUJO, PERO CON GRANDES CAMBIOS EN LA AP CON INCREMENTOS DE CARGA
PROPORCIONAL AL FLUJO	EN SERIE EN BY-PASS *	LINEAL LINEAL	IGUAL PORCENTAJE IGUAL PORCENTAJE
PROPORCIONAL AL CUADRADO DEL FLUJO	EN SERIE EN BY-PASS *	LINEAL IGUAL PORCENTAJE	IGUAL PORCENTAJE IGUAL PORCENTAJE
* CUANDO LA VALVULA DE CONTROL CIERRA, EL VALOR DEL FLUIDO AUMENTA EN EL ELEMENTO DE MEDICION.			

SISTEMAS DE NIVEL(LIQUIDOS)	
DESCRIPCION	CARACTERISTICAS
CUANDO ΔP ES CONSTANTE	LINEAL
CUANDO ΔP DISMINUYE CON INCREMENTOS DE CARGA, CUANDO LA ΔP A MAXIMA CARGA $> 20\%$ DE LA ΔP A MINIMA CARGA	LINEAL
CUANDO LA ΔP DISMINUYE CON INCREMENTOS DE CARGA, CUANDO LA ΔP A MINIMA CARGA $< 20\%$ DE LA ΔP A MINIMA CARGA	IGUAL PORCENTAJE
CUANDO LA ΔP AUMENTA CON INCREMENTOS DE CARGA, CUANDO LA ΔP A MAXIMA CARGA $< 200\%$ DE LA ΔP A MINIMA CARGA	LINEAL
CUANDO LA ΔP AUMENTA CON INCREMENTOS DE CARGA, CUANDO LA ΔP A MAXIMA CARGA $> 200\%$ DE LA ΔP A MINIMA CARGA	APERTURA RAPIDA

APLICACIONES.

Existe una gran variedad de válvulas, las cuáles tienen distintas aplicaciones en los procesos industriales.

Por ejemplo existen las válvulas para el control de pequeños flujos. Estas válvulas son usadas en laboratorios o en procesos industriales donde se requiere el control de pequeños flujos cuando se tienen moderadas caldas de presión.

Las válvulas usadas en procesos criogénicos que operan a temperaturas menores de -150°F , las cuales generalmente están manejando gases extremadamente fríos y gases licuados.

Otro tipo son las válvulas de seguridad que sirven para desalajar el exceso de presión en sistemas de tuberías y equipos tales como:

CALDERAS.

AUTOCLAVES.

COMPRESORES.

GENERADORES DE VAPOR.

RECIPIENTES DE AIRE A PRESIÓN.

CARROS TANQUE QUE TRANSPORTAN GASES.

SERVICIOS DE AIRE O GAS.

En estaciones de filtración o tratamiento de aguas, plantas de destilación de alcohol.

Cuando se tiene una gran cantidad de soluciones corrosivas y productos químicos bajo condiciones específicas de temperatura y caídas de presión, existen las válvulas saunders.

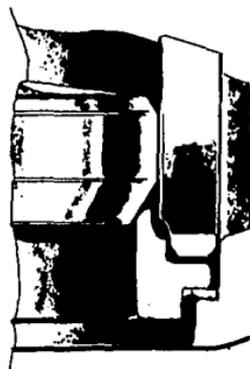
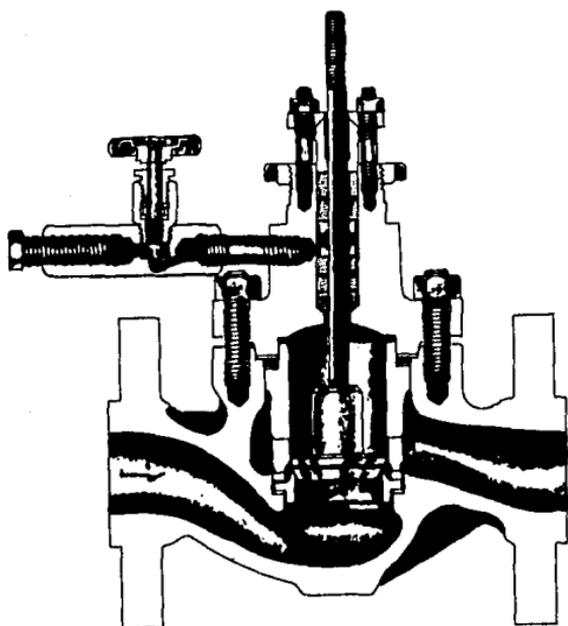
En las industrias de pulpa y papel, son muy usadas las válvulas tipo bola cuyo desempeño suministra una acción de autolimpieza, cierre hermético, amplia relación de flujos y un control preciso del flujo.

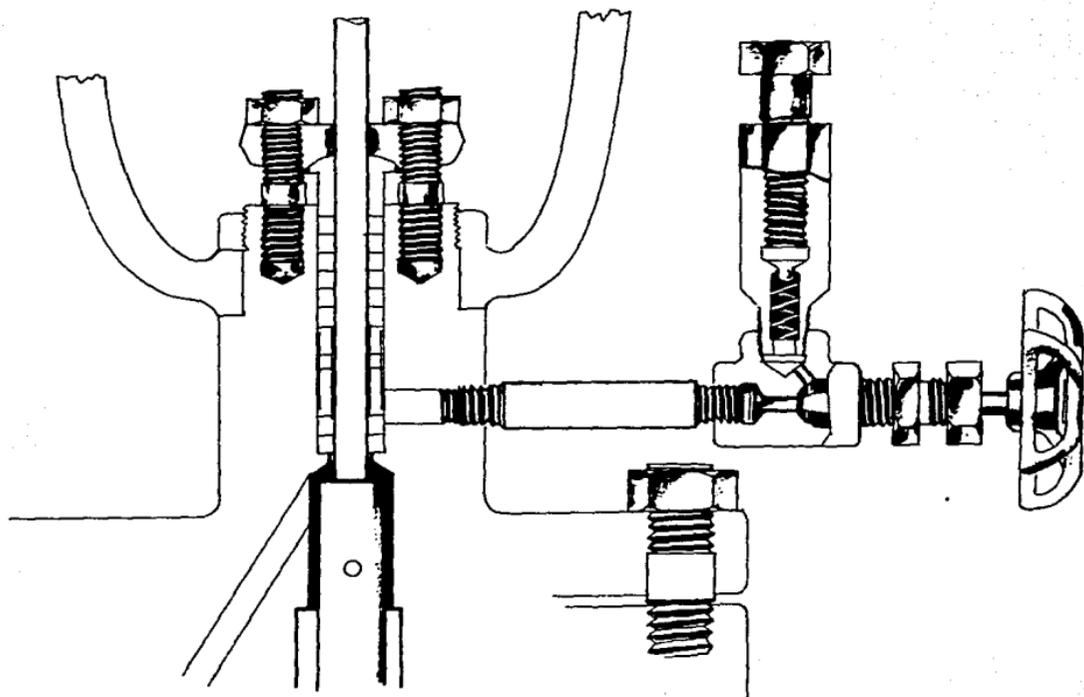
**CAPITULO II PARTES QUE INTEGRAN A UNA VALVULA
DE CONTROL.**



Una válvula de control como ya se dijo anteriormente, es un orificio variable para regular el fluido de acuerdo con los requerimientos de un proceso determinado.

Una válvula de control consta de dos partes fundamentales: el CUERPO y el ACTUADOR. En la siguiente figura se tiene el esquema de un tipo de válvula que nos puede servir de base y punto de partida para analizar otras válvulas; no es precisamente útil en todas las aplicaciones pero proporciona un panorama bueno, respecto a su funcionamiento.





ENSAMBLE DE LA CAJA DE EMPAQUE CON LUBRICADOR Y VALVULA DE AISLAMIENTO.

El cuerpo de la válvula es una cubierta para las partes internas, con conexiones de entrada y salida del flujo, existiendo varios tipos.

El cuerpo de la válvula se compone de las siguientes partes:

El **bonete** que esta constituido por un conjunto de piezas que incluyen el **vástago del tapón** y sirve para evitar fugas del fluido. Consta principalmente de: empaques, guía, resorte, brida, perno de la brida, anillo, tuerca de la brida y el anillo de fieltro.

El **bonete** es la parte del cuerpo de la válvula a través del cual se mueve el **vástago del tapón** y sirve también para montar el **actuador**.

El **bonete** de la válvula se une al **cuerpo** en tres maneras diferentes: **roscado**, **bridado** e **integral**. Además contiene al **estopero**, el cual proporciona un sello contra el fluido que maneja la válvula.

Aunque no es muy frecuente encontrar **bonetes** del tipo **integral**, esta aplicación será posible para presiones muy altas que no fuera posible manejarlos con una instalación **bridada** del **bonete**.

La conexión **bridada** proporciona un buen sello, pues la fuerza que ejercen los birlos sobre la cara de la brida es grande, ya que existen realmente tres empaques de la brida, teniendo por ese motivo un buen sellado, evitando así que el fluido escape.

En la conexión *roscada* se inserta la rosca macho inferior en la rosca hembra superior del cuerpo de la válvula, notándose que esta conexión es más débil con respecto a la conexión *bridada*, ya que es menor su capacidad de sello, por lo tanto se tendrá que manejar presiones y temperaturas más bajas.

El material del *bonete*, llega a adquirir la misma temperatura del material del cuerpo de la válvula, en condiciones estacionarias. Esto trae como consecuencia que esa temperatura (alta o baja) la adquiera el *estopero* (anillos de empaque), por el cual se permite el movimiento del *vástago* del cuerpo de la válvula y sello del fluido que maneje este.

Al someterse, el *estopero* a variaciones de temperatura, el material de dicho empaque se somete a expansiones o contracciones. La temperatura puede ser tan alta que los *anillos* se dilatarían de tal forma que el espacio entre el *vástago* y *sellos* aumentaría causando fugas, y si la temperatura se mantuviera constante, la fuga sería constante. En el caso contrario, si la temperatura disminuyera, los *anillos de empaque* tenderían a contraerse y esto traería como consecuencia mayor fricción al *vástago* del cuerpo.

De acuerdo con este análisis se hace necesario evitar los esfuerzos que se aplican al *estopero* por causas de la temperatura.

Esta protección se puede lograr a través del bonete, existiendo varios tipos diseñados a ciertos rangos de temperatura para protección al estopero.

A continuación se presentan las características de los diferentes tipos de bonetes y sus aplicaciones de acuerdo con el rango de temperatura.

ESPECIFICACIONES DE BONETES.

- I. **BONETE PLANO.**
Rango de temperatura: 0 a -450°F.

- II. **ESTILO No. 1 (Extensión de fundición).**
Rango de temperatura: -50 a 0°F.
Se puede usar estopero de Teflón, como estandar.

- III. **ESTILO No. 2 (Extensión de fundición).**
Rango de temperatura: -150 a 50°F.
Se puede usar estopero de Teflón, como estandar.

IV. ESTILO No. 3 (Fabricado bajo orden, para una longitud específica).

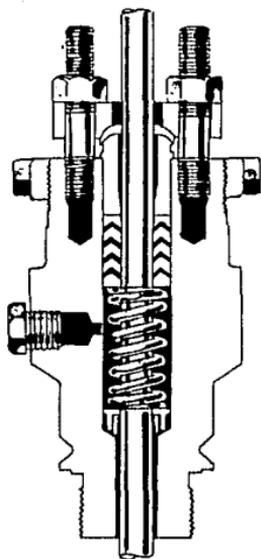
Rango de temperatura: Para servicios criogénicos y en temperaturas abajo de -150°F .

Se puede usar empaque de Teflón, como estandar.

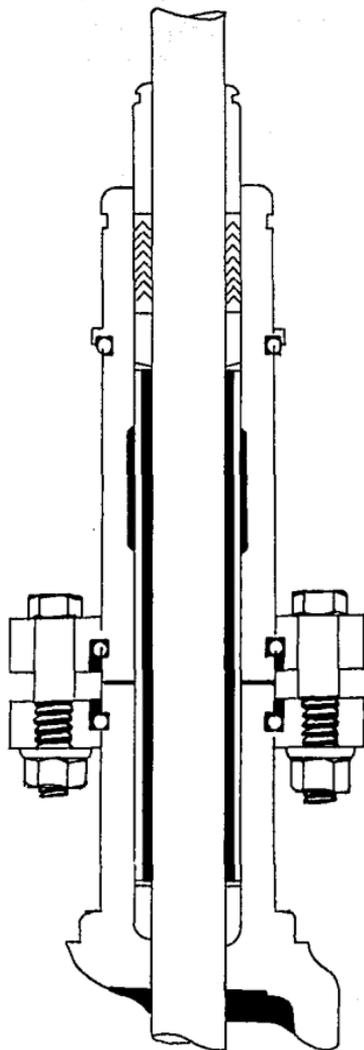
V. CON FUELLE DE SELLO.

- Contiene doble fuelle de acero inoxidable.
- Evita fuga totalmente.
- Temperaturas hasta 1000°F .

El bonete plano, cuyo rango esta dentro de las condiciones normales, puesto que si se observa el empaque de teflón puede trabajar en un rango de -40° a 450°F , y no habría problemas operativos, ahora si rebasará este rango y de cualquier forma se utilizará el bonete plano estandar o normal se tendría que utilizar un tipo de estopero más resistente.



BONETE PLANO.



BONETE DE EXTENSION.

El **bonete de extensión** es para temperaturas más altas que 450°F, en la cara exterior se colocan aletas rodeando al **bonete**, con buena conductividad térmica. Estas aletas están en contacto directo con el aire circundante y se efectúa una transferencia directa de calor, y así la alta temperatura no llega hasta el empaque del **vástago del cuerpo**.

Una característica notable del **bonete de extensión**, es que retira o aleja al **estopero del cuerpo** de la válvula y el fluido que está manejando dicha válvula, cuando entra al interior del **bonete**, el fluido, tiene que recorrer una cierta longitud. Esta longitud que se recorre, causa que la temperatura tienda a una cierta igualación con la atmósfera; y así cuando el fluido ya está en contacto físico con el **estopero**, la temperatura ya estará dentro del rango de actuación del material del **empaque**.

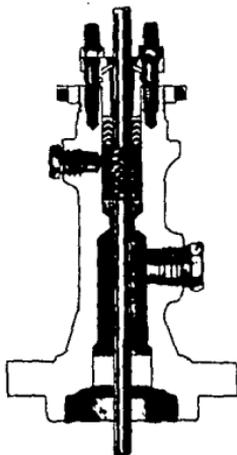
Es lógico pensar que entre más alejada esté la temperatura del rango recomendado para el **estopero**, la longitud del **bonete de extensión** tiene que ser mayor.

Esto se puede comprobar en las especificaciones de bonetes, anteriormente mencionadas, que el **estilo no. 1**, su límite en la temperatura negativa está en - 50°F, y el **estilo no. 3**, el límite de tem-

peratura negativa está en -150°F . Entonces la longitud del estopero, produce un gradiente de temperatura y entre mayor sea la longitud, tendremos lógicamente un gradiente de temperatura mayor.

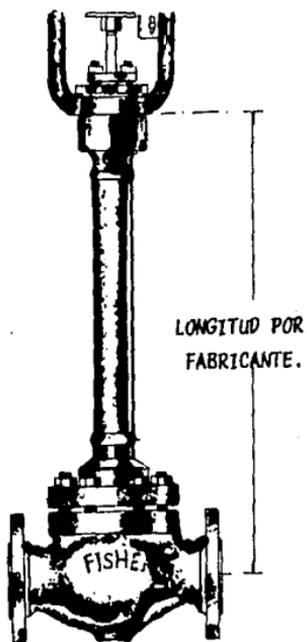
BONETE DE EXTENSION

ESTILO N° 1.



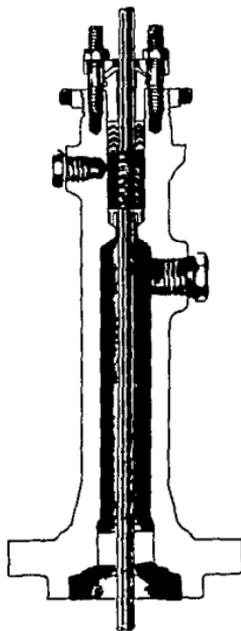
En ocasiones se manejan fluidos muy corrosivos, tóxicos, caros, etc. por lo tanto se hace necesario evitar a toda costa que el fluido escape, inclusive evitar que dicho fluido este en contacto con el sico con el empaque.

Para este caso se usa el **bonete con fuelles de sello**. Son dos **fuelles** con diferentes diámetros. El de menor diámetro, es accionado por el propio movimiento del **vástago**, ya que la parte superior de



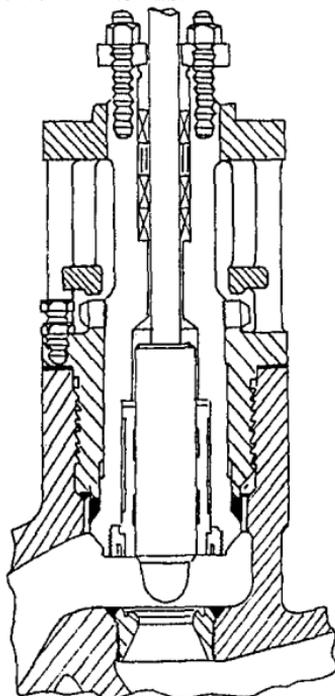
BONETE DE EXTENSION
ESTILO N° 2.

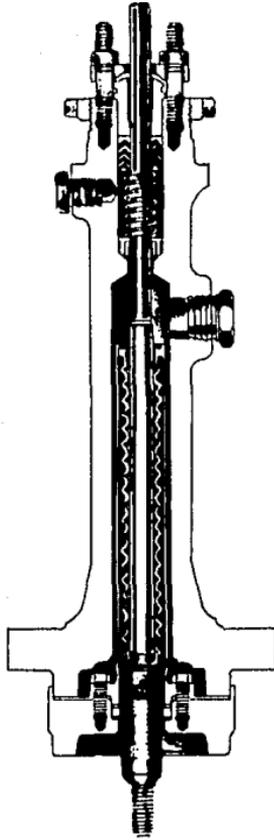
BONETE DE EXTENSION
ESTILO N° 3.



este **fuelle** está anclado al **vástago**, con soldadura. Así no es posible que el fluido llegue a la región del **estopero** y por lo tanto tampoco, afuera de este. Además existe **bonete de extensión**, lo que también significa que abate temperatura, de tal manera que el empaque prácticamente esta a temperatura ambiente. También se puede engrasar el **estopero**.

Inclusive por la parte inferior del empaque, se puede depositar un volúmen de lubricante, si fuera necesario, aunque el objeto de tener el segundo **fuelle** interior, es el de conectar un dispositivo de presión que pueda causar una indicación de alarma, si se rompieran los fuelles, pues el fluido llega a esa cámara a una cierta presión, la cual activa al dispositivo de alarma.



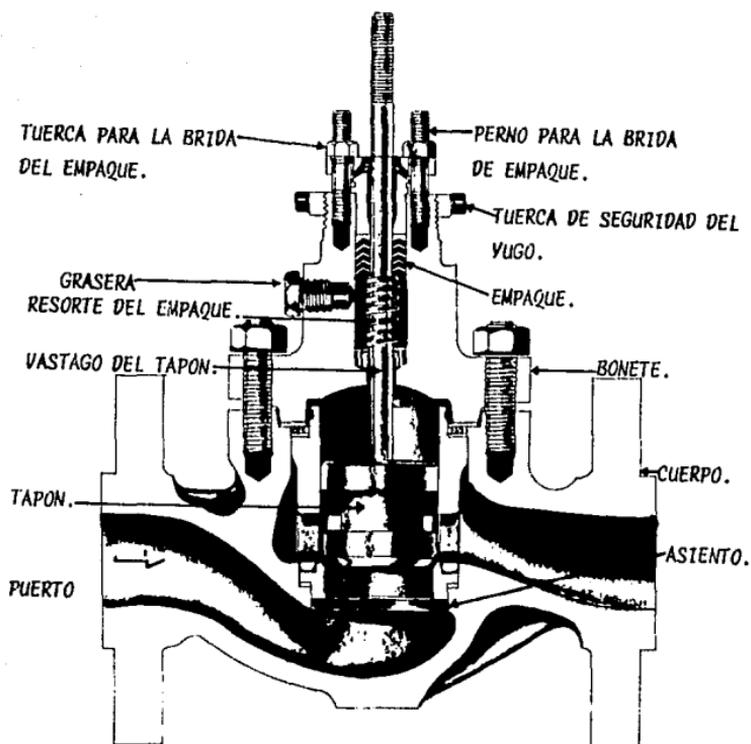


Entonces con este tipo de bonetes podemos proteger el estopero de variaciones de temperatura, las cuales causan contracciones o expansiones del material. El bonete con fuelle de sello se usa en servicios donde no se debe tolerar filtración a lo largo del vástago.

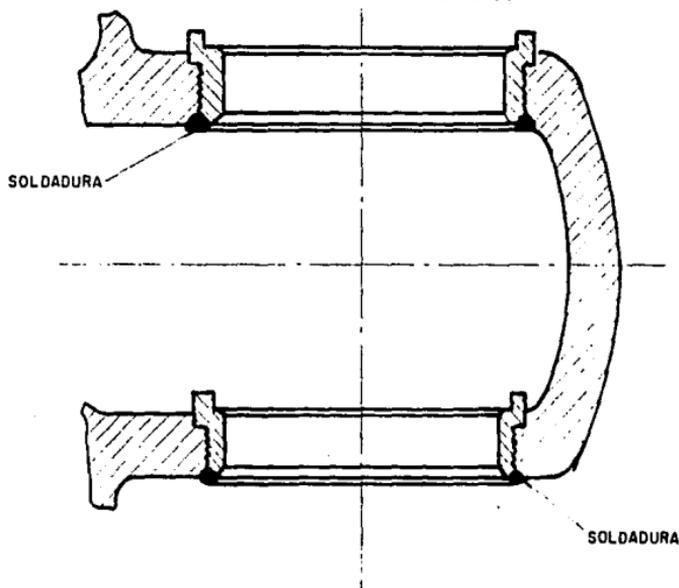
El cuerpo es una parte muy importante, aquí se realiza la función de caracterizar matemáticamente el flujo que se maneja y modifica al proceso bajo control para mantenerlo en una condición deseada. Esta característica debe estar acorde con el sistema de control, incluyendo el proceso, para que se mantenga la estabilidad y se supriman rápidamente disturbios que se puedan presentar. Seleccionar esta característica, requiere un análisis dinámico y detallado del proceso.

El cuerpo, externamente e internamente es de una sola pieza. Contiene conexiones externas, para instalarse en la tubería, en serie con esta. También debe tener el espesor y resistencia necesarias para soportar esfuerzos, como por ejemplo vibración mecánica o del fluido.

En la siguiente figura se puede observar que el cuerpo contiene internamente orificios (puertos).

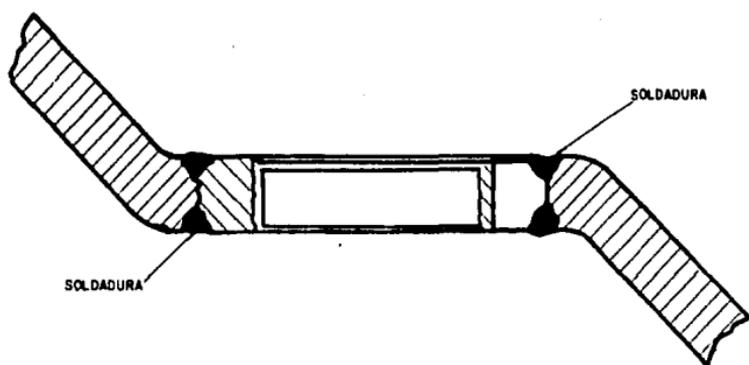
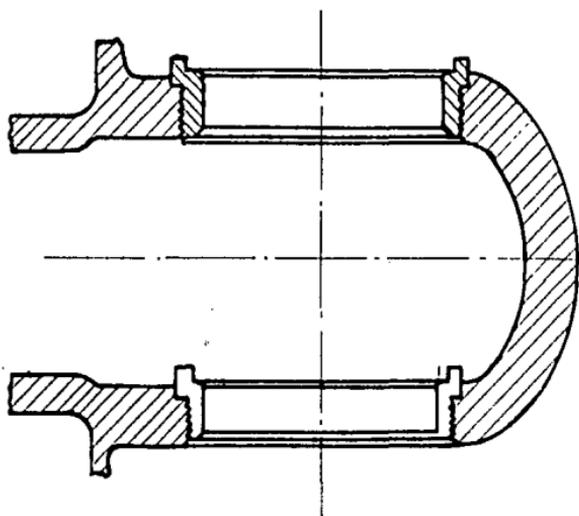


En las siguientes figuras se muestran un detalle de asientos de anillo para dos y un puerto. En el caso de dos puertos, el fluido se bifurca por cada uno de ellos y se reintegra nuevamente, esta situación es la que logra el balance del tapón. Los asientos de anillo también pueden ser soldables así como roscados.



ANILLO SOLDADO EN LA PARTE INFERIOR DEL ASIENTO

Los materiales del asiento, así como su resistencia mecánica, deben de estar de acuerdo con el fluido, y el tipo de asiento debe estar de acuerdo al tipo de cierre que se requiera.



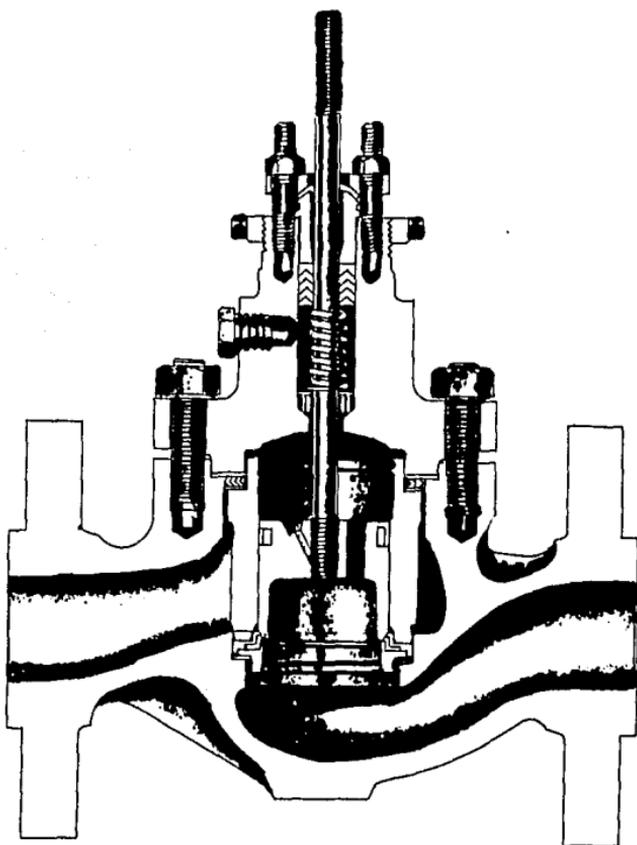
El tapón se desliza a través del puerto cuando el vástago se mueve como consecuencia de la señal de aire aplicada al diafragma. El movimiento del tapón a través del puerto, causa que el flujo tenga una variación con una cierta relación matemática con dicho movimiento del tapón. Esta función o característica es muy importante, pues nos dice si la válvula es adecuada para la dinámica de un cierto proceso.

La característica de flujo es la relación matemática entre la relación de flujo y el movimiento del tapón, es una función de la forma geométrica de dicho tapón. Teniéndose así características básicas como son la de igual porcentaje, lineal parabólica modificada, y apertura rápida, anteriormente explicadas.

El tipo de válvula con diseño de interior de caja, ayuda a resolver problemas de caídas de presión altas y sus correspondientes problemas de velocidad y ruido. Proporcionando mayor capacidad para el mismo tamaño y siendo económicamente más atractiva. La caja se fija en el interior de la válvula y sirve de guía para el tapón.

El tapón puede ser balanceado o desbalanceado. En el diseño balanceado el primero a mencionar es la caja, la cual tiene forma cilíndrica, con un cierto espesor en las paredes. En la parte inferior se encuentran unos orificios (puertos), los cuales están en serie con las líneas de flujo de la válvula. El tapón es guiado por la caja.

En la parte superior y por la pared externa de la *caja*, se tienen *juntas de sello*. Hay una *junta* en la unión de la *caja* con el *bonete*, y otra *junta* en la unión con el *cuerpo*. Se produce un buen *sello* con la *tensión* de los *espárragos* de la *brida* del *bonete*. En la parte inferior de la *caja* hay otro *sello de resorte* y en el movimiento del *ta-pón* existe un *sello* en la parte donde se localiza el *anillo de pistón*.



En la figura anterior se puede observar que en el lado izquierdo del **tapón** hay un pasaje circular que termina en la parte superior de dicho **tapón** y comunica con la cámara superior de la **caja**, por éste pasaje circula el flujo (líquido, gas, etc.) y llega a la otra cámara produciéndose una presión igual. Esta acción produce el **balance**, y lo que sucede con la acción de **desbalance** es que éste pasaje circular que se localiza en la parte superior del **tapón** no existe, ocasionando en un determinado momento que no exista una presión igual.

La **válvula** con diseño **balanceado** es muy flexible. Los interiores se pueden cambiar o reemplazar muy fácilmente (la **caja**, **tapón**, **características de flujo**, etc.), solo basta con retirar la **brida del bonete** y en estas condiciones sale inmediatamente el **tapón**, el cual está anclado al **vástago**. Inmediatamente después puede salir la **caja**, junto con los **empaques de sello** y esto es sin necesidad de retirar la **válvula** de la tubería, aunque esta última se retira de operación o se usan las **válvulas** de bloqueo correspondientes de desvío instaladas. Este tipo de construcción facilita su mantenimiento.

Debido a la característica de tener un **sello de resorte** metálico, se asegura la integridad del **sello**, aunque exista un amplio rango de variación de temperatura y caídas de presión.

También todas estas características permiten usar **actuadores** más pequeños, la característica de la **caja** da más estabilidad y se evita

el ruido y la vibración.

En una válvula balanceada existe una comunicación del fluido entre su cara inferior del pistón y la superior, con el objeto de igualar presiones. En la válvula desbalanceada proporciona un cierre más hermético pero requieren de actuadores poderosos por presentar un desbalance de fuerzas sobre el tapón.

A continuación se presentan diferentes tipos de tapones que han sido diseñados por FISHER, para proporcionar las características de flujo de igual porcentaje, parabólicos modificados, lineal y abertura rápida.

Los tapones utilizados para suministrar una característica de flujo de igual porcentaje son:

TAPON DE VALVULA V-PUP.- Los contornos del tapón son sólidos con dos ranuras desiguales en V en cada tapón los cuáles están diseñados para suministrar dicha característica. Estos tapones fueron diseñados para una relación de rango de control mínimo y máximo de flujo.



V-PUP



V-PUP



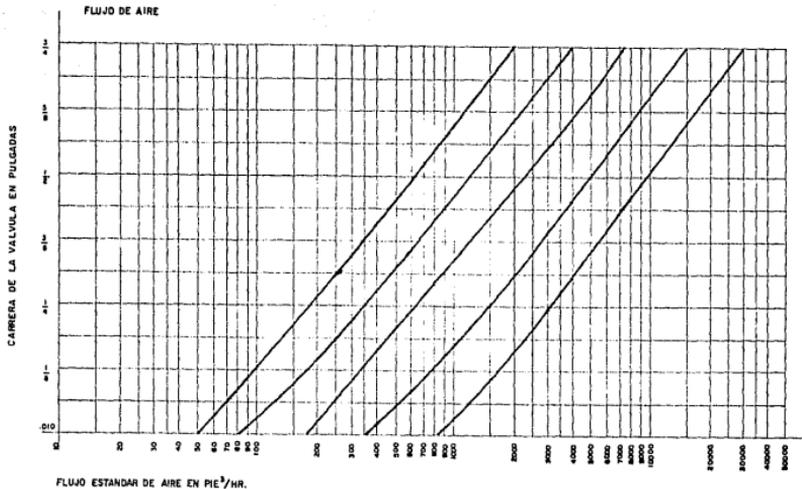
MICRO-FORM



MICRO-FLUTE

TAPONES DE VALVULA DE IGUAL PORCENTAJE DE ASIEN TO DOBLE Y SENCILLO

P. ENTRADA = 50 psi
P. SALIDA = 0 psi
FLUJO DE AIRE



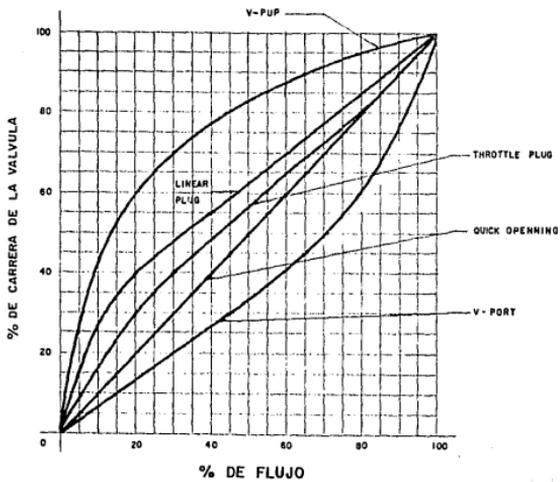
Curvas características de tapones micro-flute para valvulas

TAPON DE VALVULA MICRO-FORM.- Este tipo de tapón como se puede observar en la hoja anterior, es torneado y maquinado, es de guía superior y en su diseño dá un área de puerto ampliamente abierta, a su máxima abertura. Es usado generalmente, en cualquier aplicación donde se desea capacidad máxima a un diámetro de puerto dado y donde el líquido que se debe manejar contenga lodos.

TAPON DE VALVULA TIPO MICRO-FLUTE.- Se usan en cuerpos de válvulas de un sólo tapón en varios tamaños. Su construcción suministra además de la guía superior, una guía en el puerto en forma de canal (ver hoja anterior), siendo maquinados en un torno especial con un temple controlado. Producen una característica de flujo casi perfecta.

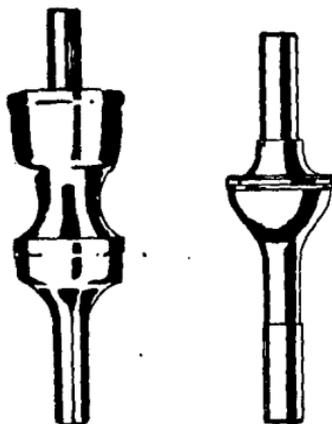
TAPONES DE VALVULA PARABOLICOS MODIFICADOS.- Estos tapones tienen una excelente acción de cierre a través de la primera porción de la carrera de la válvula, donde pequeños cambios de flujo se producen con grandes cambios en la carrera de la válvula.

En la siguiente hoja se muestra una gráfica con las curvas de los tapones de estrangulación throttle plug y V-PORT, que muestran las características de flujo parabólico modificado.



Curvas características de flujo en grafico lineal

TAPON DE VALVULA DE ESTRANGULACION (THROTTLE PLUG).- Estos tapones son maquinados en tornos de temple controlado a partir de barras, metales forjados o fundiciones. Tienen dos guías, superior e inferior y contornos desiguales, los cuales reducen las fuerzas de



desbalance dinámico a un valor bajo. Estos tapones son recomendados de preferencia con respecto a los guiados en el puerto para aplicaciones en que se manejan lodos o fluidos con partículas sólidas, por permitir el paso de ellas fácilmente y pueden endurecerse en la superficie de su contorno. Son suministrados con anillos de hule sintético para tener cierre hermético.

TAPONES DE VALVULA V-PORT.- Tienen contornos de cuatro aberturas en forma de V en cada tapón, suministrando la característica de

flujo parabólica modificada, tienen una guía en el asiento y son usados para aplicaciones de estrangulación, donde no se requiere la característica de igual porcentaje, se encuentran disponibles con asientos o-ring para cierre hermético en un diseño de puerto sencillo o puerto doble.



V-Port



V-Port

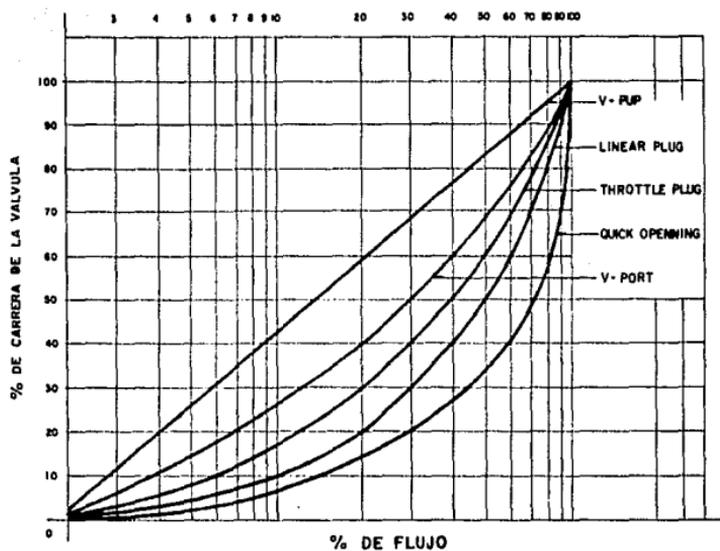


V-Port



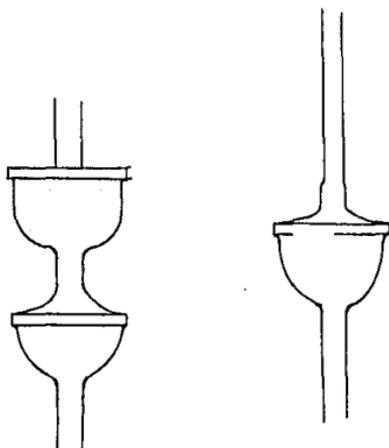
V-Port

TAPONES DE VALVULA TIPO LINEAL.- En este tipo de tapones, el flujo es proporcional a la abertura de la válvula, en donde al 50% de abertura nos dará el 50% del flujo máximo, como se puede observar en la siguiente gráfica.



Curvas características de flujo en grafica semilogaritmica.

Generalmente se usan en aplicaciones que dan la relación lineal entre la carrera y el flujo. Tienen un contorno maquinado en tornos de temple controlado con guía en la parte superior e inferior.



TAPONES DE ABERTURA RAPIDA (QUICK OPENING).- Son aquellos en donde la máxima capacidad se alcanza a una proporción pequeña de la carrera total. Su curva característica para este tipo de tapón es



QUICK OPENING

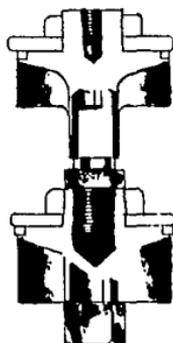
ABERTURA RAPIDA

esencialmente una línea recta a través de 65 a 70% de la carrera de la válvula, un desplazamiento adicional causa solamente un pequeño incremento en flujo. Son usados para válvulas de control de dos posiciones (on-off), donde se requiere que la válvula esté en una de sus dos posiciones con o sin estrangulación de flujo.



QUICK OPENING

ABERTURA RAPIDA



QUICK OPENING

ABERTURA RAPIDA

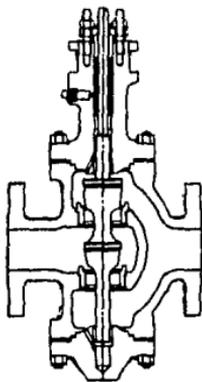
Pueden tener asiento O-ring para cierre hermético de puerto sencillo o puerto doble.

FORMAS DE GUIAS DE LOS TAPONES.

La guía precisa de los vástagos y tapones de las válvulas de control es esencial para una operación apropiada de la válvula. Los métodos siguientes son usados en las válvulas de control para alinear el movimiento del tapón de la válvula con el anillo de asiento.

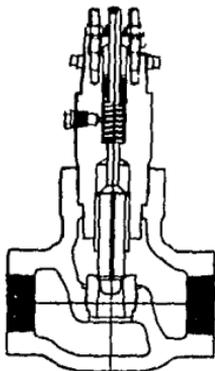
GUIAS SUPERIOR E INFERIOR.

Método por el cuál el tapón de la válvula se alinea por medio de bujes guía colocados en el bonete y la tapa inferior de la válvula. Es un tipo resistente de construcción y debe ser especificado en aplicaciones en donde las condiciones de servicio son severas.



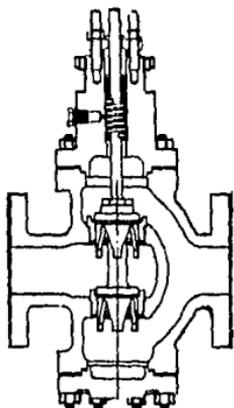
GUIA SUPERIOR.

Método en el cual el tapón de la válvula se alinea por medio de un buje guía colocado en el bonete o en el cuerpo de la válvula.



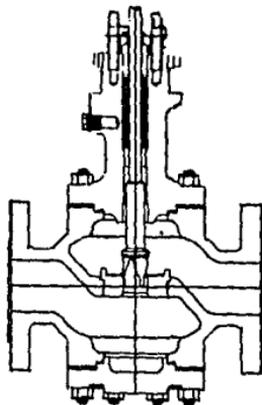
GUIA EN EL PUERTO.

Método en el cual el tapón de la válvula se alinea en el puerto o puertos de la válvula. Es menos cara que la guía superior e inferior pero no es recomendada para aplicaciones donde la caída de presión es mayor a 100 psi.



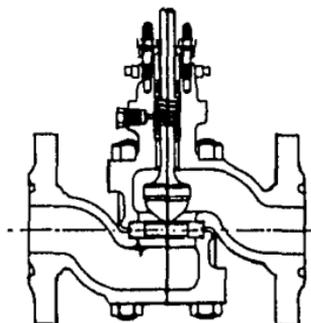
GUIA SUPERIOR Y EN EL PUERTO.

Método en el cual el tapón de la válvula se alinea por un buje guía colocado en el bonete o en el cuerpo de la válvula por el puerto de la misma.



GUIA POR MEDIO DEL VASTAGO.

Es un método especial de guía superior en el cual la válvula se alinea por medio de un buje guía que actúa sobre el vástago del tapón de la válvula.



Se ha dicho que es importante que cuando el tapón de la válvula descansa o se apoye totalmente sobre el asiento de la válvula, debe impedir en lo más posible que haya flujo de fluido, corriente abajo y las condiciones de éste sean cero. Se sabe que una condición ideal no se puede lograr en la realidad pero sí, que tal condición tenga las características y seguridad necesarias.

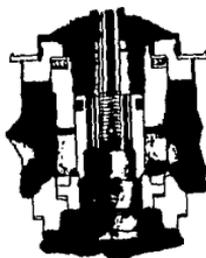
Para lograr un cierre hermético en el tapón, los diferentes provedores, en este caso FISHER, proporcionan diferentes diseños, los que clasifican con modelos diferentes, que a continuación se describirán algunos de ellos brevemente.

Las construcciones de *asiento sencillo* usadas con *asientos metálicos*, no tienen partes en contacto con la corriente fluida. Esta construcción es ideal para aplicaciones a alta temperatura y/o corrosividad. El *asiento sencillo* suministra un excelente cierre.

Las construcciones *balanceadas* tienen igual presión arriba y abajo del *tapón* de la válvula. Un *sello de anillo* en el *pistón* maneja el flujo alrededor del *tapón*. Las fuerzas del *tapón* de la válvula son pequeñas en las construcciones *balanceadas*, permitiendo el uso de *actuadores* más pequeños en *caídas de presión* mayores que con las construcciones de *asiento sencillo* (desbalanceado).

Tanto los diseños comunes como los *balanceados* están disponibles ya sea, con *anillos metálicos* o *asientos suaves*, dependiendo del *flujo controlado* y del cierre requerido. El *anillo del asiento* está fijado en la *caja sin roscas* en una forma segura. Esto reduce grandemente el tiempo de inspección de los interiores.

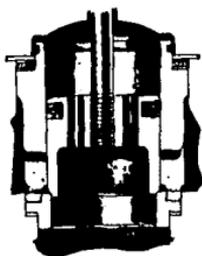
El estilo restringido (tapón, caja y anillos de asiento de tamaño reducido), también esta disponible usando anillos de asiento y adaptadores de caja, esto permite el dimensionamiento del puerto para demandas futuras, a la vez un control exacto y estable presente a condiciones de bajo flujo.



Las diversas variedades de diseños de construcciones balanceadas tienen por objeto satisfacer los requerimientos de tipo de fluido y condiciones de operación en un proceso dado. Entre estos los más comunes son:

Diseño ED.- Esta construcción es la que más se utiliza generalmente, con un anillo de asiento metálico, esta diseñado para todas las aplicaciones generales sobre un amplio rango de cañles de presión y temperaturas.

En la parte superior del tapón existe un sello que es un anillo de pistón, el cual es sensible a la temperatura y se compensa para los cambios de esta.



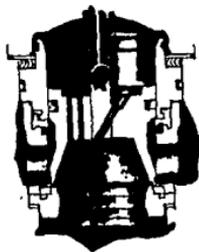
El contacto de la parte inferior del tapón con el asiento es metal con metal, pero en una superficie muy pequeña, de tal forma que con la fuerza aplicada por el actuador se produce una presión de contacto suficiente para lograr que se tenga 0.5% de fuga, con respecto a la máxima capacidad de la válvula, cuando este totalmente cerrada.

Diseño ET.- Este diseño tiene menor fuga con respecto al diseño ED. En la parte superior del tapón se tiene un anillo de retención el cual apoya al anillo de respaldo e inmediatamente abajo esta el anillo de sello. El tapón en su parte inferior descansa en el asiento de la misma forma, que en el diseño ED. Inclusive el ani-

llo de resorte es del mismo tipo. La fuga para este diseño es de 0.01% con respecto a la capacidad total de la válvula. El diseño ET es particularmente apropiado para aplicaciones generales en líquidos o gases con requerimientos de baja fuga.

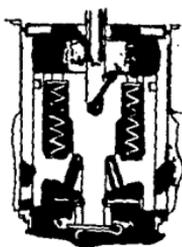


Diseño EK. - Cuando se tiene una aplicación de líquido, o gas, que requiera un sellado hermético y de baja fricción de operación, el diseño EK es ideal.



El anillo de asiento suave y el sello superior entre la caja y el tapón de la válvula, proporcionan un excelente cierre. No se requiere ajuste de asiento a asiento.

Diseño EP..- Este diseño es capaz de manejar aquellas aplicaciones especiales que involucran temperaturas extremadamente altas y caídas de presión en donde se requiere un cierre hermético.

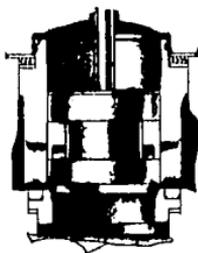


Existe todavía una gran variedad de diseños balanceados como son EAD, EAK, EAT, EWD, A doble puerto, etc., pero la que más se utiliza es el diseño ED.

Entre las construcciones de asiento sencillo desbalanceado se encuentran los siguientes diseños, de los cuales el diseño que más se utiliza es el diseño E7.

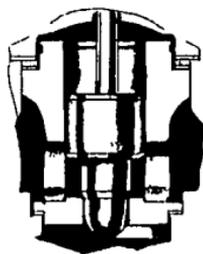
Diseño ES. - Esta construcción está diseñada para cualquier aplicación en general de las válvulas de control, sobre un amplio rango de caídas de presión y temperaturas. El tapón del tipo Micro-Form se adapta a este diseño, para ser usada en aplicaciones de bajo flujo.

Esta diseñado para proporcionar un área de puerto de apertura amplia en su elevación máxima.

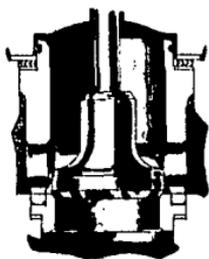


DISEÑO ES ESTANDAR

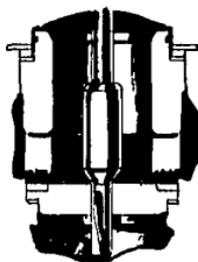
DISEÑO ES MICRO-FORM



Diseño EC.- Esta diseñada para el control efectivo de fluidos viscosos difíciles de manejar o no lubricantes. El tapón de la válvula suministra una acción de auto-drene que elimina estancamientos y acumulación de partículas. Esta construcción es ideal para aplicaciones que van desde el manejo de crudos de alta viscosidad y hasta medios de control ultra limpios, a altas temperaturas, no lubricantes de transferencia de calor. El tapón Micro-Flute, una opción del diseño EC, también esta disponible en uno, dos o tres flutes, a elegir de acuerdo a los bajos flujos disponibles.

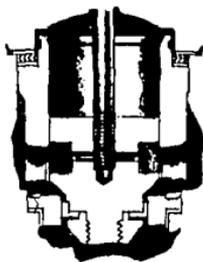


DISEÑO EC ESTANDAR



DISEÑO EC MICRO-FLUTE

Diseño EF. - Esta construcción está diseñada para aumentar la carrera aun después de que la válvula ha cerrado. Este aumento permite la energización de un interruptor de límite y la señal de corte. Se recomienda al diseño EF para aplicaciones que requieren la operación secuencial de una serie de válvulas de corte.

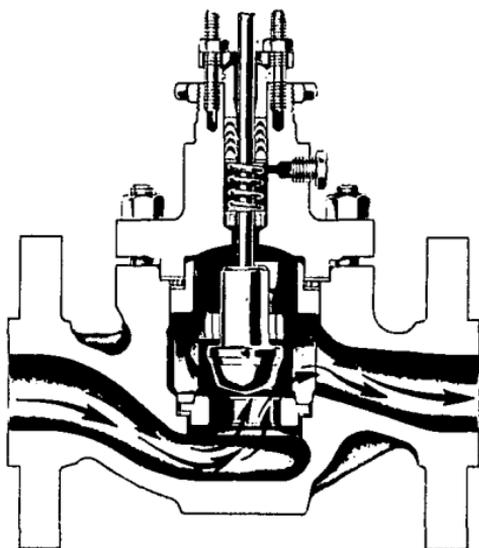


Diseño EZ. - Los cuerpos de las válvulas de diseño EZ se usan para regulación o para control on-off, de una gran variedad de líquidos y gases. Se utilizan en procesos químicos o de hidrocarburos, ya sea en el control de fluidos no lubricantes, viscosos o difíciles de manejar.

El diseño EZ está disponible en una gran variedad de materiales de interiores, así como puertos de capacidad restringida que se pueden cam

bien a interiores mayores (*full-sized*) de acuerdo al incremento en demandas de flujo. Adicionalmente, están disponibles diferentes tipos de tapones, para suministrar una característica particular de flujo que puedan manejar problemas específicos.

Las características están disponibles para cumplir con las recomendaciones de la Asociación Nacional de Ingenieros en Corrosión (NACE). El tapón estándar viene en tres diferentes características de flujo, apertura rápida, lineal e igual porcentaje, anteriormente explicadas.



El actuador de una válvula de control es la parte que se encarga de mover el tapón en respuesta a una señal correctiva enviada por el controlador es decir un actuador es un mecanismo que convierte una señal eléctrica o neumática en un movimiento que actúa sobre el tapón de la válvula. Los actuadores también pueden mover compuertas, reguladores de tiro, guías para transportes de sólidos, en fin cualquier mecanismo que requiera para su funcionamiento de un desplazamiento.

Las señales de control de los actuadores pueden ser hidráulicas (normalmente en un rango de 0 - 100 psig), neumáticas (rangos de 3 - 15 psig o 6 - 30 psig etc.) o eléctricas (rangos 4 - 20 mA C.D., 1 - 5 V.C.D., 0 - 10 V.C.D., 10 - 50 mA C.D. etc.).

Las acciones son de dos tipos: modulantes (control continuo) o abierto - cerrado (control discreto).

ACTUADORES NEUMATICOS.

Los actuadores neumáticos pueden ser de dos tipos:

- DIAFRAGMA.- Los actuadores de diafragma son los más comunes por su amplia aplicación en válvulas de control. En estos actuadores la señal actúa sobre un diafragma flexible, generalmente de neopreno reforzado con fibra de vidrio. La fuerza debida a la presión está en contraposición con un resorte de rango.

La fuerza necesaria para mover el tapón de una válvula de control, depende del área del puerto, de la caída de presión y del tipo de válvula. Existen tamaños diferentes de diafragmas, según la fuerza requerida por el tapón.

La caja puede ser de aluminio o de acero y está separada en dos partes por el diafragma; de un lado actúa el aire y del otro el resorte. Dependiendo de que lado del diafragma actúe el aire, será de acción directa o de acción inversa, en el de acción directa el aire baja el diafragma comprimiendo el resorte.

La selección de un actuador de acción directa o inversa depende de la posición o falla de aire que requiera el proceso de la válvula de control.

La linealidad y el bajo costo hacen del diafragma el actuador más común para los controles continuos.

Las partes de un Actuador de Diafragma son las siguientes:

Diafragma.- Elemento flexible que responde a la presión del aire.

Plato del Diafragma.- Es una placa concéntrica con el diafragma que sirve para transmitir fuerza al vástago del actuador.

Caja del Diafragma.- Sirve de soporte al diafragma.

Vástago del Actuador.- Es una varilla del plato del diafragma para permitir una conexión externa conveniente.

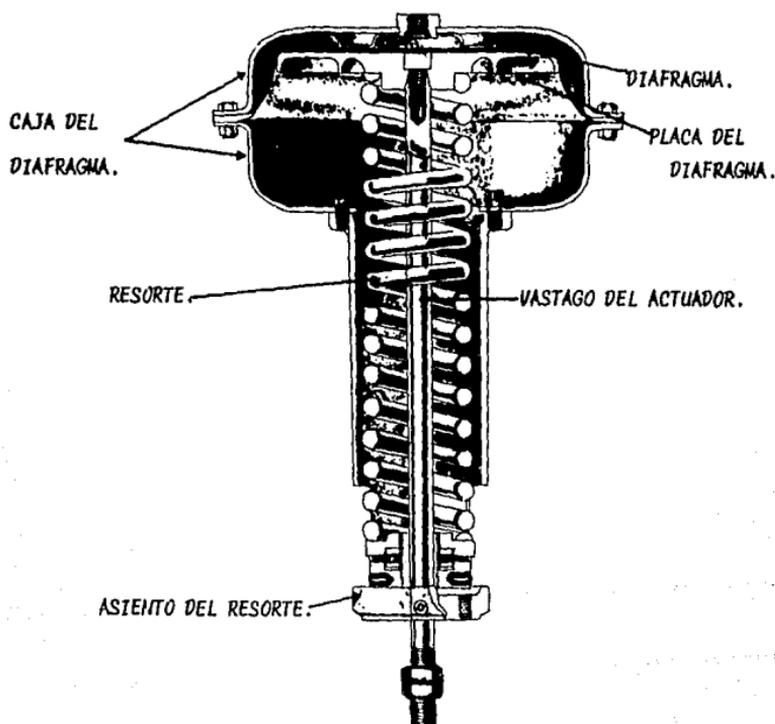
Resorte del Actuador.- Sirve para mover el vástago del actuador en dirección opuesta a la creada por la presión sobre el diafragma.

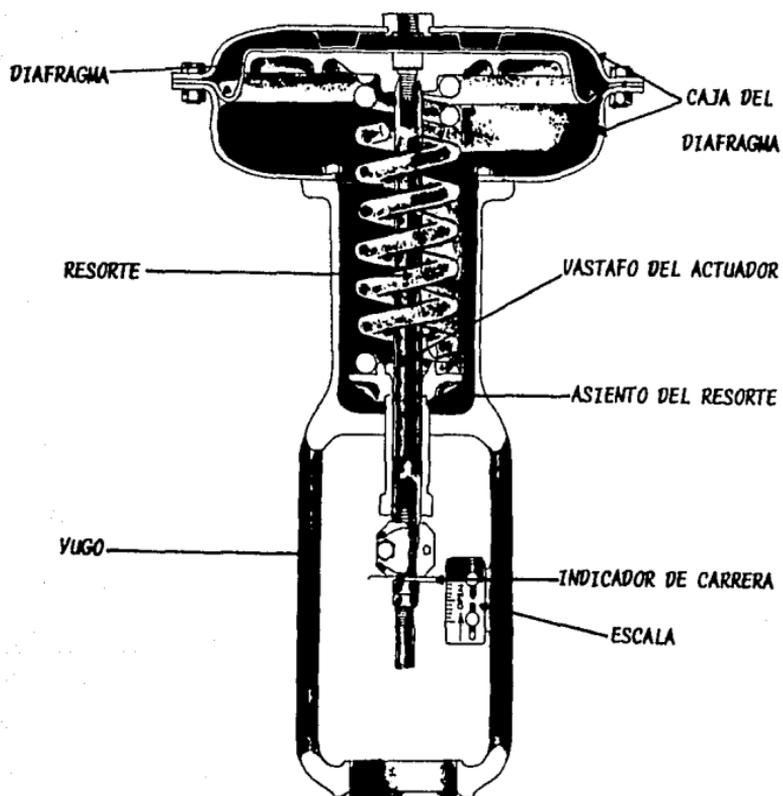
Conector del Vástago.- Es una abrazadera para conectar el vástago del actuador con el vástago del tapón de la válvula.

Ajustador del Resorte.- Está sobre el vástago del actuador y sirve para ajustar la compresión del resorte.

Asiento del Resorte.- Es una placa para soportar el resorte.

Indicador de Carrera.- Está en el conector del vástago y es para indicar la carrera del tapón de la válvula.





Escala.- En ella se indica la carrera del vástago.

Yugo.- Es una estructura donde se soporta la caja del diafragma sobre el bonete.

ACTUADORES DE PISTON.

Estos actuadores estan compuestos de un cilindro y un pistón metálicos. El pistón va unido al vástago que mueve el tapón.

Los actuadores tipo pistón permiten usar presiones más grandes que en el diafragma, por lo que se utilizan cuando se requiere una fuerza muy grande, sin mucha área de presión. La presión de aire a los pistones está en el orden de 150 psig., los pistones pueden ser activados por una señal neumática en oposición de un resorte. Pueden ser actuados por dos señales neumáticas, una para abrir y otra para cerrar o bien pueden ser actuados por una señal neumática y generar mediante un posicionador otra señal de balance.

El posicionador es un accesorio muy utilizado en los actuadores de válvulas de control en circuitos de control continuos. Este es un dispositivo que recibe la señal de control y la medición de la posición del vástago de la válvula, las compara y manda una señal de corrección hacia el actuador hasta que se obtenga la posición exacta a la señal de control.

Su función es la de confirmar que el *actuador* llegue precisamente a la posición deseada, evitando así errores generados por histeresis, fricciones o por no linealidades propias del *diafragma*. También reduce el tiempo de respuesta del *actuador*, y en algunas aplicaciones puede amplificar la señal de control, cuando se requieren fuerzas grandes. Los posicionadores comúnmente reciben un suministro de aire de 20 psig, pero en algunas aplicaciones recibe 40, 60, etc. psig.

Se aplican comúnmente para los siguientes servicios:

- Válvulas de control de temperatura.
- Válvulas de control balanceadas de 6" o más.
- Válvulas de globo desbalanceadas de 3" o más.
- Válvulas de mariposa.
- Válvulas de diafragma.
- Servicios con caídas de presión de 100 lb/plg² o más.
- Servicios con transmisión neumática a más de 200 pies.
- Sistemas de control en cascada.
- Sistemas en rango dividido.
- Cuando se requiere mayor presión en el actuador.

Los posicionadores pueden realizar funciones de escalación (multiplicar o dividir una señal, además de polarizarla) cuando trabajan en circuitos de control compuesto, por ejemplo: rango dividido, etc.

Los posicionadores pueden recibir señales eléctricas o neumáticas y normalmente sacan una señal neumática, aunque algunos tipos pueden sacar o enviar una señal hidráulica o mecánica.

Los posicionadores eléctricos reciben una señal eléctrica y la cambian a otro rango, por ejemplo: recibe de 4-12 mA y la cambia a 4-20 mA. Como la mayoría de los posicionadores se aplican en válvulas operadas por actuadores neumáticos, la señal de 4-20 mA se convierte a una fuerza o a una presión neumática.

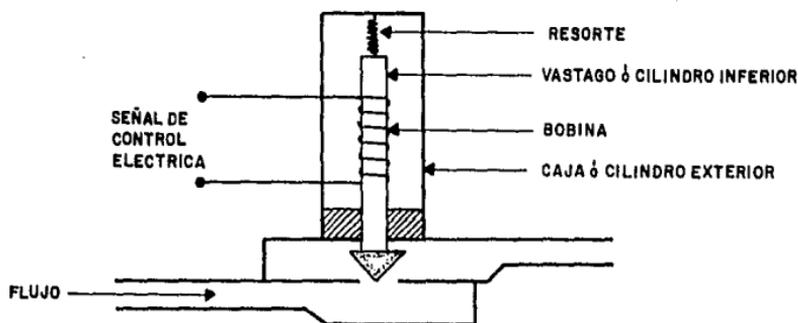
Los posicionadores neumáticos reciben una señal neumática y envían una señal neumática pero de diferente rango, por ejemplo: recibe 3-9 psi y envía 3-15 psi.

ACTUADORES ELECTRICOS.

Los actuadores eléctricos pueden ser de dos tipos: solenoide y motor.

Válvulas de solenoide.- Este tipo de dispositivo sirve para controlar el paso de un fluido por una tubería en forma de todo-nada, mediante el uso de una corriente eléctrica. El actuador de solenoide consiste en un cilindro metálico, el cual en su interior tiene otro cilindro concéntrico, el cual se desplaza en el interior del cilindro mayor

[caja del actuador], por el efecto de la fuerza producida por la corriente de control, la cual circula por la bobina. El movimiento del cilindro interior actúa comprimiendo el resorte, manteniendo así la válvula abierta o cerrada.



La solenoide funciona con corriente directa de 24 V.C.D. o con 117 volts, 60 Hz. Estas a su vez pueden ser normalmente energizadas o desenergizadas. Para estos tipos se pueden presentar normalmente cerrada o normalmente abierta.

Actuadores de motor.— Estos actuadores operan mediante un motor de giro reversible, y se usan comúnmente en circuitos de control continuos actuando válvulas, reguladores de tiro, y cualquier mecanismo que requiera una fuerza considerable o cuando es más barata la electricidad que el aire comprimido.

CAPITULO III TIPOS DE VALVULAS DE CONTROL.

- a) BOLA.
- b) GLOBO.
- c) MARIPOSA.

a) VALVULA TIPO BOLA.

Aunque estas válvulas tienen mucho tiempo de haber sido desarrolladas, no fue sino hasta el año de 1960 en que fueron impulsadas como válvulas de control automático.

El impulso de las válvulas tipo bola se debió al desarrollo de materiales elastómeros y de los fluorocarbonos, en particular el teflón, que dan a las válvulas tipo bola un cierre hermético excelente.

Estas válvulas son de mucha aplicación en la industria del papel, azcarera, para el control de catalizadores, etc. debido a su capacidad para manejar líquidos con fibras y sólidos.

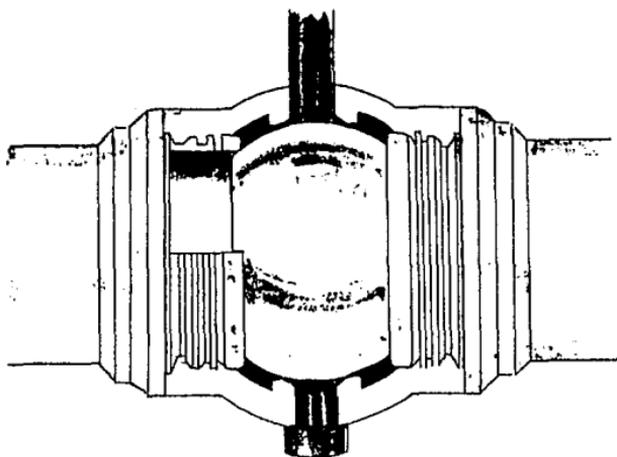
Los tamaños de estas válvulas van desde 1" hasta 24", comunmente pueden ser instaladas con bridas o roscadas, y pueden ser construidas en una gran variedad de materiales.

El diseño básico de las válvulas tipo bola, no fue pensado para control, debido a que el flujo critico en estas válvulas se da cuando la caida de presión a través de estas alcanza el 15% contra el 50% de la presión de entrada, lo que origina problemas de inestabilidad como cavitación, ruido o flasheo, (que más adelante serán explicadas) en condiciones que en otro tipo de válvula no ocurrirán, por lo que su uso se circunscribe a servicios de bloqueo.

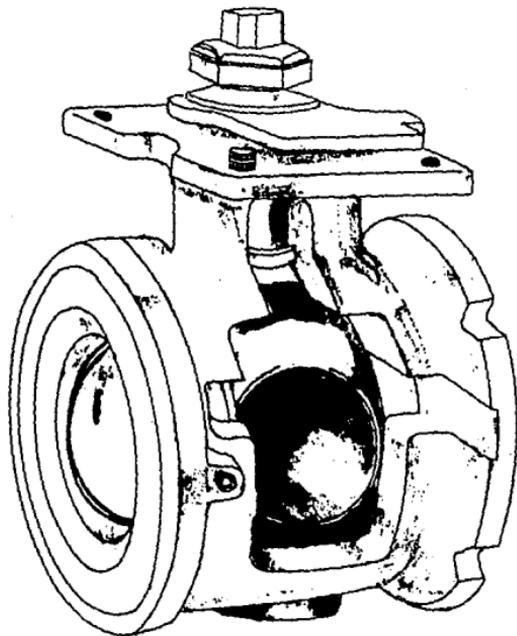
Más tarde fueron introducidas las válvulas de bola caracterizadas, como una solución a los problemas de atascamiento en la industria del papel, desde entonces ha encontrado aceptación en otras aplicaciones de control debido a las buenas especificaciones que estas válvulas presentan.

En esencia son iguales a las válvulas tipo bola, con la diferencia de tener la bola modificada de acuerdo al perfil necesario para obtener la característica deseada, siendo tres las formas en que operan estas válvulas: abierta, regulando y cerrada.

Mecánicamente las válvulas tipo bola caracterizadas consisten de cuerpo, flechas de soporte, bola caracterizada y los empaques y rodamientos necesarios.



El cuerpo es diseñado para ser instalado entre bridas y actualmente no han sido adecuados para instalaciones de alta presión. Los anillos de sello normalmente son mantenidos en su lugar gracias a la acción de las bridas, pero algunas veces este anillo resulta dañado por los tornillos de la brida o por compresión excesiva.



Gran parte del torque necesario para actuar la válvula, es debido a la fricción de los empaques sobre las flechas, y éstas deben ser diseñadas para que soporten los esfuerzos que la bola les trasmite debido a cargas de operación.

La bola caracterizada es diseñada de acuerdo a la característica deseada, y actualmente son disponibles bolas con perfiles U, perfiles V y perfiles parabólicos.

La bola con corte en V, varía de cóncava para aberturas pequeñas hasta convexa en aberturas grandes. Las bolas con cortes en U y parabólicas son semejantes y pueden englobarse en los perfiles mostrados.

Las ventajas de las válvulas tipo bola caracterizadas son:

- Tienen alta capacidad.
- Buenas características de control.
- Alta rangeabilidad.
- Bajo costo.
- Manejan fluidos fibrosos, viscosos y lodos.

Las limitaciones de dichas válvulas son:

- La presión de operación es limitada.
- No son recomendables para servicios de alta caída de presión.
- Necesitan actuadores poderosos.
- Su mantenimiento es difícil porque se necesitan desmontar de la tubería.

b) VALVULA TIPO GLOBO.

Las válvulas tipo globo son las más utilizadas y están constituidas fundamentalmente por el cuerpo que guía al fluido y a su vez sostiene al asiento. Un tapón de movimiento longitudinal, permite el mayor o menor paso del fluido al separarse o acercarse al asiento, llamándosele puerto a la pareja formada por el asiento y el tapón.

Los diseños que el término globo cubre son los siguientes:

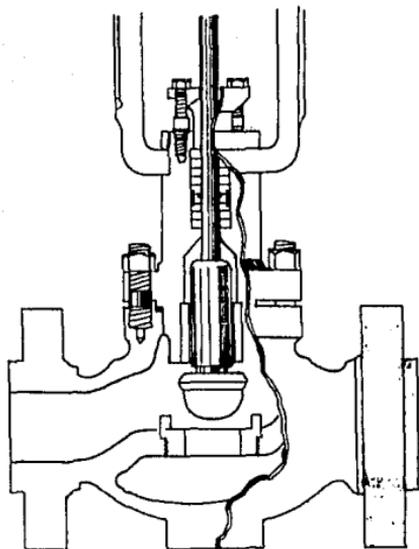
- Válvulas de puerto sencillo.
- Válvulas de doble puerto.
- Válvulas de caja.
- Válvulas de ángulo.
- Válvulas de tres vías.

VALVULAS DE PUERTO SENCILLO.- Debido a su construcción simple, fácil accesibilidad y economía en su diseño básico, estas válvulas son de uso extenso, pudiéndose considerar que representan la inmensa mayoría de las aplicaciones industriales en las que interviene una válvula de control.

Estas válvulas tienen por característica el poder proporcionar cierre hermético, pero debido a deficiencias en el diseño del tapón, ya que éste estará sujeto a fuerzas de desbalance debido a diferencias entre el área inferior y superior del tapón, viéndose en la necesidad

de utilizar actuadores de mayor poder para así vencer dichas fuerzas de desbalance.

Las ventajas de estas válvulas son que tienen alta rangeabilidad, proporcionan un cierre firme con pocas fugas o sin fugas, estando nuevas o en buenas condiciones, su construcción es simple y se disponen de puertos reversibles.



Las válvulas de puerto sencillo una de sus limitaciones es el desbalance, ya que requieren de actuadores relativamente grandes.

También se caracterizan por tener baja recuperación de presión.

VALVULAS DE PUERTO DOBLE.- Estas reducen hasta en un 70% la magnitud de la fuerza de desbalance debida al fluido, ya que las fuerzas de desbalance entre el tapón superior e inferior tienden a compensarse.

La principal desventaja de este diseño es la de no poder proporcionar cierre hermético debido a deficiencias en el maquinado de interiores.

Su uso era extenso hasta hace poco tiempo en que debido a aspectos tales como su alto costo, gran tamaño y baja recuperación de presión, han sido desplazadas por otros diseños más eficientes.

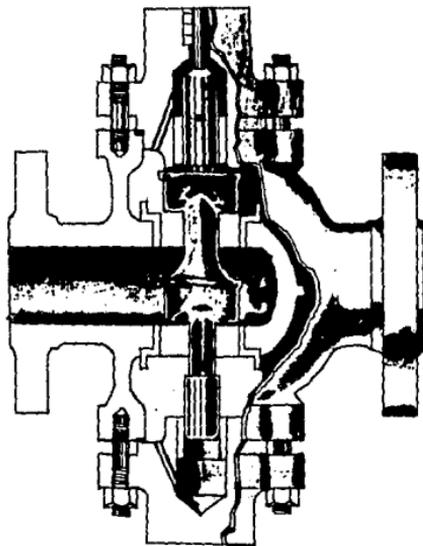
Unas de sus ventajas es que tienen alta capacidad de flujo cuando se comparan con las de puerto sencillo del mismo tamaño, alta rangeabilidad.

Por su diseño balanceado requieren de actuadores de menor tamaño en comparación con las de puerto sencillo. También son disponibles puertos reversibles.

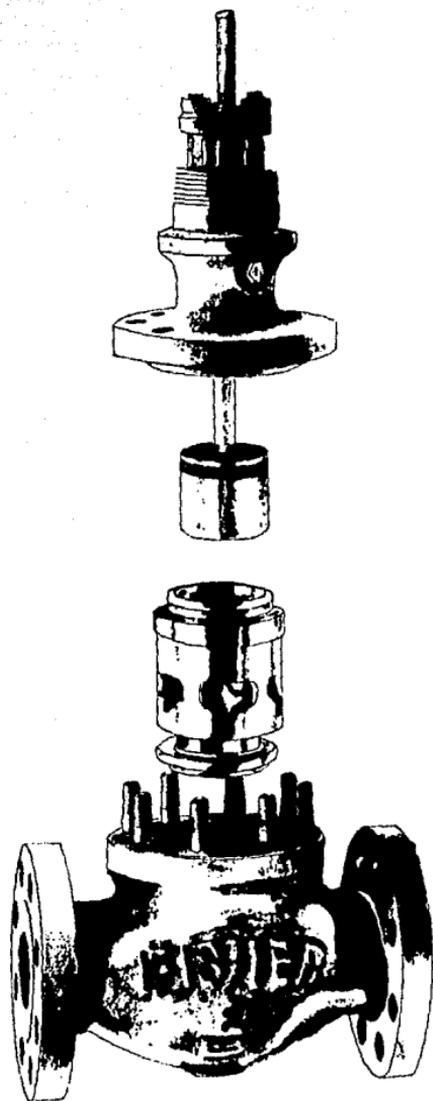
Las limitaciones de estas válvulas se caracterizan por tener baja recuperación de presión. Tienen fugas relativamente altas al cierre.

Puede haber erosión en aplicaciones de alta caída de presión, debido a las fugas.

No son recomendables en aplicaciones de alto flujo por su baja caída de presión.



VALVULAS DE CAJA.- Otra forma de interiores semibalanceados es proporcionado por esta válvula, la cual usa un pistón que sirve a veces de tapón, rodeado por una caja cilíndrica la cual, a la vez de sostener el anillo del asiento define la característica de la válvula por medio del perfil de los orificios practicados en el contorno de la caja.



ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA



LINEAL



IGUAL PORCENTAJE



APERTURA RAPIDA

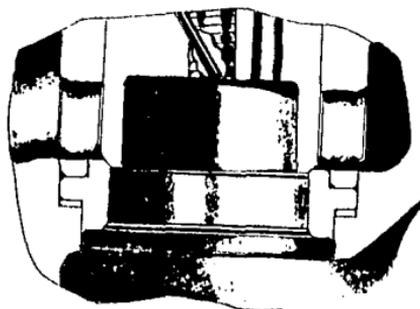


WHISPER

CAVITROL I

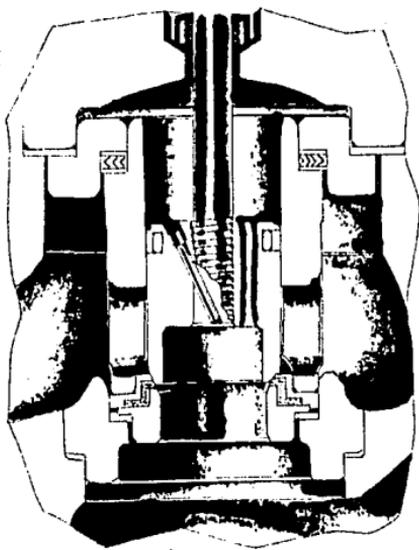


El *balance* en los interiores se obtiene por unos orificios hechos en la parte superior del *pistón*, esto minimiza los cambios en la fuerza dinámica a través del *tapón* durante el viaje de éste, permitiéndole mayores *caídas de presión* sin causar una mayor *inestabilidad*.

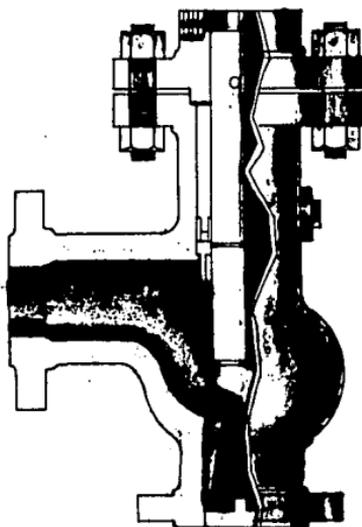


Su principal ventaja reside en su *facilidad de mantenimiento*, así como su principal desventaja consiste en que solo pueden proporcionar *cierre hermético en diseños especiales*, lo que eleva el costo de la válvula.

Son fáciles de modificar (*cambiando la caja*), tienen buenas características de control. Disponibles los diseños *semidesbalanceados*, son de fácil mantenimiento, poco susceptibles a la *cavitación*, por ser diseños de alta *recuperación de presión*.



VALVULAS DE ANGULO.- Aunque su uso es poco común, su diseño las hace adecuadas en servicios de **alta caída de presión**, en aplicaciones en las cuales haya que cubrir requerimientos especiales de arreglos en tuberías, para servicios que requieran **autodrenaje** o para servicios **erosivos**, en donde el choque con partículas sólidas se debe de evitar.



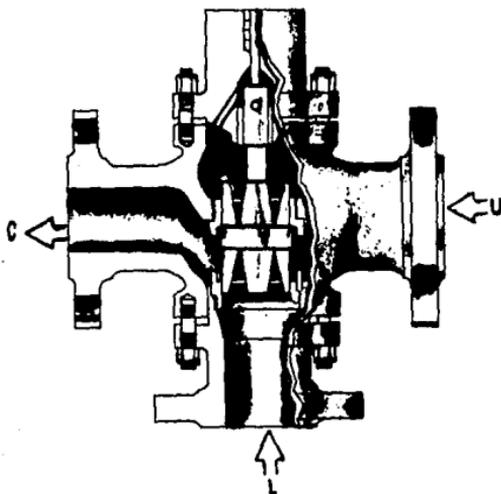
Tienen buenas **características de control**, **alta capacidad**, **buena rangeabilidad**, **cierre firme** y **minimiza problemas de erosión**; pueden manejar lodos y pastas y son buenas para servicios con **flasheo** (más adelante se explicará).

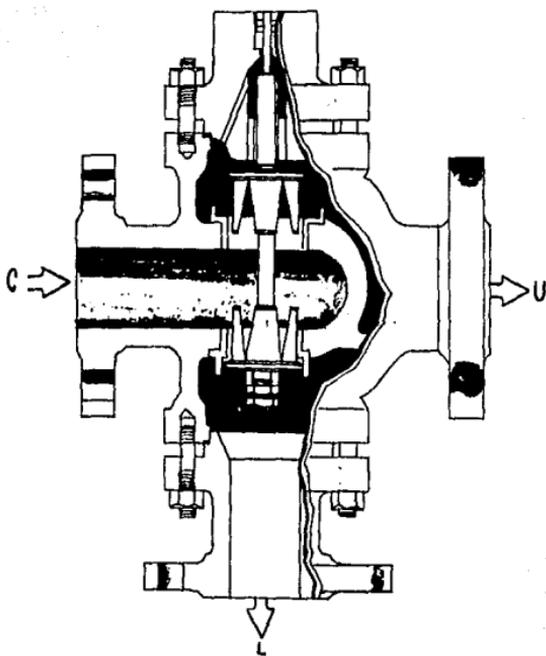
Normalmente son disponibles en pequeños diámetros y por lo general son de alto costo.

VALVULAS DE TRES VIAS.- Son usadas principalmente para dos tipos de servicios, para *mezclado de dos corrientes* y para la *separación o división de una corriente en otras dos*.

Frecuentemente se utilizan en sistemas de control de temperatura, en cambiadores de calor. También sirven aplicaciones de *mezclado y desvío*.

No pueden controlar totalmente un flujo, se pueden necesitar puertos de diferentes tamaños los cuales no son disponibles. Se necesitan conocer las condiciones de flujo precisas.

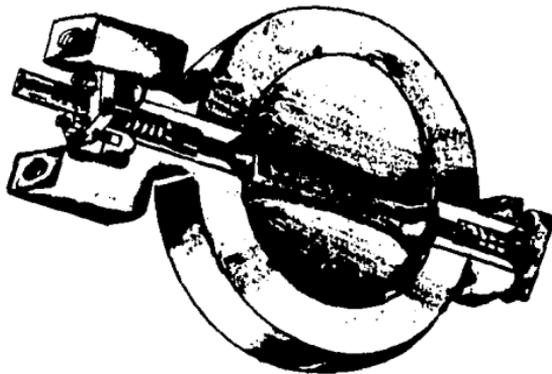




c) VALVULA TIPO MARIPOSA.

Esta válvula es de tipo rotatorio y se aplica generalmente cuando se requiere una gran capacidad de flujo. Su tamaño va desde 2" hasta 36", su construcción es muy sencilla, su costo es bajo, sus dimensiones y peso son pequeños. Están limitadas a caídas de presión pequeñas.

La válvula tipo mariposa consta de un cuerpo muy sencillo de forma anular del tamaño de la tubería, su instalación es entre bridas. La parte móvil es un disco, cuyo diámetro coincide con el diámetro interno del cuerpo, el disco es giratorio desde 0° hasta 90° por una flecha conectada en el actuador.



El par requerido para mover el disco varía considerablemente, debido a que el disco produce una velocidad más grande en un lado que en el otro y esto da como resultado un par que tiende a cerrar la válvula.

El par requerido para mantener una posición del disco es nulo para 0° y 90° , pero es máximo para un ángulo de 70° . El par producido por un disco convencional es muy grande por lo que las válvulas con este tipo de disco su apertura se limita a 60° . Para evitar esta limitación se han diseñado los discos de bajo par con contornos hidrodinámicos.



Cuando se requiere un cierre hermético las válvulas tipo mariposa pueden utilizar un empaque cilíndrico en el cuerpo, el cual puede ser fabricado de una gran variedad de elastómeros, dependiendo de la temperatura a que estará sujeta dicha válvula.

Estas válvulas normalmente son instaladas entre las bridas de la tubería; sin embargo hay la posibilidad de que se suministren con extremos soldables

Mecánicamente una válvula de mariposa consiste de **cuerpo, flecha y disco**, además de los dispositivos necesarios para el **empaque y soporte**: El **cuerpo** es usualmente del tipo **anillo sólido**, el cual es montado entre **bridas**, la **flecha** es una varilla sólida que soporta al **disco**, y éste es construido de acuerdo a las condiciones del flujo en donde estará sumergido.

El espesor del **disco** depende principalmente de la **caída de presión** que éste manejará, por lo tanto, bajos requerimientos de **caída de presión** son satisfechos con **discos** de patrón ligero, en el cual el **disco** es delgado. Cuando los requerimientos de **caída de presión** aumentan, el espesor del **disco** debe aumentar para que así de lugar al patrón pasado. Este patrón reduce el área de flujo notablemente, aun que se encuentre totalmente abierta la válvula.

Otros aspectos que influyen en el espesor y el diseño del **disco**, son los **niveles de torque** necesarios para actuar al **disco** cuando éste regula el flujo. Este **torque** depende principalmente de tres factores:

- 1) Las fuerzas laterales que actúan sobre los rodamientos de la flecha.
- 2) El torque dinámico generado por el fluido.
- 3) El torque necesario para asentar el disco en versiones de cierre firme.

De todos estos factores el que requiere mayor consideración es el torque dinámico, el cual es debido al disco, aunque simétrico, acciona al fluido en uno de sus extremos más que en otro, ocasionando que se genere un torque tendiente a cerrar la válvula.

Esto ha podido solucionarse en parte con el desarrollo de discos con diseños de bajo torque, lo que permite el uso de aberturas mayores con más altas capacidades y menores torques a un tamaño dado de flecha y diámetro del actuador.

Las ventajas de las válvulas tipo mariposa son:

- Tienen altas capacidades.
- Son económicas, especialmente en tamaños grandes.
- Caracterizadas por tener alta recuperación de presión.
- No permiten la formación de sedimentos, adecuadas para lodos.
- Requieren de un espacio mínimo para su instalación.
- Disponibles en tamaños grandes.
- Pocas partes requieren mantenimiento.

Las limitaciones de estas válvulas son:

- Los torques operacionales pueden ser altos, haciendo necesarios el uso de **actuadores** grandes, si la válvula es grande o la caída de presión es alta, si no se usan diseños especiales de bajo torque.
- El cierre firme depende del uso de asientos resilentes, los cuales están limitados por la temperatura.
- La acción regulatoria en algunos diseños es limitada a un viaje de 60°.
- Tienen baja rangeabilidad.

CAPITULO IV PERTURBACIONES.

- FLASHEO.
- CAVITACION.
- RUIDO.
- CORROSION.

CONDICIONES DE FLASHEO Y CAVITACION.

Dos fenómenos frecuentemente encontrados en flujos líquidos los cuales están ausentes en flujos de gas y vapor son la **cavitación** y **flasheo**.

Estos fenómenos son de un interés muy significativo en la comprensión de las **válvulas de control**, ya que su aparición afectará a los procedimientos de dimensionamiento de las válvulas, produciéndose **ruido**, **vibración** y también puede limitarse la vida media de los componentes de la válvula y de la tubería en la que ésta se encuentra.

Aunque existen similitudes definidas entre ambos fenómenos también se encuentran importantes diferencias, que es necesario mencionar.

La **cavitación** es un fenómeno de dos etapas, la primera de las cuales es la formación de cavidades (burbujas) dentro del sistema líquido.

La segunda etapa es el colapso o implosión de estas cavidades de nuevo hacia un estado completamente líquido. Algunos han definido la **cavitación** meramente como la formación de burbujas o cavidades, pero desde el punto de vista de la válvula de control esta de-

finición es impropia ya que la mayoría de los efectos y evidencias de la cavitación están relacionadas directamente con el colapso más que con la formación de cavidades.

Los investigadores han identificado y definido dos tipos de cavitación: gaseosa y de vapor; ambos tipos requieren de la presencia de un agente base para su comienzo.

Son núcleos muy delgados, los cuales contendrán ya sea vapor o gas disuelto, quizás ambos, crecerán en cavidades finitas dentro del líquido. A pesar de que se reconoce que éstos núcleos son requeridos, la explicación de lo que son y de como trabajan no se ha podido comprender.

Una teoría popular consideró que partículas de plomo de dimensión microscópica actúan como recintos para el gas o vapor. La mayoría de los líquidos industriales contienen varios contaminantes sólidos, de modo que el núcleo necesario para el comienzo de la cavitación esta casi universalmente presente.

Basados en sus estructuras físicas los líquidos ideales tendrán fuerzas de fracturas de por lo menos del orden de 10000 lb/plg^2 . En contraste la primera etapa de cavitación se observa en la mayoría de los líquidos industriales cuando la presión local cae hasta la pre -

sión de vapor del líquido.

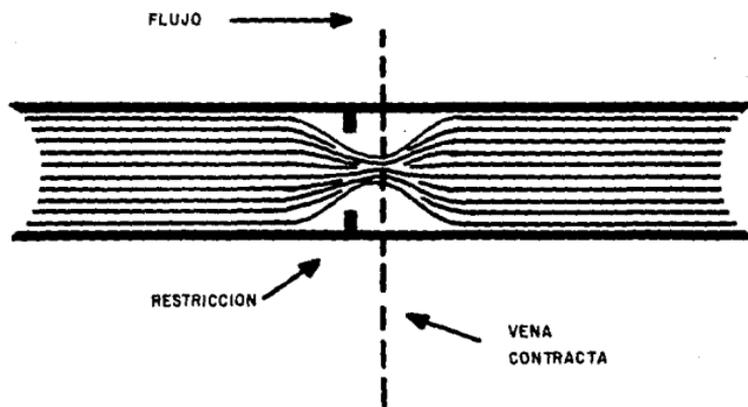
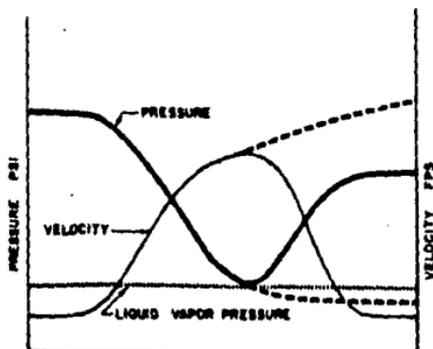
Algunos investigadores han mostrado que el comienzo de la **cavitación** puede ser retrazado significativamente en líquidos de prueba los cuales han sido cuidadosamente desgasificados o mantenidos bajo altas presiones por el tiempo suficiente para que el vapor o gas se disuelva completamente.

Si el proceso de **cavitación** fuera a detenerse antes de completar su segunda etapa, de manera que el vapor persista después de la región donde normalmente se efectúa el colapso de las burbujas, el proceso es conocido como **flasheo**.

Va que, el **flasheo** está relacionado directamente con la primera etapa de la **cavitación**, las consideraciones referentes al inicio de la **cavitación**, aplican también para el **flasheo**.

Para visualizar como estos fenómenos ocurren en las válvulas de control, consideremos un líquido fluyendo en una tubería, en la cual una restricción, tal como un orificio concéntrico ha sido colocado, en este caso el orificio puede considerarse análogo a la válvula de control a cierta apertura fija.

Ver la siguiente gráfica.



ILUSTRACION DE LA VENA CONTRACTA

En el punto P_1 , la corriente antes del orificio se asume que el líquido tiene una cierta presión estática por encima de la de vapor. También se asume un cierto gasto de manera que la velocidad de la corriente pueda ser determinada. El nivel total de energía de la corriente, pueden obtenerse sumando las contribuciones de la presión y velocidad expresadas en alguna forma dimensionalmente homogénea.

La 1a. ley de la termodinámica, establece, que si no se pierde energía a través de los límites del sistema, en la forma de trabajo o calor, el nivel total de energía permanecerá constante en cada punto a lo largo de un plano dado en el sistema.

Al irse aproximando la corriente a la restricción de la línea, su área transversal debe de crecer para pasar a través del orificio. La velocidad es inversamente proporcional al área de la corriente y por tanto debe incrementarse. Ya que la suma de cabezas de presión y velocidad se mantendrán aproximadamente igual; un intercambio de energía, debe tener lugar, cuando la cabeza de presión pierde lo que la cabeza de velocidad gana. Inmediatamente después del orificio la corriente alcanzará su mínima sección transversal, su máxima velocidad y su mínima presión. A este punto se le conoce como **vena contracta (Pvc)**.

Si la velocidad se incrementa suficientemente, la presión caera

hasta la presión de vapor, permitiendo así la formación de vacíos en la corriente, lo cual es la primera etapa de la *cavitación*.

Después de la *vena contracta*, la presión del fluido causa que la corriente se desacelere con resultantes incrementos en la sección transversal de la corriente y la presión.

Esta reversión del intercambio de energía entre las cabezas de velocidad y presión, se conoce como *recuperación de presión* y como veremos después, está juega un importante papel en el dimensionamiento de la válvula.

Las burbujas de vapor tomadas por la reducción de la *vena contracta* hasta la presión de vapor, no pueden existir al volverse incrementar la presión y por tanto son forzadas a colapsarse. Cuando esto ocurre el proceso de *cavitación* está completo.

Si la presión en la tubería estuviera manteniéndose a un nivel igual o menor que la presión de vapor de entrada, el fluido procedente de corriente abajo, tendría un mayor porcentaje de vapor, la velocidad de la corriente continuaría incrementándose y el resultado final sería *flasheo* en lugar de *cavitación*.

REQUERIMIENTOS PARA LA PRESENCIA DE LA CAVITACION Y DEL FLASHEO.

Una vez definidos el *flasheo* y la *cavitación*, las siguientes restricciones deben considerarse, tomando en cuenta su frecuencia en las válvulas de control.

CAVITACION.

1.- El fluido tanto en la entrada como en la salida debe estar en condición totalmente líquida, esto es, no puede haber vapor presente en las tuberías inmediatamente antes o después de la válvula.

2.- El líquido debe estar en estado sub-enfriado en el interior. Obviamente si el fluido fuera totalmente líquido en el interior, pero en estado saturado, cualquier caída de presión a través de la válvula resultaría vapor residual presente corriente abajo.

3.- La presión de salida de la válvula debe ser igual o mayor a la presión del líquido. Conceptualmente sería posible para la cavitación existir si hubiera una condición de saturación, pero completamente líquida en la corriente después de la válvula.

FLASHEO.

1.- El fluido en el interior debe estar en condición totalmente líquida, mientras que algún vapor debe estar presente a la salida de

la válvula. Si hubiera vapor presente en la entrada, cualquier diferencial de presión presentada a través de la válvula, resultaría una formación de vapor adicional.

Esta restricción que requiere la ausencia de vapor en la entrada, es impuesta principalmente, porque los procesos de dimensionamiento de la válvula son considerablemente más complicados cuando la corriente de entrada contiene vapor.

2.- El fluido en la entrada debe estar en condiciones de saturación o sub-enfriamiento.

3.- La presión de salida de la válvula debe ser igual o menor que la presión de vapor del líquido.

EVIDENCIAS DE LA CAVITACION.

La presencia de la *cavitación* en una válvula de control, va siempre acompañada de una o más evidencias las cuales incluyen *ruido, vibración, daño físico y decremento de la eficiencia.*

Cuantas se presenten y su magnitud, dependen de la proximidad del punto de operación, instantáneo al punto de la *cavitación* incipiente. Todos los efectos de la *cavitación* tienen su origen en la *implosión de las burbujas de vapor*, excepto el decremento de la eficiencia, el cual tiene su origen en la formación de las burbujas.

RUIDO.

En una válvula de control la evidencia del comienzo de la *cavitación* es un *siseo*, algunas veces intermitente que emana de la corriente inmediata al cuerpo de la *válvula*. En sus primeras etapas este sonido puede ser opacado por los ruidos normales del flujo.

Al aumentar la intensidad de la *cavitación* debido a las diferencias de presión, incrementada, el nivel del sonido también crece.

Cuando la *cavitación* se desarrolla completamente en una válvula de control, se produce un sonido de traqueteo, el cual produce a quien lo escucha la impresión de que esta pasando graba a través de ella.

VIBRACION.

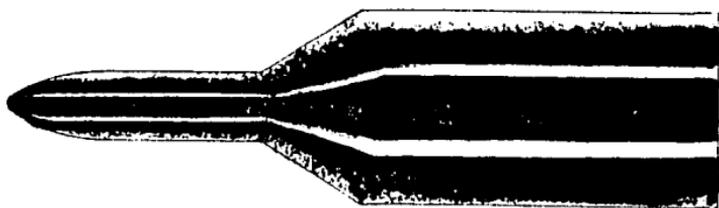
El proceso físico que produce el ruido también ocasiona vibración. La seriedad del problema que esto representará dependerá de varios factores, incluyendo la masa del sistema y también sus componentes que es tan anclados, así como los instrumentos montados en la válvula son sensibles a las vibraciones.

Reportes de campo de una variedad de tipos de válvulas de control indican que servicios con cavitación severa pueden alcanzar proporciones serias.

DAÑO MATERIAL.

Probablemente el efecto más dramático que la cavitación provoca es el daño material. Bajo condiciones de cavitación severa, componentes de una válvula de control extremadamente fuertes, han fallado en unas cuantas horas.

Un ejemplo de esto se muestra en la siguiente figura, corresponde al tapón de una válvula de cuerpo tipo globo que ha sido sometida a condiciones de cavitación severas en servicios de agua en una estación generadora de energía, el material del tapón era estelite nº 6 sólido, el cuál ha probado tener una resistencia relativamente grande al daño por cavitación.



En la hoja anterior se muestran dos tapones idénticos de aluminio Alloy 1100-F, el tapón de la izquierda ha sido sometido a cavitación en agua fría por 10 minutos, con la presión interior de la válvula mantenida a 2000 psig; la caída de presión a través de la válvula fue de 2000 psig, en este caso se seleccionó un material muy suave para ilustrar la sustancial pérdida de metal que puede ocurrir por efectos de exposición a la cavitación aunque sea por tiempos cortos.

En general puede decirse que la resistencia al daño material por la cavitación aumenta al incrementarse la dureza, como se puede observar en el dibujo anterior.

Numerosos científicos han investigado el problema y han intentado relacionar la resistencia al daño en base a varias propiedades del material, incluyendo fuerza de tensión y módulo de elasticidad, además de la dureza.

Hasta hoy ninguna propiedad por sí sola ha comprobado tener buenas correlaciones para todos los datos experimentales. Otra consideración es especialmente la resistencia a la corrosión, a menudo excluyen el uso de los materiales más duros disponibles en una aplicación particular.

En los materiales relativamente duros, con los cuales se fabrican los componentes de las válvulas normalmente, el daño por cavitación es ta caracterizado por una apariencia aspera y ceniza, la cual es fácilmente distinguible de los otros daños causados por el flujo cuya apariencia es suave.

MECANISMOS DEL DAÑO POR CAVITACION.

Al gunas teorías han avanzado relativamente para descubrir el mecanismo por el cual ocurre el daño por cavitación. Un hecho conocido es que el daño siempre tiene lugar en la proximidad de las burbujas que implosionan. Algunos investigadores han reportado presiones tan altas como 100000 psi en las cavidades colapsantes.

Una teoría sugiere que una onda a alta presión emana de cada una de las cavidades y cuando estas ondas de choque se originan cerca de un límite sólido se produce un golpe de alta concentración. Golpes repetidos en cualquier porción de superficie tienden a fatigarla hasta alcanzar su límite de dureza y desprender unas pequeñas partes de metal.

Las burbujas que implosionan a suficiente distancia de una superficie sólida no se consideran capaces de producir daño físico, porque su energía es absorbida por el líquido que fluye. Esta teoría puede

considerarse válida, por el hecho de que los materiales más duros pueden sujetarse a condiciones de cavitación por períodos apreciables sin exhibir daño visible.

Contrariamente los materiales muy suaves, tal como el aluminio puro comercial, exhibe daños microscópicos después de las exposiciones de unos cuantos segundos. En el caso de material duro la tensión impuesta por la onda de choque es menor que la tensión de rendimiento; de aquí que se requiera un período finito para fatigar la superficie del metal. Para el material suave la tensión de vencimiento es excedida por la tensión de la implosión y el resultado es el daño inmediato.

EFFECTOS DE FLASHEO.

Cuando un fluido esta flasheando en una válvula de control existen dos problemas a considerar: **daño físico y decremento en la eficiencia.** Como se vio anteriormente estos eran también dos de los problemas asociados con la **cavitación.**

DAÑO MATERIAL.

El daño físico asociado con el proceso de **flasheo** tiene una apariencia que frecuentemente se compara con una cubierta de fina arena, aunque en algunos materiales la superficie puede ser aun más suave. De hecho el mecanismo de daño probablemente se asemeja a la limpieza con chorros de arena. En este proceso los granos de arena son llevados a través de un medio compresible, usualmente aire o vapor y adquiere la misma velocidad.

El impacto de estas partículas a alta velocidad sobre una superficie causan deformaciones y posteriormente el desprendimiento de porciones del material.

El daño físico a las válvulas de control por las que circulan líquidos flasheantes esta usualmente restringido a la sección corriente abajo en la válvula y no es poco común que la tubería cercana a esta región sea erosionada. Si el líquido esta cerca de la saturación dentro

de la válvula, de manera que el **flasheo** comience en la sección corriente arriba del cuerpo, la superficie del **tapón** de la válvula puede **afectarse** también.

La selección del material adecuado, usualmente resolverá la mayoría de los daños por **flasheo**. Aleaciones de acero y cromo, usadas para los **cuerpos** de las válvulas, a reducido significativamente la incidencia del daño debido al **flasheo**, conocido como **destlave del cuerpo**.

DECREMENTO DE LA EFICIENCIA. (Por cavitación y flasheo).

De cierta forma la **cavitación y flasheo**, producen el mismo tipo de resultado. La ocurrencia de cualquiera de ellos, dentro de la válvula de control resultará en el decremento de la habilidad de la válvula para convertir la caída de presión a través de ella en velocidad de flujo másico.

RUIDO.

Muchas de las aplicaciones de las válvulas de control resultan con niveles de ruido bastante altos, ocasionando serios problemas a los operarios. La importancia que se dá al estudio del ruido en las válvulas de control no es sólo desde el punto de vista del operario; sino también las causas que lo originan y los efectos que producen. La transmisión del sonido es una relación dependiente de tres factores:

FUENTE.

MEDIO.

RECEPTOR.

Los tratamientos desde el punto de vista ruido están dirigidos a cualquiera de estos tres factores. Así tenemos que un tratamiento a la fuente sería la eliminación de la vibración, mientras que el aislamiento de una tubería sería tratamiento del medio y disminuir al personal de las áreas de alto nivel de sonido sería un tratamiento del receptor.

Las principales causas del ruido en las válvulas son:

VIBRACION MECANICA.- es el resultado de fluctuaciones de la presión dentro del cuerpo de la válvula, pero la principal causa es el movimiento lateral del tapón que hace que choque con la superficie de las guías.

El sonido producido por este tipo de vibración normalmente tien

ne una frecuencia menor que 1500 ciclos. El daño tanto en el tapón como en las guías se dice que es de mayor importancia que el ruido emitido.

VIBRACION NATURAL DE ALTA FRECUENCIA.- presenta, normalmente frecuencias entre 3000 y 7000 ciclos. Este tipo de vibración produce altos niveles de tensión o esfuerzo y con ello fatiga a la parte vibrante.

Las partes de la válvula susceptibles de esta clase de vibración son los tapones contorneados con huecos cóncavos y anillos de asiento metálico.

Respecto a la **inestabilidad del tapón** se argumenta una mala selección de actuador, ya que por lo general se muestra un movimiento trepidatorio mostrando que el ajuste del actuador no proporciona la suficiente fuerza en el tapón para abrir o cerrar la válvula.

El ruido producido por estas tres causas, en la actualidad ha sido eliminado con los nuevos diseños, ya que estas causas eran problemas de estructura y no de sonido.

RUIDO AERODINAMICO.

El ruido causado por la aerodinámica de los gases se debe esencialmente a la turbulencia en el flujo de los gases y esta a su vez se debe a obstrucciones en la línea, a cambios de velocidad del gas y a cambios de dirección de la corriente, pero sobre todo a las altas velocidades que adquiere al atravesar el orificio de una válvula de control.

TECNICA PARA PREDECIR EL RUIDO.

Esta técnica considera los parámetros del flujo pertinentes en la generación del ruido. Estos parámetros son carga de presión a la presión de entrada, geometría de la válvula, el tamaño y cédula de la tubería adyacente a la válvula.

La ecuación general empleada por esta técnica es:

$$SPL = SPL_{\Delta P} + \Delta SPL_{Cg} + \Delta SPL_{\Delta P/P_1} + \Delta SPL_K$$

DONDE:

SPL.- Es el nivel de ruido en decibeles audibles a un predeterminado punto de referencia de la válvula (48 plg. corriente abajo a la salida de la válvula y 29 plg. a la superficie de la tubería).

$SPL_{\Delta P}$.- Nivel de ruido en decibeles audibles (dBA), determinado como una función de la caída de presión.

ΔSPL_{Cg} .- Corrección en decibeles audibles (dBA) como una función del coeficiente de capacidad requerido.

$\Delta SPL_{\Delta P/P_1}$.- Corrección en decibeles audibles para el estilo de la válvula, la relación de la caída de presión y la presión de entrada.

ΔSPL_K .- Corrección en decibeles audibles para el tamaño y cédula de la tubería adyacente a la válvula.

Los niveles de sonido aceptados legalmente de acuerdo con asociaciones de seguridad y salud son:

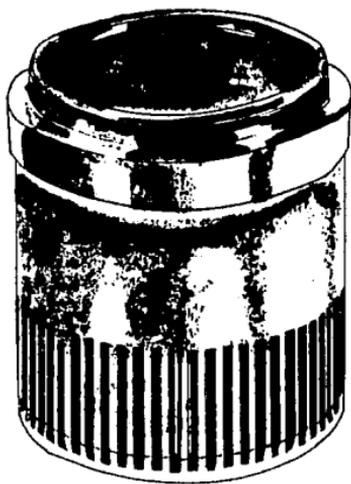
<u>DURACION (Hr.)</u>	<u>NIVEL SONIDO (dBA)</u>
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1 1/2	102
1	105
1/2	110

CONTROL DE RUIDO AERODINAMICO.

Para el control del ruido se recomiendan dos tratamientos: La fuente y el medio o ambos.

El tratamiento de la fuente previene o atenúa el ruido precisamente en la fuente, además es el más recomendable por ser física y económicamente el más factible.

Para válvulas de control, cuyos interiores son guiados por una caja, hay varias formas de tratamiento de la fuente, la caja whisper es recomendable, ya que la forma de la caja es con múltiples aberturas, tamaño y espacios especiales, diseñadas para disminuir la turbu



lencia y proporcionar una favorable distribución de la velocidad en la expansión del área.

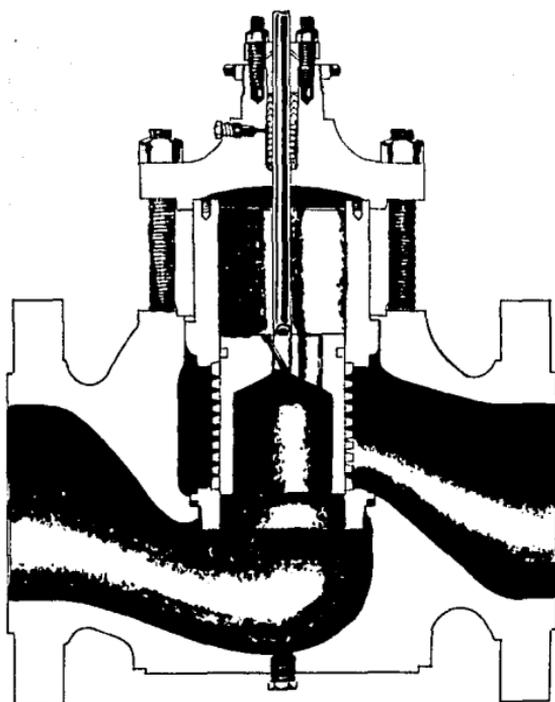
La utilización de la caja tipo *whisper I* en conjunto con una válvula adecuadamente seleccionada, puede dar como resultado atenuaciones de 15 a 20 dBA. En cuanto al criterio de selección que se si que para la caja *whisper I*, está en el valor de la relación de $\Delta P/P_1$, sea igual o menor a 0.65.

Otra forma, es aquella donde se utiliza una caja con una o más cámaras concéntricas, las cuales dividirán la caída de presión en valores más pequeños y por lo tanto con ello disminuye el ruido en forma considerable; este es el caso de la caja *whisper III* y se recomienda cuando la relación $\Delta P/P_1$ es elevada.

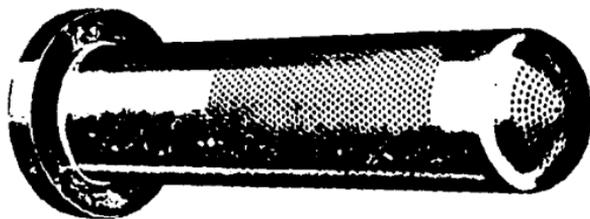
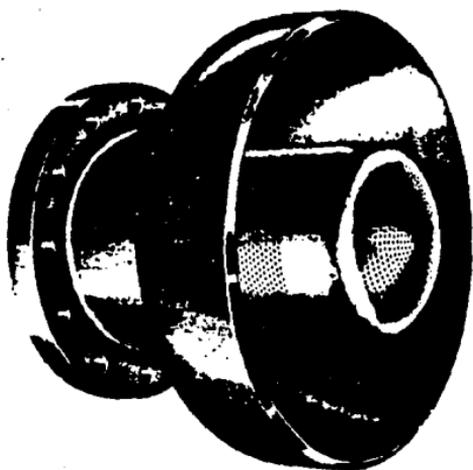
La caja *whisper III* en su máxima eficiencia puede atenuar hasta 30 dBA. Para este tipo de caja se incluye un baffle o mampara en el diseño cuando la relación $\Delta P/P_1$ es igual o mayor a 0.85, ya que el área de flujo de la mampara es más grande en comparación con el área de flujo de la cámara primaria lo cual creará pequeñas o cero caídas de presión.

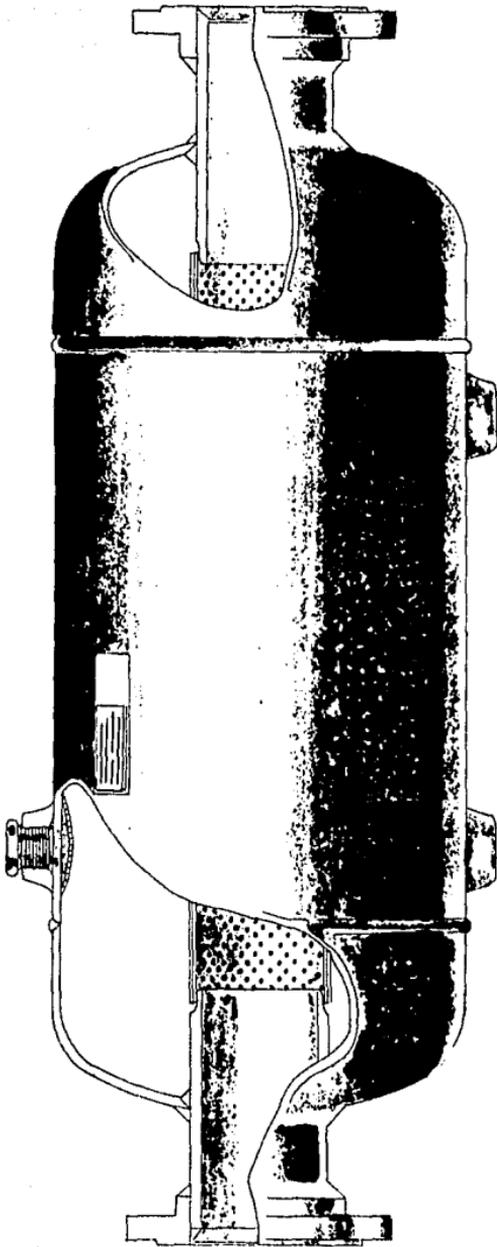
Si por el contrario la relación $\Delta P/P_1$ es menor, la mampara no se utiliza y el grado de atenuación depende del tamaño y espaciamiento

to de las restricciones de la pared de la cámara primaria.



Para otras aplicaciones donde las válvulas de control operan con relaciones de $\Delta P/P_1$ mayores de 0.65, los difusores son recomendables, ya que permiten dividir la caída de presión total entre la válvula de control. El difusor se coloca corriente abajo a la salida de la válvula. Es una técnica muy efectiva para el control del ruido. Esta técnica permite una atenuación hasta de 20 dBA.





SILENCIADOR TIPO 6020

RUIDO HIDRODINAMICO.

La principal causa del ruido hidrodinámico es la cavitación, fenómeno que da lugar a la formación de burbujas de vapor colapsándose en la corriente de un fluido líquido, lo cual ocurre cuando ese líquido se encuentra un obstáculo, siendo este obstáculo la válvula de control, perdiendo energía de presión y adquiere energía de movimiento, es decir, disminuye la presión y se eleva la velocidad, de tal manera que al haber pérdida de presión, el líquido puede alcanzar su presión de vapor, presentándose de inmediato la formación de burbujas, recuperando su presión y disminuyendo su velocidad después de pasar el orificio; por lo tanto si la presión de salida o presión corriente abajo es mayor que la presión de vapor del líquido, las burbujas desaparecen presentándose el fenómeno de la cavitación de lo contrario, si las burbujas permanecen en la corriente del fluido se presentara el fenómeno del **flasheo** anteriormente ambos fenómenos explicados.

El ruido causado por la cavitación es de menor importancia comparado con el daño físico que este fenómeno ocasiona al equipo, sin embargo eliminando este, también se elimina el ruido.

Respecto a los fluidos que **flashean** no son considerados con problemas de ruido ya que siempre estarán abajo de los 90 dBA.

PREDICCIÓN DEL RUIDO HIDRODINÁMICO.

Se emplea la misma ecuación que para el ruido aerodinámico, con algunas alteraciones por tratarse de la manipulación de líquidos.

$$SPL = SPL_{\Delta P} + \Delta SPL_{CV} + \Delta SPL_{\Delta P/(P_1 - P_v)} + \Delta SPL_K$$

Donde:

SPL .- Nivel de sonido total en dBA en un punto predeterminado (48 pulgadas corriente abajo de la salida de la válvula y 29 pulgadas de la superficie de la tubería).

$SPL_{\Delta P}$.- Nivel de sonido en dBA, determinado como una función de la caída de presión.

ΔSPL_{CV} .- Corrección de los dBA, debido al coeficiente de capacidad requerido.

$\Delta SPL_{\Delta P/(P_1 - P_v)}$.- Corrección de los dBA debido al estilo de la válvula y la relación de la caída de presión entre la presión de entrada y la presión de vapor.

ΔSPL_K .- Corrección del sonido por tamaño y cédula de la tubería corriente abajo.

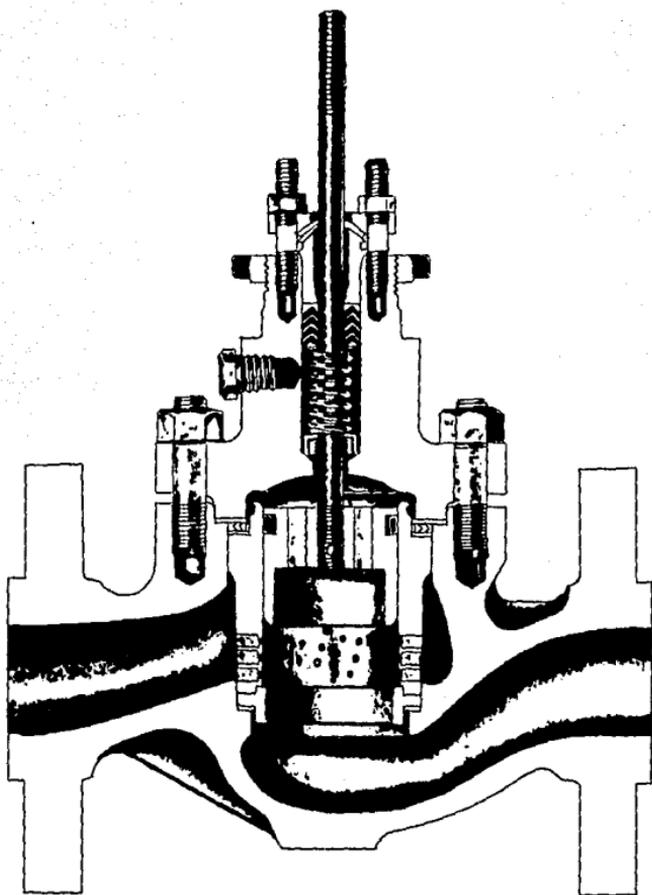
CONTROL DEL RUIDO HIDRODINAMICO.

El tratamiento de la fuente para problemas de ruido asociado con las válvulas de control que manipulan líquidos, está dirigido principalmente a la eliminación o disminución de la cavitación.

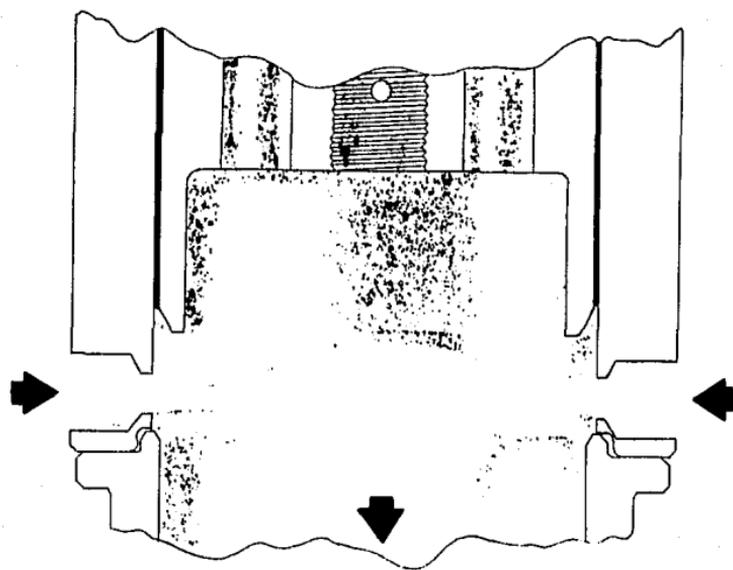
El ruido producido por la cavitación, puede ser eliminado mediante la aplicación de límites apropiados a las condiciones de servicio de la válvula, ya sea, mediante la utilización de válvulas en serie, cajas guías cuyo diseño incluye orificios diametralmente opuestos o bien cajas que llevan orificios en serie, permitiendo ambos diseños dividir la caída de presión y también disminuir o eliminar el ruido.

De los dispositivos más recomendados para la reducción o eliminación de la cavitación y ruido, se tienen las cajas cavitrol I, cavitrol III y cavitrol V.

El diseño del cavitrol I tiene una serie de orificios en la pared de la caja diametralmente opuestos, lo cual dividirá a la corriente del líquido en pequeñas corrientes que al encontrarse en el centro de la caja, chocarán formando un colchón de líquido y vapor, donde las burbujas se colapsarán, no se eliminará la cavitación solo se lleva a una zona donde no afecte.



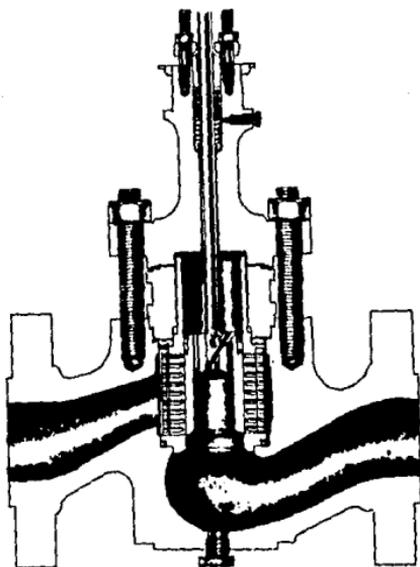
DISEÑO ED CON CAVITROL 1



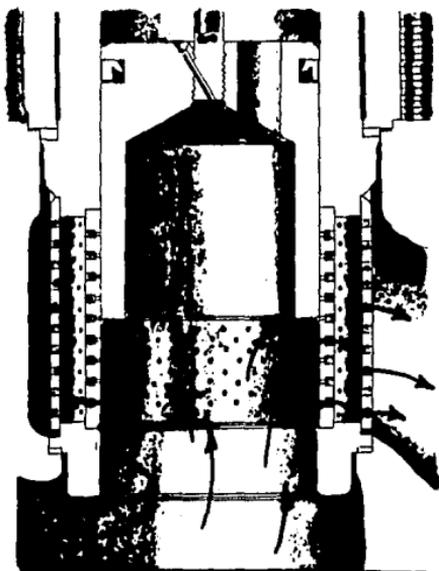
VISTA LATERAL DEL CAVITOL I

El *cavitrol III* tiene una serie de orificios que toma la caída de presión en una serie de etapas, es decir, el fluido entra a la primera sección de la caja a través de los orificios, al pasar por éstos, cada uno lleva una parte de la caída de presión total. El fluido pasa a través de otra serie adicional de orificios y logra una mayor reducción en la caída de presión.

El número de etapas esta en función de la caída de presión, así como la capacidad requerida.



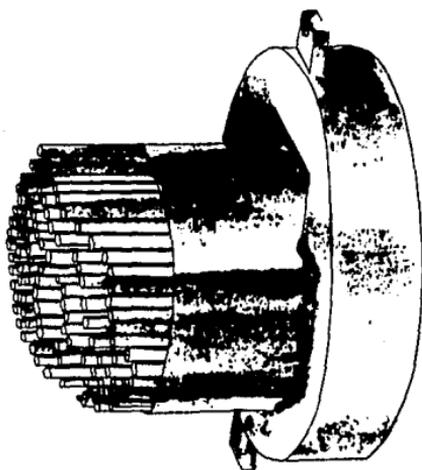
DISERO ED CON WHISPER III



El *cavitrol V* esta diseñada para utilizarse en las válvulas tipo bola, modelo U; virtualmente eliminan el ruido de la cavitación y sus daños. Se instalan en el interior de las válvulas tipo bola.

El *cavitrol V*, reduce el aumento y nivel de energía de las burbujas producidas por la cavitación hasta el punto donde la implosión de las burbujas no dañe el límite de la superficie.

El *cavitrol V* reduce el ruido, minimiza los daños y tienen una gran versatilidad en el desarrollo de la válvula y amplia estabilidad.



CORROSION.

Los equipos en plantas industriales con frecuencia sufren daños severos a causa de la *corrosión*, aminorando su vida útil, pero en los últimos años se han tenido grandes adelantos en su detección y métodos de prevención para controlarla.

La *corrosión* es el deterioro o destrucción que sufren los materiales al reaccionar o interactuar con el medio en que se encuentran.

Prácticamente todos los medios son *corrosivos* en algún grado, por ejemplo, el aire en una zona industrial, el agua urbana e industrial, algunos gases, como el amoníaco, dióxido de azufre, cloro, ácidos tales como el clorhídrico, sulfúrico, nítrico, ácidos orgánicos como el acético y fórmico, soluciones alcalinas, solventes, aceites vegetales y del petróleo; y una gran variedad de productos alimenticios.

En general las sustancias inorgánicas son más *corrosivas* que las orgánicas. Por ejemplo, en la industria petrolera el mayor grado de *corrosión* es ocasionado por el cloruro de sodio, azufre, ácidos clorhídricos y sulfúrico; y en menor grado por los aceites, naftas, diesel o gasolinas.

Es imposible eliminar la *corrosión* y el secreto efectivo de la *ingeniería* en este campo, radica más en su control y prevención, que en

su eliminación, siendo necesario tomar en cuenta el fenómeno corrosivo desde el diseño de las instalaciones y no después de estar en operación.

La corrosión básicamente ocasiona dos tipos de problemas, uno de aspecto económico y otro de aspecto humano.

DENTRO DEL ASPECTO ECONOMICO.

- Reposición de equipo.
- Mantenimiento preventivo, como la aplicación de recubrimientos.
- Contaminación de productos valiosos.
- Pérdida de productos valiosos.

DENTRO DEL ASPECTO HUMANO.

La seguridad, ya que algunas fallas pueden ocasionar incendios, explosiones o liberación de productos tóxicos que ponen en peligro la vida del hombre.

La corrosión se produce en muchas y variadas formas, pero su clasificación general se basa en lo siguiente:

CLASIFICACION GENERAL.

- NATURALEZA DE LAS SUSTANCIAS CORROSIVAS.

Húmeda.

Seca.

- MECANISMOS DE CORROSION.

Química.

Electroquímica.

- APARIENCIA DEL METAL CORROIDO.

Uniforme.

Localizada: Macroscópica.

Microscópica.

La corrosión húmeda.- ocurre cuando el líquido está presente, un ejemplo es la corrosión del acero por el agua.

La corrosión seca.- se efectúa con vapores y gases a altas temperaturas, un ejemplo es la corrosión del acero por los gases de combustión.

La corrosión de ácidos.- al estar en contacto un metal con una solución ácida, el metal es atacado rápidamente, desprendiéndose el hidrógeno.

La corrosión en soluciones neutras y alcalinas, se presenta en medios como aguas tratadas, en agua de mar, en soluciones salinas y alcalinas o básicas. En la mayoría solamente ocurre cuando estos contienen oxígeno disuelto.

La *corrosión* más familiar de este tipo es la oxidación del hierro cuando se expone a una atmósfera húmeda o bien en agua.

Los materiales también pueden ser atacados con soluciones que no contengan oxígeno o ácidos, tales como las soluciones denominadas oxidantes, que contienen sales férricas y compuestos cúpricos.

Todo proceso de *corrosión* necesita por lo menos una reacción de oxidación y una reacción de reducción, por lo que podemos decir que las reacciones de la *corrosión* son electroquímicas en naturaleza.

La corrosión uniforme. - es el tipo de corrosión más común y normalmente se caracteriza por una reacción química o electroquímica, la cual ataca la superficie del material uniformemente. Por ejemplo, una válvula de acero instalada en una tubería, dentro de la cual fluye ácido sulfúrico diluido, es atacada su superficie a una velocidad uniforme, esto provoca que el metal con el tiempo se adelgace y posteriormente se fracture.

Este tipo de *corrosión* puede prevenirse o reducirse con materiales apropiados, incluyendo recubrimientos, inhibidores y protección catódica.

La corrosión localizada.- es más difícil de detectar, ya que ataca áreas específicas o partes de la estructura del material, esto ocasiona fallas prematuras en el instrumento.

La corrosión galvánica.- es llamada también **corrosión** de dos metales, ésta se produce cuando existe una diferencia de potencial entre dos metales que están sumergidos en una solución corrosiva o conductiva llamada electrolito. Si estos metales están en contacto, la diferencia de potencial produce un flujo de electrones entre ellos, provocando que el metal menos resistente a la corrosión (metal anódico), sea atacado y el metal más resistente sea protegido (metal catódico).

Los siguientes procedimientos pueden ser usados para combatir o minimizar la corrosión galvánica:

- Seleccionar una combinación de metales o aleaciones lo más cerca posible en la serie galvánica.
- Aplicación de recubrimientos especiales.
- Adición de inhibidores si es posible para disminuir la corrosión del medio o electrolito.

La corrosión por erosión.- Es la aceleración o incremento en la velocidad de deterioración o ataque en un metal por el movimiento relativo entre el flujo corrosivo y la superficie del metal. Muchos tipos de medios corrosivos pueden causar la corrosión

por erosión, dentro de éstos se incluyen los gases, soluciones acuosas, sistemas orgánicos y metales líquidos.

Se conocen cinco métodos de prevención o minimización de corrosión por erosión:

1º Selección de los mejores materiales resistentes a la corrosión por erosión. Frecuentemente la adición de un tercer elemento a una aleación incrementa su resistencia a este tipo de corrosión.

2º Se puede reducir este tipo de corrosión a través de un buen diseño, por ejemplo el aumento en el diámetro de una válvula provoca que la velocidad disminuya, así como la turbulencia del fluido si es que existe.

3º La alteración del medio se logra con la adición de inhibidores y en el caso de tener en el fluido sólidos en suspensión se recomienda usar filtros.

4º Con los recubrimientos se crea una barrera entre el metal y el medio.

5º Los materiales con alto grado de dureza en la corrosión se incluyen dos tipos especiales que son:

CORROSION POR CAVITACION que es ocasionada por la formación y aplastamiento de burbujas de vapor de un líquido en la superficie de un metal. Este fenómeno se efectúa en los interiores de las válvulas cuando existen altas velocidades de flujo y variaciones de presión considerables.

Para prevenir esto en las válvulas se recomienda aumentar el diámetro, con lo cual disminuirá la velocidad del fluido y las variaciones de presión.

CORROSION POR FRICCION se origina por contacto o fricción entre las superficies de dos materiales que se encuentran bajo la influencia de vibraciones o desplazamientos, como sucede entre el tapón y los interiores de la válvula.

Para minimizar o prácticamente eliminar este tipo de corrosión se recomienda:

- a) Lubricar con aceites de baja viscosidad y grasa.
- b) Aumentar la dureza de uno o ambos materiales en contacto.
- c) Usar empaque que absorban la vibración.

La corrosión por hendidura. - se produce por una acumulación de iones nocivos o por presencia de oxígeno en determinadas superficies del metal. Esto es provocado normalmente por un diseño inapropiado.

Los métodos para combatir o minimizar este tipo de corrosión es el uso de juntas entre los espacios, la inspección del equipo, quitar los depósitos frecuentemente y usar frecuentemente empaques de teflón.

La corrosión por picadura.- es una de las más destructivas, su detección es difícil por su tamaño que es pequeño y porque las picaduras frecuentemente son cubiertas por productos corrosivos.

La picadura es un ataque localizado que da por resultado orifi-cios en el metal. Estos orificios pueden ser pequeños, o de gran diámetro, pero la mayoría de las veces éstos son relativamente pequeños.

Los métodos de prevención son similares a los usados en la corrosión por hendedura, la selección de buenos materiales para combatir este tipo de corrosión como por ejemplo el acero inoxidable tipo 304, 316, hastelloy F, durimet 20, hastelloy C, titanio etc.

La corrosión microscópica.- la cantidad de metal atacado es mínimo, pero puede conducir a daños considerables antes de que el problema sea visible.

TABLA DE CORROSION MATERIALES

FLUIDO	AC. AL. CROMO	ACERO	TP-4 P.H.S.	AL. INOX. 304	AL. INOX. 304	BRONZE	MOSEL	HASTELLOY B	HASTELLOY C	QUINISTO	AL. INOX. 440C	ESTELITE 6	VITON	S.P.R.
ACETALDENIDO	A	A	A	A	A	A	A	IL	A	A	A	A	A	IL
ACIDO ACETICO, SIN AIRE	C	C	B	B	B	B	B	A	A	A	C	A	C	IL
ACIDO ACETICO, AEREAO	C	C	B	B	B	B	B	A	A	A	C	A	C	IL
VAPORES DE ACIDO ACETICO	C	C	B	B	B	B	B	A	A	A	C	A	C	IL
ACETONA	A	A	A	A	A	A	A	IL	A	A	A	A	A	IL
ACETILENO	A	A	A	A	A	IL	A	A	A	A	A	A	A	A
ALCOHOLES	A	A	IL	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	IL
SULFATO DE ALUMINIO	A	A	IL	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	IL
AMONIACO	C	C	IL	A	A	B	A	A	A	A	C	A	IL	B
CLORURO DE AMONIO	C	C	IL	A	A	B	A	A	A	A	C	A	IL	B
NITRATO DE AMONIO	A	C	IL	A	A	C	C	A	A	A	B	B	B	A
FOSFATO DE AMONIO (MONOBASICO)	A	C	IL	A	A	C	C	A	A	A	B	B	B	A
SULFATO DE AMONIO	C	C	IL	B	A	B	A	A	A	A	C	A	A	A
SULFITO DE AMONIO	C	C	IL	A	A	B	C	IL	A	A	B	A	A	IL
ANILINA	C	C	IL	A	A	B	C	IL	A	A	B	A	A	IL
ASFALTO	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C
CERVEZA	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B
BENZENO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B
ACIDO BENZOICO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	IL
ACIDO BORICO	C	C	IL	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	IL
BUTANO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C
CLORURO DE CALCIO (ALCALINO)	B	B	IL	C	B	B	A	A	A	A	C	IL	A	IL
HIPOCLORITO DE CALCIO	B	B	IL	B	B	B	A	A	A	A	IL	IL	C	IL
ACIDO CARBOLICO	C	B	IL	B	B	B	A	A	A	A	IL	IL	C	IL
OXIDO DE CARBONO SECO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	IL
OXIDO DE CARBONO HUMEDO	C	C	IL	A	A	B	C	A	A	A	A	A	IL	C
DISULFURO DE CARBONO	A	B	IL	B	B	B	A	B	A	A	A	A	IL	C
TETRACLORURO DE CARBONO	B	B	IL	B	B	B	A	B	A	A	A	A	IL	C
ACIDO CARBONICO	C	C	A	B	B	B	A	A	A	A	A	A	IL	IL
CLORO GASEOSO SECO	A	A	A	B	B	B	A	A	A	A	C	A	IL	IL
CLORO GASEOSO HUMEDO	C	C	C	C	C	C	C	B	A	C	C	B	IL	IL
CLORO LIQUIDO	C	C	C	C	C	C	C	C	A	C	C	B	IL	IL
ACIDO CROMICO	C	C	C	C	C	C	C	C	A	C	C	B	IL	IL
ACIDO LITRICO	IL	C	B	B	B	A	B	A	A	A	B	IL	A	IL
GAS DOMESTICO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	IL	IL
SULFATO DE COBRE	C	C	A	B	B	B	C	IL	A	A	A	IL	A	IL
ACEITE VEGETAL	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	IL	IL
CINCOBOTE	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	IL	IL
ETANO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	IL	IL
ETER	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	IL
CLORURO DE ETILENO	C	C	IL	A	A	A	A	A	A	A	B	A	IL	IL
ETILENO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	IL	IL
ETILENO GLICOL	A	A	A	A	A	A	A	A	IL	A	A	A	IL	IL
CLORURO FERRICO	C	B	IL	C	C	C	A	C	B	C	C	A	IL	IL
FORMALDENIDO	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	IL	IL
ACIDO FORMICO	IL	C	B	B	B	A	A	A	A	A	C	B	C	IL
FREON HUMEDO	B	B	IL	B	B	A	A	A	A	A	IL	A	C	IL
FREON SECO	B	B	IL	B	B	A	A	A	A	A	IL	A	C	IL
FURFURAL	A	A	IL	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	IL
SABOLINA	A	A	IL	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	IL

A = RECOMENDABLE B = EFECTOS MODERADOS PROCEDER C/PRECAUCION. C = INSATISFACTORIO

IL = NO HAY INFORMACION. MARCAS DE FAB. DE ® TRADEMARK OF INTERNATIONAL NICHOL CO.

® TRADEMARK OF VYLLITE DIVISION, CABOT CORP.

E.P.R. = RESINA DE ETILENO PROPILENO

® TRADEMARK OF DURIUM CO.

TABLA DE CORROSION MATERIALES

FLUIDO	AC. AL. CARBON	ACERO	17'-8 P.N. S.S.	AC. INOX. 304	AC. INOX. 304	BRONCE	MOBEL	HARTLELOY B	HARTLELOY C	QUINBRZO	AC. INOX. 440 C	SATELITES 4	VITON	E. P. R
ACETALDEHIDO	A	A	A	A	A	A	A	IL	A	A	A	IL	C	IL
ACIDO ACETICO, SIMAIRE	C	C	B	B	B	B	B	A	A	A	C	A	C	IL
ACIDO ACETICO, AEREAEO	C	C	B	B	B	B	B	A	A	A	C	A	C	IL
VAPORES DE ACIDO ACETICO	C	C	B	B	B	B	B	A	A	A	C	A	C	IL
ACETONA	A	A	A	A	A	A	A	IL	A	A	A	A	C	IL
ACETILENO	A	A	A	A	A	IL	A	A	A	A	A	A	A	A
ALCOHOLES	A	A	A	A	A	IL	A	A	A	A	A	A	A	A
SULFATO DE ALUMINIO	C	C	IL	A	A	A	A	A	A	A	C	IL	IL	A
AMONIACO	A	A	IL	A	A	A	A	A	A	A	A	IL	IL	A
CLORURO DE AMONIO	C	C	IL	A	A	A	A	A	A	A	A	IL	IL	A
NITRATO DE AMONIO	A	C	IL	A	A	C	C	A	A	B	B	A	B	A
POSPATO DE AMONIO (MONOBASICO)	C	C	IL	B	A	B	C	A	A	A	C	A	A	A
SULFATO DE AMONIO	C	C	IL	A	A	B	C	IL	A	A	B	A	A	A
SULFITO DE AMONIO	C	C	IL	A	A	C	C	A	A	A	C	A	A	IL
ANILINA	C	C	IL	A	A	C	C	A	A	A	C	A	A	IL
ASPALTO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C
CERVEZA	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B
BENZENO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C
ACIDO BENZOICO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B
ACIDO BORICO	C	C	IL	A	A	A	A	IL	A	A	A	IL	IL	IL
BUTANO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	C
CLORURO DE CALCIO (ALCALINO)	B	B	IL	C	B	B	C	A	A	C	C	IL	IL	IL
HIPOCLORITO DE CALCIO	C	C	IL	A	A	A	A	A	A	A	A	IL	IL	IL
ACIDO CARBOLICO	B	B	IL	A	A	A	A	A	A	A	A	IL	IL	IL
OXIDO DE CARBONO SECO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	IL
OXIDO DE CARBONO HUMEDO	C	C	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	IL	IL
DISULFURO DE CARBONO	A	A	IL	A	A	C	A	A	A	A	A	A	IL	C
TETRACLORURO DE CARBONO	B	B	A	B	B	B	A	B	A	A	A	IL	A	C
ACIDO CARBONICO	C	A	IL	B	B	B	A	A	A	A	A	IL	B	IL
CLORO GASEOSO SECO	A	A	C	C	C	A	A	A	A	A	A	IL	IL	IL
CLORO GASEOSO HUMEDO	C	C	C	C	C	C	C	B	A	C	C	B	IL	IL
CLORO LIQUIDO	C	C	C	C	C	C	C	C	A	C	C	B	IL	IL
ACIDO CROMICO	C	C	C	C	C	C	C	C	A	C	C	B	IL	IL
ACIDO LITRICO	IL	C	C	B	B	A	B	A	A	A	A	IL	IL	IL
SAB DOMESTICO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	IL	IL	IL
SULFATO DE COBRE	C	C	A	B	B	B	C	IL	A	A	A	IL	IL	IL
ACEITE VEGETAL	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	IL	IL
CRIBOSOTE	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	IL	IL
ETANO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	IL	IL
ETER	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	IL	IL
CLORURO DE ETILENO	C	C	IL	A	A	A	A	A	A	A	B	A	IL	IL
ETILENO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	IL	IL
ETILENO GLICOL	A	A	IL	A	A	A	A	IL	IL	A	A	A	IL	IL
CLORURO FERRICO	C	C	A	C	C	A	C	C	A	C	C	A	IL	IL
FORMALDEHIDO	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	IL	IL
ACIDO FORMICO	IL	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	B	C	IL
FREON HUMEDO	B	B	IL	A	A	A	A	A	A	A	IL	A	C	IL
FREON SECO	B	B	IL	A	A	A	A	A	A	A	IL	A	C	IL
FURFURAL	A	A	IL	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	IL
SASOLINA	A	A	IL	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	IL

A = RECOMENDABLE B = EFECTOS MODERADOS PROCEDER C/PRECAUCION. C = INSATISFACTORIO
 IL = NO HAY INFORMACION. MARCAS DE FAB. DE ® TRADEMARK OF INTERNATIONAL NICKEL CO.
 E. P. R. = RESINA DE ETILENO PROPILENO ® TRADEMARK OF STELLITE DIVISION, CABOT CORP.
 ® TRADEMARK OF DURIRON CO.

TABLA DE CORROSION MATERIALES

FLUIDO	AC. AL. CARBON	ACERO	7-4 PM. S.S.	AC. INOX. 304	AC. INOX. 304	BRONCE	NIOBEL	HASTELLOY B	HASTELLOY C	DURIMET 20	AC. INOX. 440 C	STELLITE # 6	VITON	E. P. R.
GLUCOSA	A	C	C	C	C	C	C	A	A	A	C	A	A	IL
AC. HIDROCLORICO AEREAO	C	C	C	C	C	C	C	A	A	A	C	A	A	IL
AC. HIDROCLORICO SIN AIRE	C	C	C	C	C	C	C	A	A	A	C	A	A	IL
AC. HIDROFLUORICO AEREAO	C	C	C	C	C	C	C	A	A	A	C	A	A	IL
AC. HIDROFLUORICO SIN AIRE	C	C	C	C	C	C	C	A	A	A	C	A	A	IL
AC. HIDROFLUORICO EN AIRE	C	C	C	C	C	C	C	A	A	A	C	A	A	IL
HIDROGENO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B
PEROXIDO DE HIDROGENO	IL	A	IL	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A
SULFURO DE HIDROGENO LIQUIDO	C	A	IL	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A
HIDROXIDO DE NAGNESIO	A	A	IL	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A
MERCURIO	A	A	IL	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A
METANOL	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
METIL ETIL CETONA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
LECHE	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SAB NATURAL	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
AC. NITRICO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
ACIDO OLEICO	C	C	IL	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	C
ACIDO ORALICO	C	C	IL	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	C
BRISNO	C	C	IL	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	C
FRACC. DE PETROLEO	C	C	IL	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	C
AC. FOSFORICO AEREAO	C	C	IL	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	C
AC. FOSFORICO SIN AIRE	C	C	IL	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	C
VAPORES DE AC. FOSFORICO	C	C	IL	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	C
ACIDO PICRICO	C	C	IL	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	C
CLORURO DE POTASIO	B	B	IL	A	A	C	B	A	A	A	A	A	A	A
HIDROXIDO DE POTASIO	B	B	IL	A	A	C	B	A	A	A	A	A	A	A
PROPANO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C
RESINA	B	B	IL	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	IL
NITRATO DE PLATA	C	C	IL	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
ACETATO DE SODIO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CARBONATO DE SODIO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CLORURO DE SODIO	C	C	B	B	B	A	A	A	A	A	B	A	A	A
CROMATO DE SODIO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
HIDROXIDO DE SODIO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
NITROCLORURO DE SODIO	C	C	IL	A	A	B-C	B-C	A	A	A	B	A	A	C
TIOSULFATO DE SODIO	C	C	IL	A	A	B-C	B-C	A	A	A	B	A	A	C
CLORURO DE ESTADNO	B	B	IL	C	A	C	B	B	A	A	C	IL	A	IL
AC. ESTERICO	A	A	IL	A	A	C	B	A	A	A	IL	B	A	IL
LICOR DE SULFATO NEGRO	A	A	IL	A	A	C	B	A	A	A	IL	B	A	IL
AZUFRE	A	A	IL	A	A	C	B	A	A	A	IL	B	A	IL
DIOXIDO DE AZUFRE SECO	A	A	IL	A	A	C	B	A	A	A	IL	B	A	IL
TRIOXIDO DE AZUFRE SECO	A	A	IL	A	A	C	B	A	A	A	IL	B	A	IL
AC. SULFURICO AEREAO	C	C	C	C	C	C	C	A	A	A	C	A	A	B
AC. SULFURICO SIN AIRE	C	C	C	C	C	C	C	A	A	A	C	A	A	B
AC. SULFUROSO	C	C	C	C	C	C	C	A	A	A	C	A	A	B
ORINA Y ALQUITRAN	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C
TRICLOROETILENO	B	B	IL	B	A	A	A	A	A	A	B	A	A	C
TURPENTINA	B	B	IL	B	A	A	A	A	A	A	B	A	A	C
VINAGRE	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
AGUA PARA CALDERAS	B	B	IL	B	A	A	A	A	A	A	B	A	A	C
AGUA DESTILADAS	A	A	IL	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
AGUA DE MAR	B	B	IL	B	A	A	A	A	A	A	B	A	A	C
WHISKEY Y VINOS	C	C	IL	C	A	A	A	A	A	A	C	A	A	IL
CLORURO DE ZINC	C	C	IL	C	A	A	A	A	A	A	C	A	A	IL
SULFATO DE ZINC	C	C	IL	C	A	A	A	A	A	A	C	A	A	IL

A = RECOMENDABLE B = EFECTOS MODERADOS PROCEDER C/PRECAUCION C = INSATISFACTORIO
 IL = NO HAY INFORMACION. MARCAS DE FAB. ® TRADEMARK OF INTERNATIONAL NIREL CO.
 E. P. R. RESINA DE ETILENO PROPILENO ® TRADEMARK OF STELLITE DIVISION CABOT CORP.
 ® TRADEMARK OF DURIRON CO.

**CAPITULO V MATERIALES EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCION DE LAS
VALVULAS DE CONTROL.**

La selección de los *materiales* para las válvulas de control es un punto de mayor importancia, ya que éstas manejan todo tipo de fluidos, desde aire hasta fluidos muy corrosivos, en rangos de presión y temperatura muy variados.

A continuación se presentan los *materiales* comunmente usados en la industria, principalmente la petrolera, desde *acero al carbón* hasta *aceros inoxidables y aleaciones de níquel y cobalto*, ya que la selección de éstos, dependerá el buen funcionamiento de las válvulas de control.

ACERO AL CARBON FUNDIDO tipo ASTM-A216 grado WCB.

WCB es el acero al carbón estandar, para cuerpos de válvulas; es fácilmente sin un tratamiento posterior de calor. Este tiene un rango usual de temperatura de -20°F a 800°F .

Es el indicado para usos de vapor saturado y sobresaturado, agua fría o caliente, aceites no corrosivos calientes o fríos, gas, aire y otros fluidos.

ACERO AL CARBON FUNDIDO tipo ASTM-A352 grado LCB.

LCB es un acero ferrítico ideado con la finalidad de poder usarse en servicios con bajas temperaturas (-50°F). Tiene menos resistencia física que la anterior, pero se usa para los mismos servicios. La diferencia con el anterior es que éste tratado en calien-

te a 592°C (1100°F) es resistente a prueba de impacto hasta temperaturas de -46°C (-50°F).

ACERO AL CARBON en barra tipo AISI 1018, ASTM A108 Grado 1018.

Este es un tipo de acero al bajo carbón es de maquinado fácil, puede ser soldado. Debe ser protegido a la corrosión atmosférica y es solamente recomendable para fluidos no corrosivos.

ACERO AL CARBON en barra, tipo AISI 1117, ASTM A-107 ó A-108, Grado 1117.

Este es un acero al bajo carbón, con alto contenido de azufre, de fácil maquinado. Debe ser protegido de la corrosión atmosférica y es solamente recomendable para fluidos no corrosivos.

ACERO AL CARBON en barra, tipo AISI 1035, ASTM A-107 ó A-108, Grado 1035.

Este es un acero al medio carbono el cual puede ser endurecido al horno. Debe protegerse ante la corrosión atmosférica y solamente es recomendable para fluidos no corrosivos.

ACERO AL CROMO-MOLIBDENO (4-6% Cr, 1/2% Mo), tipo ASTM A217-C₂.

Este tipo de acero es usado en un rango de temperaturas de -20 a 1100°F, se utiliza para servicios de aceites y gases, los cuales son muy corrosivos a altas temperaturas. Este acero debe ser protegido de la corrosión atmosférica.

El bajo contenido de carbono (4-6%), lo hace resistente a flujos corrosivos. Es ideal para servicios muy severos, particularmente para servicios en refinerías de aceite, a altas temperaturas donde la resistencia a la corrosión es esencial.

ACERO AL CROMO-MOLIBDENO (2 1/4% Cr, 1% Mo), tipo ASTM A217WCG.

En este tipo de acero, el contenido de cromo le da mayor resistencia a la corrosión y el molibdeno, incrementa la resistencia intergranular. Su temperatura de servicio es de -20° a 1050°F .

Resiste a la corrosión de vapores provenientes del petróleo, es más resistente que el acero al carbón.

ACERO AL NIQUEL (3 1/2% Ni), tipo ASTM A 352 GR LC2.

A temperaturas bajo cero resiste bien la prueba de impacto, se recomienda particularmente para válvulas en una temperatura de servicios de hasta -73°C (100°F).

ACERO AL CROMO-MOLIBDENO (9% Cr, 1% Mo) tipo ASTM A217 GR C.12.

Contiene suficiente cromo para dar una buena resistencia a la oxidación a temperaturas arriba de 1200°F . El molibdeno contribuye favorablemente a las propiedades de resistencia a temperaturas moderadas. Tiene poca resistencia a la corrosión, pero tiene una buena resistencia a la oxidación.

ACERO AL CROMO-NIQUEL-MOLIBDENO tipo AISI 4340.

Este tipo de acero es tenaz y resistente al impacto. Su temperatura de servicio es de -20° a 1000°F . Debe protegerse de la corrosión atmosférica.

ACERO INOXIDABLE, tipo ASTM A 276, tipo 302.

Es un acero inoxidable al cromo-níquel (18% y 8% respectivamente), posee una excelente resistencia a la corrosión, resistente al ácido nítrico y tiene la misma resistencia que el tipo 304 en cuanto a la corrosión. Es resistente arriba de los 1600°F .

ACERO INOXIDABLE, tipo ASTM A 276, tipo 304.

Es resistente al calor, es usado en medios tales como el ácido nítrico en ebullición, el cual produce una fuerte oxidación, también es resistente a productos alimenticios, compuestos orgánicos, colorantes y compuestos inorgánicos. Es más resistente a la corrosión que el tipo 302.

ACERO INOXIDABLE, tipo ASTM A 276, tipo 304 en Barra.

Las partes construídas de esta aleación son limitadas generalmente a temperaturas de servicio arriba de los 800°F .

ACERO INOXIDABLE 304 Fundido, tipo ASTM A296 ó A351 Grado CF8.

Es una aleación de níquel-cromo e hierro, tiene una excelente

resistencia a una gran variedad de fluidos corrosivos, es especialmente útil a medios oxidantes, resiste productos alimenticios, soluciones esterilizantes, sustancias orgánicas, al ácido nítrico y ácido sulfúrico.

ACERO INOXIDABLE FUNDIDO, tipo 304L, ASTM A296 ó A351 Grado CF3.

Es un acero inoxidable auténtico, similar al tipo 304. Su rango de temperaturas de servicio es de -425°F a 800°F .

ACERO INOXIDABLE en Barra, tipo ASTM A 276, tipo 316.

Tiene una resistencia superior a la del acero inoxidable al cromo-níquel expuesto a diferentes fluidos corrosivos, así como también al agua de mar. Puede usarse a 1600°F . Es un material estándar para interiores de válvulas.

Especialmente se utiliza en la industria química, indicado para ácido sulfúrico, acético, vapor y soluciones de cloruro.

ACERO INOXIDABLE en Barra ASTM A 276, tipo 316 L.

Es una modificación del 316, puede utilizarse a 1600°F , pero las partes construidas por este material son limitadas usualmente a 850°F máximo. Es resistente a la corrosión intergranular.

ACERO INOXIDABLE Fundido, ASTM A296 ó A351 Grado CF8M tipo 316.

El grado CF8M es similar al grado CF8 tipo 304, con alto contenido de níquel y de 2% a 3% de molibdeno. El CF8M se utiliza para servicios corrosivos, altas temperaturas y servicios criogénicos, el rango de temperatura va desde -425°F a 1500°F, pero para temperaturas de servicio arriba de 1000°F el contenido de Carbono debe ser mayor.

Este acero fue desarrollado originalmente para resistir el ácido sulfúrico, pero este también resiste las picaduras del ácido fosfórico y acético.

ACERO INOXIDABLE Fundido tipo 316L ASTM A296 ó A351 Grado CF3M.

Es una modificación del grado CF8M, el cual se puede utilizar desde -425°F a 850°F, tiene resistencia a la corrosión intergranular.

ACERO INOXIDABLE tipo 347 en Barra ASTM A 276.

Es un acero inoxidable al cromo-níquel de grado estabilizado, este grado fue desarrollado para eliminar la precipitación de carburos y por consiguiente la corrosión intergranular. Se utiliza en la construcción de interiores de válvulas. Resiste la corrosión intergranular, al ácido nítrico y tiene una excelente resistencia arriba de 1600°F.

ACERO INOXIDABLE AISI tipo 410, ASTM A 276 tipo 410.

Este es una aleación de hierro-cromo, conteniendo la cantidad mínima de cromo necesaria para darle la propiedad de resistir la corrosión atmosférica. Es el más económico de los aceros inoxidables. Es resistente a 1200°F, así como al vapor, crudo, gasolina, alcohol, amoniaco, mercurio, al agua dulce, etc.

ACERO INOXIDABLE Forjado tipo 17-4PH, ASTM A 461, Grado 630.

Este contiene aproximadamente 17% de Cr y 4% de Ni, se endurece por precipitación. Se utiliza en la construcción de interiores de válvulas. Su rango de temperatura es de 40°F a 800°F. Es resistente a la corrosión, la corrosión por fatiga la resiste esta aleación cuando se endurece a temperaturas de 1000°F o mayores, sin embargo para mejores resultados en estas condiciones deberá endurecerse a la más alta temperatura para obtener los resultados requeridos, pero no es recomendable endurecerlo a menos de 1000°F.

ACERO INOXIDABLE Fundido tipo 17-4PH. ACI Grado CB-7cv.

Generalmente se utiliza en partes interiores como tapones de válvulas. Tiene las mismas características de resistencia a la corrosión que el anterior.

ALEACION 20, ACERO INOXIDABLE, Fundido al Níquel-Cromo ASTM A-296 ó A-351 Grado CN-7M (DURIMET 20).

Este tipo es una aleación de hierro, níquel, cromo, molibdeno y cobre, el cual se utiliza especialmente para H_2SO_4 . Es fabricado en cualquier forma y el que se utiliza fundido es para partes sometidas a presión, tal como interiores de válvulas. Para piezas fundidas que van a ser soldadas la máxima temperatura de servicio que soporta es de $300^{\circ}F$.

Esta aleación es la más utilizada para servicios de ácido sulfúrico, sin embargo puede usarse bajo algunas condiciones para servicios de ácido acético (caliente), soluciones salinas, soluciones cáusticas (concentradas calientes), ácido clorhídrico diluido, ácido nítrico y otras soluciones químicas.

MONEL Fundido, ALEACION 411 (Grado soldable).

El monel fundido es una aleación de níquel-cobre, usado en la construcción de cuerpos de válvulas e interiores fundidos para temperaturas desde $-400^{\circ}F$ hasta $900^{\circ}F$. Se utiliza específicamente para resistencia corrosiva en soluciones cáusticas y salinas, pero también se utiliza en temperaturas criogénicas.

El monel es uno de los materiales más económicos, el cual tiene mucha resistencia para una gran variedad de soluciones, así como para productos alimenticios y algunos ácidos no oxidantes, así

como se recomienda para muchos gases secos a temperaturas atmosféricas y por debajo de éstas. El monel no es recomendable en fluidos oxidantes o gases húmedos tal como los halógenos SO_2 , NH_3 , etc.

S-MONEL Fundido, ALEACION 505.

Es un grado fuertemente pesado, comparándolo con la aleación ordinaria de monel. El uso de esta aleación está enfocada principalmente para emplearse en los interiores de cualquier instrumento, donde se requiera de una alta resistencia a la corrosión y erosión. Su rango de temperatura va desde **-400°F a 900°F**. Puede obtenerse por fundición o templado. Tiene la misma resistencia a la corrosión que la aleación 411 de monel.

MONEL ALEACION 400 en Barra.

La aleación 400 es un forjado de aleación níquel-cobre para corrosión y servicios a baja temperatura. Es el más comúnmente utilizado para interiores de válvulas y cuerpos pequeños. Tiene la misma resistencia a la corrosión que la aleación 411 de monel.

R-MONEL ALEACION R-405.

Es una aleación de cromo-níquel, para partes interiores de las válvulas tales como vástagos, tapones, etc., se recomienda usarla a temperaturas desde **-400°F hasta 900°F**. Se utiliza específicamente para resistir a la corrosión en vapores, soluciones cáusticas y soluciones salinas a temperaturas moderadas. Resiste a la corrosión

al igual que la aleación 411 de Monel.

K MONEL, ALEACION K 500.

Es una aleación de cobre-níquel, con características similares a la aleación 400. Se recomienda utilizarla en un rango de temperaturas de -400°F a 900°F y es específicamente diseñada para resistir una de las más altas corrosiones.

BARRA, ALEACION INCONEL 600 ASTM B-166.

Es una aleación níquel-cromo-hierro, especialmente utilizada para partes sometidas a altas temperaturas en un rango de -400°F a 2151°F . Tiene buena resistencia a la corrosión, para sulfuros quebradizos y oxidantes a altas temperaturas. Es adecuado para servicios de agua de mar, pero es más eficiente el monel.

El inconel es también muy resistente para ácidos orgánicos y productos alimenticios, productos farmacéuticos donde la purificación del producto es esencial.

ALEACION INCONEL 610.

Es una aleación de cromo-níquel-hierro, especialmente útil para partes sometidas a altas temperaturas tal como carga de ruptura, deslizamiento y cortos tiempos de resistencia a la tensión. Se utiliza para cuerpos e interiores de válvulas hasta la temperatura de 2000°F .

ALEACION NIQUEL-MOLIBDENO (HASTELLOY B).

Es una aleación a base de níquel. Fue desarrollado inicialmente para resistir los efectos corrosivos de ácido clorhídrico y gases húmedos de ácido clorhídrico. Esta disponible en las siguientes formas: forjado y fundido. Se utiliza en los cuerpos e interiores de las válvulas. Resiste también el ácido sulfúrico, acético y ácido fosfórico.

ALEACION NIQUEL-MOLIBDENO-CROMO HASTELLOY C.

Resiste servicios de altas temperaturas. Esta disponible en forma de forjado, se utiliza para fundiciones a presión y partes interiores. Es especialmente resistente a los agentes fuertes, puede estar en contacto con cloro, soluciones acuosas, soluciones ácidas de sales férricas o cúpricas, ácidos acéticos, fórmico, fosfórico, sulfuroso y ácido fluorhídrico.

ALEACION NIQUEL-SILICON. HASTELLOY D.

Es una aleación resistente a la corrosión y se encuentra disponible solamente en piezas fundidas en arena. Se recomienda para partes interiores. Se utiliza especialmente por su excepcional resistencia al ácido sulfúrico a todas las concentraciones arriba del punto de ebullición. Tiene baja resistencia a la corrosión para el ácido acético, fórmico y fosfórico u otros agentes oxidantes, es moderadamente resistente para el ácido clorhídrico, aunque para una temperatura máxima de 100°F es usado, es resistente para u-

na atmósfera progresivamente oxidante y a los gases de combustión reductores a temperaturas más bajas que 1450°F. Es resistente al amoníaco, húmedo o seco y ácido sulfúrico.

ESTELITE Nº 1 ó equivalente.

Es de cobalto-cromo-carbón, usada para superficies duras, teniendo una excelente resistencia a la oxidación, erosión y corrosión. Resiste a las raspaduras y se recomienda para aplicarlo a metales que se desgastan, la aleación nº 1 retiene una alta dureza a un calor fundente y recupera por completo su dureza después de exponerlo a temperaturas tan altas como 1500°F. El terminado de este material debe ser hecho por esmerilado.

Se considera inoxidable y es resistente para muchas soluciones químicas. Debe de utilizarse con precaución en soluciones calientes de ácido clorhídrico, nítrico, fosfórico, férrico y cloruro cúprico.

ESTELITE Nº 3 ó equivalente.

De base cobalto, es una fundición equivalente a la aleación nº 1. La aleación nº 3 retiene una alta dureza a un calor fundente y recupera su dureza después de exponerlo a 1500°F. SE considera inoxidable para muchas soluciones químicas, se debe de utilizar con cuidado en soluciones calientes de ácido clorhídrico, sulfúrico,

nítrico, fosfórico y cloruros ferrosos y cúpricos.

ESTELITE Nº 6 ó equivalente.

Es una aleación a base de cobalto, tiene algunas características de la aleación nº 1, estas aleaciones son usadas donde la dureza en caliente es primordial. Se utiliza para superficies duras, la aleación 6B y 6K, están disponibles en láminas, placas, o en barras para labrar, la 6B es recomendable para partes moldeadas.

No debe utilizarse en las siguientes soluciones químicas:

Ácido crómico, una concentración del 10% en ebullición, ácido clorhídrico, con una concentración del 2% a 150°F, con una concentración del 20% a una temperatura ambiente, ácido fosfórico, con una concentración del 85% en ebullición y ácido nítrico, con una concentración a 160°F.

ESTELITE Nº 12 ó equivalente.

Se utiliza en servicios de altas temperaturas sobre 1000°F, donde dos piezas endurecidas son usadas para unirse. Se encuentra entre la nº 1 y la nº 6 en resistencia a la corrosión, debe utilizarse con precaución en soluciones calientes de ácido clorhídrico, nítrico, fosfórico, crómico y cloruros férricos y cúpricos.

T A B L A N o. 1			
MATERIALES DE CUERPOS DE VALVULAS			
CLASIFICACION GRAL.	ESPECIFICACIONES DE MATERIALES APLICABLES		
	FORJAS	FUNDICIONES	
HIERRO FUNDIDO		ASTM A 126	
HIERRO DUCTIL		ASTM A 395	
ACERO AL CARBON	ASTM A 105	ASTM A 216	
AC. CARBON BAJA TEMP.	ASTM A 350 GRADO LF1 LF2	ASTM A 352	GRADO WCB
CARBON MOLY	ASTM A 182 GRADO F1	ASTM A 217	GRADO WC1
1-1/4 Cr-1/2 Mo	ASTM A 182 GRADO F11	ASTM A 217	GRADO WC6
2-1/4 Cr-1 Mo	ASTM A 182 GRADO F22	ASTM A 217	GRADO WC9
5 Cr-1/2 Mo	ASTM A 182 GRADO F50	ASTM A 217	GRADO C5
9 Cr-1 Mo	ASTM A 182 GRADO F9	ASTM A 217	GRADO C12
AC. INOX. TIPO 304	ASTM A 182 GRADO F304	ASTM A 351	GRADO CF8
AC. INOX. TIPO 347	ASTM A 182 GRADO F347	ASTM A 351	GRADO CF8C
AC. INOX. TIPO 316	ASTM A 182 GRADO F316	ASTM A 351	GRADO CF8M
3-1/2 NI	ASTM A 350 GRADO LF3	ASTM A 352	GRADO LC3
ALUMINIO	ASTM B 257	ASTM B 26	
BRONCE		ASTM B 61	
		ASTM B 62	
INCONEL	ASTM B 166		
MONEL		ASTM A 296-M35	
HASTELLOY B		ASTM A 296-N-12M-1	
HASTELLOY C		ASTM A 494 (CW-12M-1)	
TITANIO	ASTM B 381	ASTM B 367	
NIQUEL		ASTM A 296-CZ-100	
ALLOY 20		ASTM A 296-CN-7M	

NOTA : LOS MATERIALES Y LOS ESTANDARES DEBERAN REVISARSE CONSTANTEMENTE, PARA ASEGURARSE DE QUE SE ESTA UTILIZANDO LA ULTIMA EDICION DE LOS MISMOS.

T A B L A No. 2

LIMITES DE TEMP. PARA LOS MATERIALES DE LOS CUERPOS

DE LAS VALVULAS

MATERIAL	INFERIOR		SUPERIOR	
	°C	°F	°C	°F
HIERRO FUNDIDO	28.9	20	210	410
HIERRO DUCTIL	28.9	20	343	650
AC. CARBON (GRADO WC8)	28.9	20	538	1000
AC. CARBON (GRADO LC8)	45.6	50	343	650
CARBON MOLY (GRADO WC1)	28.9	20	454	850
1 1/4 Cr- 1/2 Mo (GRADO WC6)	28.9	20	538	1000
2 1/4 Cr- 1 Mo (GRADO WC9)	28.9	20	566	1050
5 Cr 1/2 Mo (GRADO C5)	28.9	20	593	1100
9 Cr 1 Mo (GRADO C12)	28.9	20	593	1100
TIPO 304 (GRADO CFB)	254	425	816	1500
TIPO 347 (GRADO CFB)	254	425	816	1500
TIPO 316 (GRADO CFBM)	254	425	816	1500
3 1/2 NI (GRADO LC3)	101	150	343	650
ALUMINIO	198.3	325	204	400
BRONCE	198.3	325	288	550
INCONEL	198.3	325	649	1200
MONEL	198.3	325	482	900
HASTELLOY B	198.3	325	371	700
HASTELLOY C	198.3	325	538	1000
TITANIO			316	600
NIQUEL	198.3	325	260	500
ALLOY 20	45.6	50	149	300

NOTA: LA FASE DE CARBON PUEDE CONVERTIRSE EN GRAFITO/SI SE EXPONE POR UN PERIODO DE TIEMPO LARGO A TEMPERATURAS MAYORES DE 412°C (775°F)

T A B L A N o. 3

MATERIALES DE TORNILLOS PARA CUERPOS DE VALVULAS			
MATERIAL CUERPO	TEMPERATURA DEGRÉS °C	ESPECIFICACION DE MATERIALES	
		TORNILLOS	TUERCAS
HIERRO FUNDIDO	28.9 o 210	ASTM A 307 Gr B	ASTM A 307 Gr B
HIERRO DUCTIL	28.9 e 343	ASTM A 193 Gr B7	ASTM A 194 Gr 2H
ACERO AL CARBON (grado WCB)	28.9 o 427	ASTM A 193 Gr B7	ASTM A 194 Gr 2H
ACERO AL CARBON (grado LCB)	45.6 o 343	ASTM A 193 Gr B7	ASTM A 194 Gr 2H
CARBON MOLY (GRADO WCI)	88.9 e 427	ASTM A 193 Gr B7	ASTM A 194 Gr 2H
	427.2 o 454	ASTM A 193 Gr B7	ASTM A 194 Gr 7
1/4 Cr-1/2Mo (GRADO WCB)	28.9 e 427	ASTM A 193 Gr B7	ASTM A 194 Gr 2H
	427.2 e 538	ASTM A 193 Gr B7	ASTM A 194 Gr 7
2/4 Cr-1 Mo (GRADO WCB)	28.9 o 427	ASTM A 193 Gr B7	ASTM A 194 Gr 2H
	427.9 o 538	ASTM A 193 Gr B7	ASTM A 194 Gr 7
	538.3 o 566	ASTM A 193 Gr B16	ASTM A 194 Gr 7
5 Cr-1/2 Mo (GRADO C5)	827.8 o 427	ASTM A 193 Gr B7	ASTM A 194 Gr 2H
	427.2 o 538	ASTM A 193 Gr B7	ASTM A 194 Gr 7
	538.3 o 593	ASTM A 193 Gr B16	ASTM A 194 Gr 4
9 Cr-1 Mo (GRADO C12)	28.9 e 427	ASTM A 193 Gr B7	ASTM A 194 Gr 2H
	427.2 e 538	ASTM A 193 Gr B7	ASTM A 194 Gr 7
	538.3 e 593	ASTM A 193 Gr B16	ASTM A 194 Gr 4
TIPO 304 (GRADO CF8)	258.8 o 37.8	ASTM A 320 Gr B8	ASTM A 194 Gr 8
	37.8 e 816	ASTM A 193 Gr B8	ASTM A 194 Gr 8
TIPO 347 (GRADO CF8C)	254.0 e 37.8	ASTM A 320 Gr B8	ASTM A 194 Gr 8
	37.8 o 816	ASTM A 193 Gr B8	ASTM A 194 Gr 8
TIPO 316 (GRADO CF8C)	198.3 o 37.8	ASTM A 320 Gr B8	ASTM A 194 Gr 8
	37.8 e 816	ASTM A 193 Gr B8M	ASTM A 194 Gr 8M
3/2 Ni (GRADO LCS)	101.0 e 15.8	ASTM A 320 Gr L7	ASTM A 194 Gr 4
	45.6 e 347	ASTM A 193 Gr B7	ASTM A 194 Gr 2H

LOS TORNILLOS DE ALEACIONES DE ACERO A 193 Gr. B7 Y LAS-TUERCAS A 194 Gr.2H PUEDEN SER USADOS A TEMPERATURAS MODERADAS DEPENDIENDO DE LA EXPANSION DIFERENCIAL PERMISIBLE.

TABLA No. 4							
LISTA DE ESPECIFICACIONES DE MATERIALES							
MATERIALES GRUPO 1		FORJAS		FORMAS DE PRODUCTOS			
MATERIAL GRUPO No.	DESIGNACION NOMINAL DEL ACERO	ESPEC. GRADO	NOTAS	ESPEC. GRADO	NOTAS	ESPEC. GRADO	NOTAS
1.1	CARBON C-Mo Si	A 105 A 161 II A 350 - LF2	(1)(3) (1)(3) (10)	A 216 WCB	(1)	A 515 - 70 A 516 - 70 A 537 - C 1.1	(1) (1)
1.2	CARBON 2 1/2 Ni 3 1/2 Ni	A 350 LF3		A 216 WCC A 352 LC2 A 352 LC3	(1)	A 203 B A 203 C	
1.4	CARBON	A 161 I A 350 LF1	(1)(3) (10)			A 515 60 A 516 60	(1)
1.5	C 1/2 Mo	A 182 F1	(2)	A 217 WC1 A 352 LC1	(2)(4)	A 204 A A 204 B A 204 C	(2) (2) (2)
1.7	C 1/2 Mo 1/2 Cr - 1/2 Mo Ni - Cr - 1/2 Mo Ni - Cr - 1 Mo	A 182 F2		A 217 WC4 A 217 WC5	(4) (4)		
1.9	1 Cr 1/2 Mo 1 1/4 Cr 1/2 Mo	A 182 F12 A 182 F11	(4) (4)	A 217 WC6	(4)	A 387 - 11 C1.2	
1.10	2 1/4 Cr - 1 Mo	A 182 F22		A 217 WC9	(4)	A 387 - 22 C1.2	
1.13	5 Cr - 1/2 Mo	A 182 F5a		A 217 C5	(4)		
1.15	9 Cr - 1 Mo	A 182 F9		A 217 C12	(4)		

NOTAS 1. - LA FASE CARBON DEL ACERO AL CARBON, PUEDE CONVERTIRSE EN GRAFITO, SI SE EXPONE POR UN PERIODO LARGO DE TIEMPO A TEMPERATURAS MAYORES DE 427 °C (850 °F).

2. - LA FASE CARBON DEL ACERO AL CARBON-MOLIBDENO, PUEDE CONVERTIRSE EN GRAFITO, SI SE EXPONE POR UN PERIODO DE TIEMPO LARGO A TEMPERATURAS MAYORES DE 466 °C (850 °F).

3. - SOLO ACERO MUERTO (RELEVADO DE ESFUERZOS), DEBERA SER USADO ARRIBA DE 454 °C (850 °F).

4. - UTILIZAR SOLAMENTE MATERIALES ATEMPERADOS Y NORMALIZADOS.

T A B L A N o. 4A							
LISTA DE ESPECIFICACIONES DE MATERIALES							
MATERIALES GRUPO 2		FUNDICIONES					
MATERIAL GRUPO No.	DESIGNACION NOMINAL DEL ACERO	F O R J A S		FUNDICIONES		PLACAS	
		ESPEC. GRADO	NOTAS	ESPEC. GRADO	NOTAS	ESPEC. GRADO	NOTAS
2.1	18 Cr 8 Ni	A 182	F 304 (5)			A 240	304 (5)(7)
	18 Cr 8 Ni	A 182	F 304 H			A 351	CF3
				A 351	CF8 (5)		
2.2	16 Cr 12 Ni 2 Mo	A 182	F 316 (5)			A 240	316 (5)(7)
	18 Cr 13 Ni 3 Mo	A 182	F 316			A 240	317 (5)(7)
	18 Cr 9 Ni 2 Mo					A 351	CF3M
				A 351	CF8M (6)		
2.3	18 Cr 8 Ni	A 182	F 304 L			A 240	304 L
	16 Cr 12 Ni 2 Mo	A 182	F 316 L			A 240	304 L
2.4	18 Cr 10 Ni Ti	A 182	F 321 (5)			A 240	321 (5)(7)
		A 182	F 321 H			A 240	321 (7)
2.5	18 Cr 10 Ni Cb	A 182	F 347 (5)	A 351	CF8C	A 240	347 (5)(7)
		A 182	F 347 H			A 240	347 H (7)
		A 182	F 348 (5)			A 240	348 (5)(7)
		A 182	F 348 H			A 240	348 H (7)
2.6	25 Cr 12 Ni			A 351	CH8 (5)		
	23 Cr 12 Ni			A 351	CH20		
						A 240	309S (5)(7)
2.7	25 Cr 20 Ni	A 182	F 310 (5)(9)	A 351	CK20 (5)	A 240	310S (5)(9)

NOTAS 5. - A-TEMPERATURAS MAYORES DE 538°C (1000°F), USAR SOLO CUANDO EL CONTENIDO DE CARBON SEA 0.04% O MAS.

6. - PARA TEMPERATURAS MAYORES DE 427°C (800°F), USAR SOLO CUANDO EL CONTENIDO DE CARBON SEA 0.04% O MAS

7. - PARA TEMPERATURAS ARRIBA DE 538°C (1000°F), USAR SOLO CUANDO EL MATERIAL ES TRATADO TERMICA POR CALENTAMIENTO DE ESTE A UNA TEMPERATURA DE POR LO MENOS 1038°C (1900°F) Y EN - FRIANDOLO RAPIDAMENTE SUMERGIENDOLO EN AGUA O BIEN ENFRIANDOLO POR OTRO MEDIO.

8. - PARA SERVICIOS A TEMPERATURAS ARRIBA DE 454°C (850°F), ESTE ES RECOMENDADO CUANDO EL CONTENIDO DE CARBON NO ES MENOR DE 0.10%.

9. - PARA SERVICIO A TEMPERATURAS DE 566°C (1050°F), Y MAYORES, ASEGURARSE QUE EL TAMAÑO DEL GRANO SEA EL REQUERIDO, DICHO GRANO NO DEBERA SER MAS FINO QUE EL ASTM No. 6.

10. - DEBERA SER UTILIZADO SOLO PARA BRIDAS CLASE 10.5 a 21 Kg/cm² (150 a 300 Lb/pulg²).

T A B L A N o. 5					
LISTA DE ESPECIFICACIONES DE TORNILLOS					
MATERIALES DE TORNILLOS					
ALTA RESISTENCIA		RESISTENCIA INTERMEDIA		BAJA RESISTENCIA	
ESPEC. GRADO	NOTAS	ESPEC. GRADO	NOTAS	ESPEC. GRADO	NOTAS
A 193 B 7		A 193 B 5		A 193 B 8 C 1.1	(7)
A 193 B 16		A 193 B 6		A 193 B 8 C 1.1	(7)
A 320 L 7	(4)	A 193 B 6X		A 193 B 8 M C 1.1	(7)
A 320 L 7A	(4)	A 193 B 7M		A 193 B 8 T C 1.1	(7)
A 320 L 7B	(4)	A 193 B 8	C 1.2 (6)	A 193 B 8 A	(7)
A 320 L 7C	(4)	A 193 B 8 C	C 1.2 (6)	A 193 B 8 C A	(7)
A 320 L 43	(4)	A 193 B 8 M	C 1.2 (6)	A 193 B 8 M A	(7)
A 354 B C		A 193 B 8 T	C 1.2 (6)	A 193 B 8 T A	(7)
A 354 B D		A 320 B 8	(6)	A 307 B	(8)
A 433 663	(5)	A 320 B 8 C	(6)	A 320 B 8	(7)
A 540 B 21		A 320 B 8 F	(6)	A 320 B 8 C	(7)
A 540 B 22		A 320 B 8 M	(6)	A 320 B 8 M	(7)
A 540 B 23		A 320 B 8 T	(6)	A 320 B 8 T	(7)
A 540 B 24		A 354 B 8	(6)		
		A 449	(9)		
		A 453 651	(5)		
		A 453 660	(5)		
		A 453 662	(5)		

- NOTAS
- 1.- ESTOS MATERIALES DE TORNILLOS, PUEDEN SER USADOS CON TODOS LOS MATERIALES LISTADOS Y TODOS LOS EMPAQUES.
 - 2.- PREVIENDO QUE ESTOS MATERIALES SEAN VERIFICADOS PARA QUE LA JUNTA DE SELLO SEA MANTENIDO BAJO EL RANGO DE PRESION Y TEMPERATURA DE TRABAJO.
 - 4.- ESTE MATERIAL FERRITICO, SE UTILIZA EN SERVICIO DE BAJA TEMPERATURA, UTILIZAR TUERCAS A194 GRADO 4 O GRADO 7.
 - 5.- ESTA ALEACION ESPECIAL, SE UTILIZA EN SERVICIO DE ALTA TEMPERATURA, CON ACERO INOXIDABLE.
 - 6.- ESTE MATERIAL INOXIDABLE AUSTENITICO, SERA TRATADO CON UNA SOLUCION DE CARBURO Y ENDURECIDO POR DEFORMACION. USAR TUERCAS A194 DEL MATERIAL CORRESPONDIENTE.
 - 7.- ESTE MATERIAL NO SERA ENDURECIDO POR DEFORMACION. USAR TUERCAS A194 DEL MATERIAL CORRESP.
 - 8.- EL ACERO AL CARBON (FASTENER), NO DEBERA SER USADO ARRIBA DE 204°C (400°F) O ABAJO DE -28.9°C (-20°F)
 - 9.- LAS TUERCAS ACEPTABLES PARA USAR CON TORNILLOS ATEMPERADOS Y ENFRIADOS POR INMERSION, SON A194 GRADO 2 Y GRADO 2H.

T A B L A N o. 6					
ESPECIFICACIONES DE MATERIALES					
MATERIAL GRUPO	MATERIALES (ESPEC-GRADO)	VER NOTAS	MATERIAL GRUPO	MATERIALES (ESPEC-GRADO)	VER NOTAS
1.1	A105, A18-II, A216-WCB, A515-70 A516-70 A350-LF2, A937-C1.1	(a)(h) (a)(g) (d)	2.1	A182-F304, A182-F304H A240-304, A351-CF8 A351-CF3	(f)
1.2	A203-B, A203-E, A216-WCC A350-LF3, A352-LC2, A352-LC3	(e)(h) (d)	2.2	A182-F316, A182-F316H, A240-316 A240-317, A351-8F8M A351-CF3M	
1.4	A181-1, A515-60 A516-60 A350-LF1	(a)(h) (a)(g) (d)	2.3	A182-F316, A182-F316H, A240-316 A240-317, A351-CF8M A351-CF3M	(g)
1.5	A182-F1, A204-A, A204-B, A217-WC1 A352-LC1	(b)(h) (d)	2.3	A182-F304L, A240-304L A182-316L, A240-321H	(f) (g)
1.7	A240-C A182-F2, A217-WC4 A217-WC5	(g) (h) (i)	2.4	A182-F321, A240-321 A182-F321H, A240-321H	(h)
1.9	A182-F11, A182-F12, A387-II, C1.2 A217-WC9	(c) (j)	2.5	A182-F347, A240-347 A182-F347H, A240-347H A182-F348, A240-348 A182-F368H, A240-F348H	(h) (h)
1.10	A182-F22, A367-22, C1.2 A217-WC9	(c) (j)	2.6	A240-309S, A351-CH8, A351-CH20	
1.13	A182-F58, A-217-C5		2.7	A182-F310, A240-310S A351-CK20	(k)
1.14	A182-F9, A217-C12				

(a) PERMISIBLE PERO NO RECOMENDABLE PARA USO PROLONGADO ARRIBA DE 425°C (800°F)

(b) PERMISIBLE PERO NO RECOMENDABLE PARA USO PROLONGADO ARRIBA DE 455°C (850°F)

(c) PERMISIBLE PERO NO RECOMENDABLE PARA USO PROLONGADO ARRIBA DE 593°C (1100°F)

(d) NO USAR ARRIBA DE 343°C (650°F)

(e) " " " " 427°C (800°F)

(f) " " " " 454°C (850°F)

(g) " " " " 538°C (1000°F)

(h) " " " " 566°C (1050°F)

(i) " " " " 593°C (1100°F)

(j) PARA TEMPERATURAS DE 566°C (1050°F) Y MAYORES, ASEGURARSE DE QUE EL TAMAÑO DEL GRANO NO SEA TAN FINO COMO EL ASTM NO. 6

T A B L A N o. 7		
LIMITES DE TEMPERATURA DE MAT. PARA INTERIOR DE VALVULAS		
M A T E R I A L	T E M P. °C	
	INF.	SUP.
ACERO INOXIDABLE TIPO 304	- 2 6 8	3 1 6
ACERO INOXIDABLE TIPO 316	- 2 6 8	3 1 6
BRONCE	- 2 7 5	2 3 2
INCONEL	- 2 4 0	6 4 9
K MONEL	- 2 4 0	4 8 2
MONEL	- 2 4 0	4 8 2
HASTELLOY B		3 7 1
HASTELLOY C		5 3 8
TITANIO		3 1 6
NIQUEL	- 1 9 8	3 1 6
ALLOY 20	- 4 5.9	3 1 6
ACERO INOXIDABLE TIPO 416 40 RC	- 2 8.9	4 2 7
ACERO INOXIDABLE TIPO 440 60 RC	- 2 8.9	4 2 7
17-4 PH	- 4 0	4 2 7
ALLOY 6 (Co-Cr)	- 2 7 3	8 1 6
NIQUELADO	- 2 6 8	4 2 7
CROMADO	- 2 6 8	5 9 3
BRONCE ALUMINIO	- 2 7 3	3 1 6
NITRILLO	- 4 0	9 3 3
FLUOROELASTOMERO (vitón)	- 2 3.2	2 0 4
TFE	- 2 6 8	2 3 2
NYLON	- 7 3	9 3.3
POLIETILENO	- 7 3	9 3.3
NEOPRENO	- 4 0	8 2.2

CAPITULO VI CALCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE VALVULAS DE CONTROL.

- LIQUIDO.
- GASES.
- VAPOR.
- MEZCLAS.

Los puntos más importantes para seleccionar válvulas para un servicio general típico son los siguientes:

- **FLUIDO A MANEJAR.** Esto afecta tanto al tipo de válvula como al material escogido para su construcción.
- **REQUERIMIENTOS FUNCIONALES.** Afectan principalmente la selección del tipo de válvula.
- **CONDICIONES DE OPERACION.** Afectan tanto el tipo de válvula como los materiales de construcción.
- **CARACTERISTICAS DE FLUJO Y PERDIDAS FRICCIONALES.** Cuando no hayan sido cubiertas por los requerimientos funcionales, o cuando se establecen requerimientos específicos o deseables adicionales.
- **TAMAÑO DE LA VALVULA.** Esto afecta la selección del tipo de válvula, ya que los tamaños muy grandes sólo están disponibles en ciertos tipos de válvulas y la disponibilidad, debido a que pueden no estar fabricados tamaños especiales como producción estándar para un tipo particular.
- **REQUERIMIENTOS ESPECIALES.** Apertura rápida, autodrenaje, etc.

CRITERIOS PARA SELECCIONAR VÁLVULAS DE CONTROL.

Las válvulas de control son los elementos más importantes del sistema de control automático de una planta de proceso. Se tienen disponibles muchos tipos de válvulas de control, entre los cuales debe seleccionarse el más adecuado para los requerimientos específicos de un determinado proceso.

Para seleccionar adecuadamente una válvula de control, debe conocerse muy bien el proceso, así como los criterios de diseño, además deben considerarse otros factores que son importantes: costo, disponibilidad, tiempo de envío, servicios de ingeniería del fabricante y partes de repuesto.

Al especificar una válvula de control deben tomarse en cuenta los requerimientos de instalación de la planta y las prácticas de mantenimiento en campo. Aún más la selección previa del proveedor puede asegurar el envío a tiempo de válvulas de tipos y materiales especiales, siendo útil en el dimensionamiento de la válvula, puesto que algunos factores necesarios para dimensionar, son específicos en cada fabricante.

Los tipos de válvula más ampliamente utilizadas son: globo con varios tipos de interiores, mariposa, tapón rotatorio excéntrico, bola, ángulo y tres vías.

CAIDA DE PRESION EN VALVULAS DE CONTROL.

Al dimensionar una válvula de control existen muchos parámetros que son arbitrarios, la caída de presión es quizás el factor más arbitrario que se considera.

En el mejor de los casos, la caída de presión se conoce más o menos adecuadamente, por ejemplo, en aplicaciones simples de contrapresión o reducción y en instalaciones de control de nivel en las que el líquido pasa de un recipiente a otro a presión constante.

Para tuberías largas o en sistemas con equipos de transferencia de calor, la caída de presión debe estimarse para las peores condiciones, esto es, flujo máximo y agregando un margen razonable por las caídas de presión de otros instrumentos colocados en serie con la válvula.

A menudo se considera la caída de presión de una válvula de control como un porcentaje de la caída de presión por fricción total del sistema. Como regla práctica de trabajo se considera que la válvula absorba al menos, una tercera parte de la caída de presión total del sistema a condiciones de flujo máximo.

Para sistemas muy largos o con una caída de presión muy grande, sobre todo si se conoce muy bien el flujo real y este no varía mucho durante la operación, se puede considerar la caída de presión en la válvula como un 15% de la caída de presión total del sistema, lográndose un control lo suficientemente bueno.

El extremo de esta regla se encuentra en sistemas muy largos que transportan líquidos, en los que la válvula sirve sólo para compensar el gradiente hidráulico del sistema, ya que el flujo no variará considerablemente, en este caso, la válvula podría absorber incluso menos del 1% de la caída de presión total del sistema, siempre y cuando se consideren las características de la válvula y el sistema de control como uno sólo.

Cuando solamente se dispone de datos del proceso pobres, la caída de presión de 10 psi o del 10% de la presión de descarga, se considera que es buena, si el sistema de descarga no es muy grande; cuando se usan bombas centrífugas, es conveniente considerar los cambios en la cabeza de la bomba por variaciones en el flujo.

En términos generales, si se conoce bien el sistema donde se instalará la válvula. la caída de presión de diseño de la válvula será: no menor del 10% de la presión total del sistema ni mayor del 33% de la caída de presión por fricción total del sistema,

cuando se trabaja a presiones de operación inferiores a 20 Kg/cm^2 manométricos.

CAIDA DE PRESION DE DISEÑO EN VALVULAS DE CONTROL PARA LIQUIDOS.

Para diseñar una válvula de control, debe considerarse una caída de presión de diseño, que puede ser la caída de presión normal que se tiene como dato, para esto es necesario considerar determinados factores.

Caída de Presión Permisible.

La operación de una válvula de control, está limitada por la posibilidad de flasheo del líquido.

El flasheo en la válvula, obstruye el flujo ocasionando cavitación, erosión y ruído. Este flasheo como ya se dijo en el capítulo IV, se presenta cuando el fluido que pasa a través de la válvula, alcanza una velocidad tan alta, que su presión disminuye por debajo de su presión de vapor, por lo que se evapora. Bajo estas condiciones y para una presión de entrada dada, existe un valor de la caída de presión a partir del cual, cualquier incremento en la caída de presión, no producirá un incremento en el flujo. Por lo tanto, la caída de presión de diseño estará limitada a este valor crítico permisible. Después de la válvula, la velocidad del fluido disminuye y su presión se recupera, con lo cual las burbujas de vapor se colapsan y se produce la cavitación, acompañada por erosión y ruído.

Los fabricantes de válvulas, reportan valores de un coeficiente de recuperación de presión para cada una de sus válvulas, con el cual puede calcularse la caída de presión crítica o permisible de la válvula, mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta P_{\text{permisible}} = K_m (P_1 - r_c P_v)$$

en donde:

$\Delta P_{\text{permisible}}$ = Diferencial de presión máxima permisible para determinación del tamaño de la válvula en lb/plg^2 .

K_m = Coeficiente de recuperación de la válvula.

P_1 = Presión de entrada al cuerpo de la válvula en lbs/plg^2 abs.

r_c = Relación de presión crítica del líquido.

P_v = Presión de vapor del líquido a la temperatura de entrada en lbs/plg^2 abs.

Una vez obtenida la caída de presión permisible, debe compararse con la caída de presión normal:

Si la caída de presión permisible es menor que la normal, la caída de presión de diseño será la permisible.

Si la caída de presión permisible es mayor que la normal, la caída de presión de diseño será la normal.

Después deberá checar la posibilidad de cavitación y flasheo:

Si la caída de presión normal es mayor que la permisible y la presión de salida de la válvula es mayor que la presión de vapor del líquido, se presentará cavitación.

Si la caída de presión normal es mayor que la permisible y la presión de salida de la válvula es menor que la presión de vapor del líquido, se presentará flasheo.

Para evitar estas condiciones, el diseñador deberá considerar las siguientes opciones:

- Seleccionar una válvula con un coeficiente de recuperación mayor.
- Cambiar el diámetro de la tubería.
- Diseñar la válvula para una menor caída de presión normal.

Si no puede evitarse el flasheo, la válvula deberá localizarse de tal manera que flashee dentro de un recipiente. Si no puede evitarse ni el flasheo ni la cavitación, debe seleccionarse un tipo y material de válvula que resista estas condiciones.

CAIDA DE PRESION MAXIMA.

La caída de presión máxima de la válvula debe obtenerse con un coeficiente de válvula corregido:

Si la viscosidad del fluido es mayor a 20 centistokes, deberá aplicarse un factor de corrección por viscosidad para obtener el coeficiente de la válvula corregido.

Si el coeficiente de recuperación de la válvula es menor o igual a 0.75 y la relación de diámetro de la válvula a diámetro de la tubería es mayor o igual a 0.75, deberá aplicarse un factor de corrección por efectos de reducción para obtener el coeficiente de la válvula corregido.

El coeficiente de la válvula corregido por viscosidad y reducción se utiliza para determinar la caída de presión máxima de la válvula y los factores de corrección son reportados por los fabricantes.

Un proceso dado tiene un flujo normal de operación, sin embargo, para dimensionar una válvula deberá considerarse un sobre-diseño con respecto al flujo.

La mayoría de los diseñadores consideran el flujo de diseño como un 30 % mayor al flujo normal, o bien un 10 % sobre el flujo máximo esperado, lo que sea mayor.

El flujo máximo debe escogerse y relacionarse cuidadosamente con la caída de presión disponible. La razón de estos porcentajes, es que si se diseña la válvula para flujo normal, cuando se encuentre totalmente abierta, no podrá compensarse una caída de presión adicional en el sistema abriendo la válvula y perderá el control esperado.

La capacidad de la válvula debe ser de un 25 a 60 % mayor al flujo máximo requerido. Una aproximación alterna es la de duplicar el flujo normal esperado.

Al dimensionar la válvula de control, deberá considerarse que el flujo normal, bajo condiciones de presión normal, pasará por la válvula a una abertura del 60 al 80 %, siempre y cuando el flujo máximo no exceda el 90 % de la carrera total de la válvula. Si esto ocurre, el flujo normal deberá considerarse para una abertura menor al 60 %.

CRITERIOS PARA SELECCIONAR LA CARACTERISTICA DE UNA VALVULA DE CONTROL.

Los argumentos para seleccionar la *característica de flujo* adecuada para una válvula de control, no se encuentran bien definidos. La válvula ideal para la mayoría de las aplicaciones debe tener una característica tal que el circuito de control pueda conservar su estabilidad cuando varíe la carga.

La controversia principal radica en la selección de la característica, ya sea *lineal* o de *igual porcentaje*, puesto que son las dos características inherentes de las que generalmente se dispone para el control de procesos continuos.

La mayoría de los sistemas de control requieren *características lineales*. Por ejemplo, la estabilidad de sistemas de control de presión de gases, depende en gran medida del volumen de almacenamiento a controlarse, y no del flujo; así como la estabilidad del control de nivel de líquidos, está determinado por el área superficial y el rango del nivel, y no por el flujo.

Existen muy pocos casos en los que el proceso por sí mismo, indican una *característica de igual porcentaje* para control óptimo. Se usa principalmente para ayudar a compensar las pérdidas por fricción de otros sistemas.

Se puede decir que el uso de válvulas con *característica de igual porcentaje* es mayor que el de las *lineales*.

Para resolver el problema práctico de seleccionar la *característica* de una válvula de control, deberán considerarse los siguientes factores.

VARIACION DE CARGA (Caída de Presión constante). Para rangos de flujo de 3 a 1, la aplicación de las válvulas de *igual porcentaje* 50 a 1, y de las válvulas de *característica lineal*, no va ría prácticamente. Esta condición, que cubre la mayoría de las aplicaciones, puede utilizar cualquier tipo de válvula, aunque el dimensionamiento de una válvula de *característica lineal*, es muy crítico.

CAIDA DE PRESION VARIABLE. Casi todas las válvulas instaladas en líneas de descarga de bombas, o en serie con otros equipos de proceso, tienen una *característica efectiva* que difiere sustancialmente de las inherentes. En este caso, la válvula de *característica de igual porcentaje* tiende a comportarse *linealmente* y la válvula de *característica lineal* a comportarse como de *apertura rápida*. Definitivamente la válvula de *característica de igual porcentaje* es la mejor elección.

Si las variaciones de cargas son pequeñas puede emplearse la válvula lineal, pero la selección del tamaño adecuado se dificulta. Generalmente se utilizan potenciales de flujo máximo muy grandes y caídas de presión muy pequeñas, al dimensionar la válvula. Una válvula lineal sobrediseñada es definitivamente inconveniente.

ESTABILIDAD DEL SISTEMA. Si el sistema de control es simple la característica de la válvula es, poco importante. La cuestión principal es, en todo caso, usar una válvula de cierre o de abertura total, o un control proporcional. Cuando no se pueden utilizar estas opciones, pueden usarse válvulas de abertura rápida con una reducción importante en el costo.

NO LINEALIDAD EN EL SISTEMA. En teoría, la característica adecuada de la válvula de control, deberá producir un beneficio constante en el circuito de control a cualquier carga. El circuito incluye un elemento primario de medición que puede no ser lineal. Estos pueden requerir características especiales para funcionar mejor, sin embargo, los requerimientos de proceso raramente justificarán un diseño tradicional.

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES. Es posible producir válvulas con características especiales para sistemas específicos. Las modificaciones pueden ser en el diseño básico de la válvula, o bien lograrse mediante posicionadores equipados de leva. Estos dise -

ños son justificables sólo para sistemas extremadamente complejos, o cuando pueden producirse en grandes cantidades.

En resumen, para la mayoría de los procesos, particularmente en aplicaciones de control de presión o nivel, las **características** de las válvulas son relativamente poco importantes. La selección deberá basarse en válvulas construidas comercialmente y estandarizadas.

Para rangos de carga de **3 a 1**, el funcionamiento de las válvulas **lineales** (dimensionadas adecuadamente) y de las válvulas de **igual porcentaje**, puede considerarse casi idéntico. Una válvula **lineal** sobrediseñada puede ser muy inferior a una válvula de **igual porcentaje**.

Si la **caída de presión** a través de la válvula a condiciones de flujo máximo es menor al **25%** de la **caída de presión** del sistema y si se desea una **característica lineal**, deberá emplearse una válvula de **igual porcentaje tipo macho** o una similar.

La mayoría de las válvulas caracterizadas disponibles en la industria, son de **igual porcentaje**. La elección primaria se basa en hechos prácticos. El uso de **características lineales** se ha incrementado ultimamente y continúa en expansión puesto que cada día se requieren datos de proceso más precisos para dimensionar y ana-

lizar sistemas.

Cuando se desea dimensionar una *válvula de control*, además de determinar el tipo de *válvula*, debe especificarse la *característica* requerida de la misma.

De acuerdo con lo anterior, a continuación se presenta una guía de selección de *características de flujo de válvulas de control*, en función de la variable medida en el instrumento primario de medición que enviará la señal a la *válvula* de diferentes condiciones del sistema.

GUIA DE SELECCION DE CARACTERISTICAS DE FLUJO

VARIABLE DE CONTROL: Nivel.

CONDICIONES: La caída de presión se incrementa en una relación de 2 a 1, o más, con respecto al incremento en el flujo.

CARACTERISTICA RECOMENDADA: ABERTURA RAPIDA.

CONDICIONES: Cualquier otra condición.

CARACTERISTICA RECOMENDADA: LINEAL.

VARIABLE DE CONTROL: *Presión.*

CONDICIONES: *Líquidos.*

CARACTERISTICA RECOMENDADA: *IGUAL PORCENTAJE.*

CONDICIONES: *Fluidos compresibles.- Sistema rápido - bajo volumen corriente abajo (generalmente menos de 10 ft de tubería); La presión se incrementa rápidamente.*

CARACTERISTICA RECOMENDADA: *IGUAL PORCENTAJE.*

CONDICIONES: *Sistema lento - generalmente más de 100 ft de tubería corriente abajo.*

CARACTERISTICA RECOMENDADA: *LINEAL.*

CONDICIONES: *La caída de presión varía en una proporción de 5 a 1, o más, para sistema rápido o lento.*

CARACTERISTICA RECOMENDADA: *IGUAL PORCENTAJE.*

VARIABLE DE CONTROL: *Flujo.*

CONDICIONES: *El elemento de medición se encuentra en serie con la válvula.*

CARACTERISTICA RECOMENDADA: *LINEAL.*

CONDICIONES: *El elemento de medición se encuentra en un ramal:*

Instrumento de medición lineal.

CARACTERISTICA RECOMENDADA: *LINEAL.*

CONDICION: *Instrumento de medición cuadrático inverso.*

CARACTERISTICA RECOMENDADA: *IGUAL PORCENTAJE.*

CONDICIONES: Rango de flujo pequeño; rango de caída de pre
sión grande.

CARACTERISTICA RECOMENDADA: IGUAL PORCENTAJE.

El dimensionamiento de las válvulas de control se basa en el cálculo del factor de capacidad "Cv" y en la selección apropiada del tamaño de la válvula en las tablas de los fabricantes en este caso Fisher, en las que se relacionan el tamaño de la válvula con el Cv.

El factor de capacidad Cv se define como: El número de galones por minuto de agua a 60°F que pasan por la válvula, cuando la caída de presión es de 1 psi. El procedimiento y las fórmulas para el Cv varían casi con cada fabricante.

La ecuación básica para la determinación del tamaño de las válvulas automáticas de control empleadas con líquidos es:

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

DONDE:

$V = Q =$ Capacidad en gal/min.

$Cv =$ Coeficiente de flujo de la válvula determinado experimentalmente para cada estilo y tamaño de válvula usando agua en condiciones estándar como líquido de prueba.

$\Delta P =$ Diferencial de presión en lb/plg².

G = Gravedad específica del fluido.

A continuación se da la ecuación para determinar la caída de presión máxima permisible que sea efectiva para producir flujo, debiéndose tomar en cuenta que la limitación en la caída de presión para dimensionamiento (ΔP permisible), no implica una caída de presión máxima que pueda ser controlada por la válvula:

$$\Delta P \text{ permisible} = K_m (P_1 - r_c P_v)$$

DONDE:

- ΔP permisible = Diferencial de presión máxima permisible para determinar el tamaño de la válvula en lb/plg^2 .
- K_m = Coeficiente de recuperación de la válvula.
- P_1 = Presión de entrada al cuerpo de la válvula en lb/plg^2 abs.
- r_c = Relación de presión crítica determinada por las siguientes gráficas. (ver siguiente hoja).
- P_v = Presión de vapor del líquido a la temperatura de entrada al cuerpo en lbs/plg^2 abs.

Después de calcular la ΔP permisible, se sustituye en la ecuación básica de determinación de tamaño para líquidos, para determinar Q o C_v . Si la ΔP real es menor que la ΔP permisible, entonces se deberá usar la ΔP real en la ecuación de determinación del tamaño de la válvula.

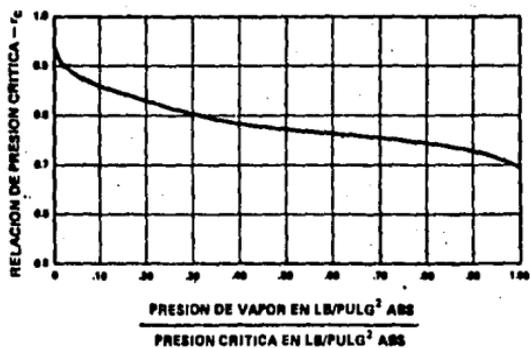
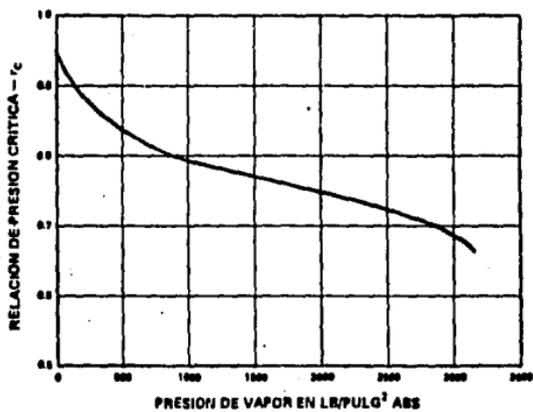
La ecuación para la caída de presión permisible se usa también para calcular la caída de presión en el cuerpo de la válvula en donde puede existir cavitación. La cavitación inicial y el flujo estrangulado ocurren casi simultáneamente en las válvulas tipo globo o en las de baja recuperación.

En las válvulas de alta recuperación como las de tipo bola o mariposa, puede ocurrir una cavitación significativa a caídas de presión menores que aquellas que producen flujo estrangulado.

En las válvulas de alta recuperación un índice adicional de cavitación K_c es necesario para determinar la caída de presión ΔP_c . La ecuación es la siguiente:

$$\Delta P_c = K_c (P_1 - P_v)$$

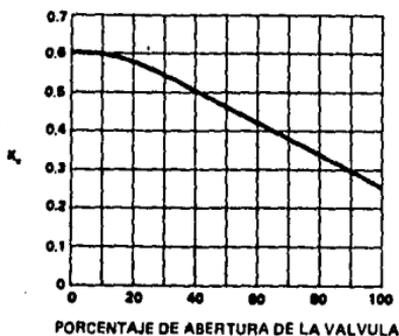
Esta ecuación se puede usar en cualquier situación en que la presión de salida sea mayor que la presión de vapor del líquido.



Las siguientes gráficas ilustran las curvas de K_m y K_c para válvulas tipo bola de corte en V, de alta recuperación y rotatorias en servicio con líquidos. Observándose que K_m es más alto que K_c a través del rango de la carrera de la válvula.

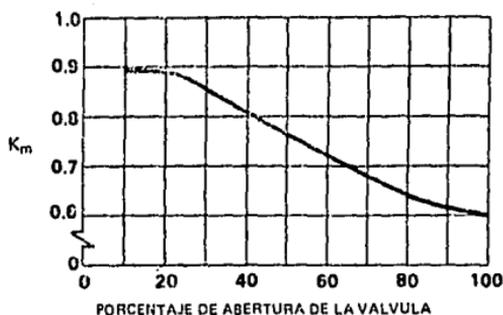


CURVAS DE K_m PARA VÁLVULAS ROTATORIAS DE ALTA RECUPERACION, TÍPICAS.



CURVAS DE K_c PARA VÁLVULAS ROTATORIAS DE ALTA RECUPERACION, TÍPICAS.

La adición de interiores anticavitación a las válvulas tipo bola con corte en V, tienden a incrementar el valor de K_m en los últimos dos tercios del rango de la carrera de la válvula, observándose en la siguiente gráfica:



CURVA DE K_m PARA VALVULA ROTATORIA DE ALTA RECUPERACION CON INTERIORES ANTICAVITACION.

Entonces para determinar el tamaño apropiado de la válvula para determinadas condiciones, el primer paso consiste en calcular el C_v requerido usando la ecuación de dimensionamiento. La caída de presión en la ecuación debe de ser la caída de presión real o la caída de presión permisible, utilizando la menor de ellas.

El segundo paso es seleccionar una válvula del catálogo del fabricante, en este caso FISHER, con un C_v igual al valor calculado o mayor que él.

La determinación precisa del tamaño de la válvula requiere el uso de los dos coeficientes C_v y K_m , ya que uno, no es suficiente para describir las características de capacidad y recuperación de la válvula.

El procedimiento para determinar el tamaño de una válvula automática de control por la que fluye gas, se puede definir a partir de la siguiente ecuación:

$$Q_{scfh} = \sqrt{\frac{520}{GT}} C_g P_1 \text{ Sen} \left[\frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right]$$

Esta ecuación se usa para predecir el flujo en válvulas de alta o baja recuperación, para cualquier gas.

C_1 se define como la relación entre el coeficiente de flujo para gases C_g y el coeficiente de flujo para líquidos C_v , relación que suministra una indicación numérica de la capacidad de recuperación de la válvula. En general los valores de C_1 pueden variar de cerca de 16 a 37, según las características individuales de recuperación de la válvula.

La adaptación general para vapor de agua y otros vapores, requiere del conocimiento de una condición adicional que es la densidad de entrada (d_1) en lb/pie³ del gas, vapor de agua o vapor. Una vez que se tiene este dato, la ecuación quedaría de la siguiente manera:

$$Q_{\text{lb/hr}} = 1.06 \sqrt{d_1 P_1} C_g \text{ Sen} \left[\left(\frac{3417}{C_1} \right) \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right]$$

Si las aplicaciones para vapor de agua no exceden a presiones de 1000 lb/plg² manométricas, se pueden compensar los cambios de densidad mediante el uso de una adaptación especial que es el de anexar un factor para la cantidad de sobrecalentamiento en ° F (Tsh) y también un coeficiente de dimensionamiento para vapor C_s existiendo una relación entre el coeficiente de flujo para gases C_g y el coeficiente para vapor de agua que está dada por:

$$C_s = \frac{C_g}{20}$$

Quedando la ecuación para vapor de agua a presiones inferiores de la siguiente forma:

$$Q \text{ lb/hr} = \left[\left(\frac{C_s P_1}{1 + 0.00065 Tsh} \right) \text{ Sen} \left(\frac{3417}{C_1} \right) \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right]$$

Donde:

$$C_1 = C_g/C_v.$$

C_g = Coeficiente de flujo para gases.

C_s = Coeficiente de flujo para vapor de agua.

C_v = Coeficiente de flujo para líquidos.

d_1 = Densidad del vapor o del vapor de agua a la entrada de la válvula en lb/pie^3 .

G = Gravedad específica del gas (aire=1.0).

P_1 = Presión a la entrada de la válvula en lb/pie^2 .

ΔP = Caída de Presión a través de la válvula.

Q_{scfh} = Flujo del gas, pie^3 std/hr.

$Q_{\text{lb/hr}}$ = Flujo del vapor de agua o vapor lb/hr .

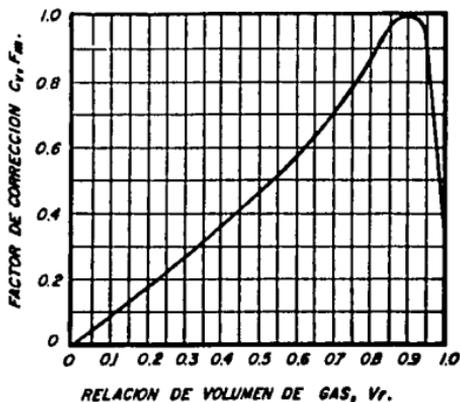
T = Temperatura absoluta del gas a la entrada de la válvula, $^{\circ}\text{R}$.

T_{sh} = Grados de sobrecalentamiento, $^{\circ}\text{F}$.

Para determinar el tamaño de las válvulas automáticas que manejan mezclas de líquido y gas o mezclas de líquido y vapor, se requiere una consideración especial. La ecuación del Cv para la válvula es:

$$C_{vR} = (C_{vL} + C_{vG}) (1 + F_m)$$

El valor del factor de corrección (Fm) se obtiene de la siguiente gráfica a partir de la relación de volúmen del gas (Vr)



FACTOR Fm DE CORRECCION DE Cv.

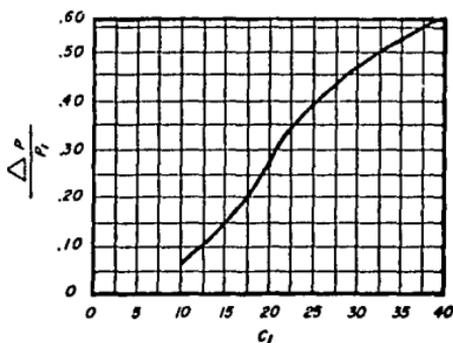
dada por la siguiente ecuación para mezclas líquido-gas:

$$V_r = \frac{V_g}{V_l + V_g} = \frac{Q_g}{\frac{284 Q_l P_1}{T_1} + Q_g}$$

Para mezclas Líquido-vapor:

$$V_r = \frac{v_g}{v_g + v_l \left(\frac{1 - X}{X} \right)}$$

Si la relación de caída de presión ($\Delta P/P_1$) excede la relación requerida para dar el 100% del flujo crítico del gas, la caída de presión para dimensionamiento a flujo líquido deberá limitarse a la caída de presión requerida para dar el 100% del flujo crítico del gas.



RELACION DE LA CAIDA DE PRESION
RESULTANTE EN FLUJO DE GAS CRITICO.

Si existiera la posibilidad de presentarse flujo estrangulado, se podrá limitar por medio de la ecuación de caída de presión permisible anteriormente mencionada.

NOMENCLATURA PARA MEZCLAS:

- C_v = Coeficiente de flujo para líquidos.
 C_{vr} = C_v requerido para flujo de mezclas.
 C_{vl} = C_v para fase líquida.
 C_g = C_g para fase gaseosa.
 C_{vg} = C_v requerido para fase gaseosa, igual a C_g/C_l .
 C_l = C_g/C_v relación para la válvula.
 F_m = Factor de corrección de C_v .
 Q_g = Flujo de gas, $\text{pie}^3 \text{ std/hr}$.
 Q_l = Flujo de líquido, gal/min .
 Q_s = Flujo de vapor de agua o vapor, lb/hr .
 T_1 = Temperatura de entrada, $^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 460$.
 V_g = Flujo de gas, pie^3/seg .
 V_l = Flujo de líquido, pie^3/seg .
 V_r = Relación de volumen del gas.
 v_g = Volumen específico de la fase gaseosa, pie^3/lb .
 v_l = Volumen específico de la fase líquida, pie^3/lb .
 X = Calidad del vapor, $\text{lb vapor/lb mezcla}$.

DIMENSIONAMIENTO DE VÁLVULAS DE CONTROL MEDIANTE UN PROGRAMA PARA CALCULADORA.

Estos programas permiten calcular directamente el Cv de una válvula de control.

A continuación se presentan los programas para cada uno de los distintos fluidos que las válvulas de control manejan. Así como el cálculo del ruido.

LOC	CODE	KEY	COMMENTS	LOC	CODE	KEY	COMMENTS	LOC	CODE	KEY	COMMENTS
16		06				SBR	OBTENCION DE	27		1	
		=				X	LA SUMA DEL			9	
		1st SBR				STO	RUIDO			1	
		2nd Lbl.	CAIDA DE			16	PARCIAL			.	
		SUM			22	SBR				3	
		STO	PRESTON PER-			/X	SPL ΔP +			3	
		09	MISTIBLE			SUM	ΔSPL Cg +			7	
		R/S	ENTRADA DE			16	ΔSPL ΔP/P ₁ +			4/-	
		STO	Ps (PSIA)			SBR	(dBA)			+ RCL	
		10				Ln X				15	
17		R/S				SUM				2	
		RCL	OBTENCION DE			16				5	
		09				RCL				X	
		±	P _v /P _c			16				6	
		RCL				R/S				8	
		10				STO				0	
		=			23	17	SOLO DESPUES			.	
		STO				+	DE LA SECUEN-			2	
		R/S				RCL	CIA ANTERIOR			3	
		13				16	METER AQUÍ			2	
		R/S				=	ΔSPLK [RS]			3	
18			OBTENCION DE			R/S	OBTENCION			2	
		9				2nd Lbl.	DEL SPL tot.			1	
		6				X	OBTENCION			6	
		=				RCL	RUIDO:			-	
		±				04				RCL	
		RCL				2nd Log.	SPL ΔP			15	
		8				X	(dBA)			2	
		X				2				4	
		RCL				0				X	
		13				=				9	
		/X				1st SBR				5	
19		=				2nd Lbl.				6	
		STO				/X	OBTENCION			.	
		11				RCL	RUIDO:			3	
		R/S				14				0	
		STO	ENTRADA DE:		25	2nd Log.	Δ SPL Cgrom			7	
		12	K _m			X				+ RCL	
		R/S				2				15	
		RCL	OBTENCION DE			0	(dBA)			2	
		12				=				3	
20		X				1st SBR				X	
		(				2nd Lbl.	OBTENCION			6	
		RCL				Ln X	DEL RUIDO			8	
		02				RCL				2	
		-				04				.	
		RCL	Δ P _p			±				2	
		09				RCL	Δ SPL _{20/P₁}			1	
		X				02				4	
		RCL	(P _o L)			=	PARA CAJA			4	
		11				STO	ESTANDAR				
21		)				15					
		=				Y					
		R/S				6					
		2nd Lbl.				X					
		STO									

MERGED CODES

62	63	64	72 (E)	73 (E)	74 (E)	80 (E)	81 (E)	84 (E)	92 (E)
----	----	----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

LOC	CODE	KEY	COMMENTS	LOC	CODE	KEY	COMMENTS	LOC	CODE	KEY	COMMENTS
1		2nd Lbl		6		B'					
		A	DATA DE			STO	06		Fm		
		STO	Q ₂			R/S					
		01				2nd Lbl	C'		DATA DE		
		R/S							Out		
		2nd Lbl				STO	07				
		B	DATA DE			R/S					
		STO	Q ₂			2nd Lbl	D'		Out		
		02				STO	08				
		R/S				|			CALCULO		
2		2nd Lbl		7		RCL	07				
		C	DATA DE			+		DEL			
		STO	P ₁			RCL	08	Out			
		03									
		R/S				|		MEZCLA			
		2nd Lbl				x					
		D	DATA DE			(
		STO	T ₁			+					
		04				RCL	06				
		R/S)					
3		2nd Lbl		8		=					
		E	MEZMO Q ₂			R/S					
		STO									
		01									
		R/S									
		2nd Lbl									
		A'	UN								
		RCL	RELACION								
		01	DE								
		:									
4		1									
		2									
		3									
		4									
		x	VOLUMEN								
		RCL	DE								
		02									
		x	GAS								
		RCL									
		03									
5		1									
		2									
		3									
		4									
		+									
		RCL									
		01									
)									
		=									
		2nd									
	FIX										
	5										
	R/S										
	2nd Lbl										

MERGED CODES			
82	83	72	83
F3	84	73	84
64	85	74	85

TITLE MEZCLA LIQUIDO-VAPORPAGE OF TI Programmable
Coding FormPROGRAMMER DATE

LOC	CODE	KEY	COMMENTS	LOC	CODE	KEY	COMMENTS	LOC	CODE	KEY	COMMENTS
		2nd Lbl	DATO DE			B'	DATO DE				
		A				STO					
		STO	Ug			06	Oug				
		01				R/S					
		R/S	DE TABLAS			(
		2nd Lbl		6		RCL	CALCULO DEL				
		B	DATO DE			05					
		STO				+	Ove				
		02	VE			RCL					
		R/S	DE TABLAS			06					
1		2nd Lbl				)	DE LA				
		C	VALOR DE			x					
		STO				(	MEZCLA.				
		03	X)					
		R/S				+					
		2nd Lbl		7		RCL					
		D	CALCULO DE			04					
		RCL)					
		01	LA RELA-			=					
		÷				R/S					
2		RCL	CION DE								
		01	VOLUMEN								
		+									
		(	DE GAS								
)									
		-	Ue								
		RCL									
3		03									
)									
		÷									
		RCL									
		03									
)									
		x									
		RCL									
		02									
)									
		=									
4		2nd Lbl									
		FIX									
		5									
		R/S									
		2nd Lbl									
		E	VALOR DE								
		STO									
		04	Fm								
		R/S									
		2nd Lbl									
5		A'	DATO DE								
		STO									
		05	Ove								
		R/S									
		2nd Lbl									

MERGED CODES

61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90

TEXAS INSTRUMENTS

ENCLOSURE 12-111

77-24187

Cálculo de una válvula de control para líquidos.

Se desea utilizar una válvula tipo bola, diseño V100, para controlar un sistema que maneja un flujo de alta viscosidad. El sistema no está completamente diseñado y el tamaño de la línea no se ha establecido. Por lo tanto se asume que el tamaño de la válvula como el de la línea serán iguales.

VALVULA DESEADA : VALVULA TIPO BOLA DISEÑO V100

FLUIDO : ACEITE LUBRICANTE

CONDICIONES DE OPERACION

GASTO : 1320.9 GPM

PRESION DE ENTRADA: 116.228 psia. 101.528 psi

PRESION DE SALIDA : 87.22 psia. 72.52 psi

CAIDA DE PRESION : 29 psi

TEMPERATURA : 60.08 °F 15.6 °C

DENSIDAD RELATIVA : 0.908

PRESION DE VAPOR : DESPRECIABLE

$$C_v = \frac{Q}{\sqrt{\Delta P/G}}$$

$$C_v = \frac{1320.9}{\sqrt{29 / 0.908}} = 233.7297$$

El C_v es aproximadamente de 234, lo que indica que el tamaño del cuerpo en este diseño sea de 3 plg, el cual tendrá un C_v de

372 a 90° de rotación de la bola, (ver la tabla de coeficientes de flujo). Se asumió que la línea y el tamaño del cuerpo eran iguales por lo que el tamaño de la tubería es de 3 plg.

Calculando la caída de presión permisible, tenemos lo siguiente:

$$\Delta P_p = K_m (P_1 - r_c P_v)$$

Debido a que no existe la suficiente información para todos los fluidos, se asume por ese motivo que la presión de vapor es despreciable, ya que buscar este tipo de información no es práctico en la industria.

Por lo tanto el valor de $r_c = 0.95$ y el valor de K_m es de 0.54 para 3 plg a 80°.

$$\Delta P_p = 0.54 (101.528 - 0.95) = 54.312$$

Con este nuevo valor de la caída de presión permisible, se vuelve a calcular el Cv.

$$C_v = \frac{1320.9}{\sqrt{54.312 / 0.908}}$$

$C_v = 170.791$ este valor se encuentra entre el 70° y 80° de abertura.

Tomando el valor siguiente de $K_m = 0.50$, para un tamaño de 4" la caída de presión permisible con este valor es la siguiente:

$$\Delta P_p = 0.50 (101.528 - 0.95)$$

$$\Delta P_p = 50.289 \text{ psi}$$

Recalculando el nuevo valor del C_v , con esta caída de presión, es la siguiente:

$$C_v = \frac{1320.9}{\sqrt{\frac{50.289}{0.908}}} = \frac{1320.9}{7.442067}$$

$$C_v = 177.491$$

Por lo tanto este valor de C_v se encuentra a 60° de abertura, obteniéndose una mejor precisión, por lo que es obvio que el tamaño de 4", es el más adecuado para cumplir satisfactoriamente dichas necesidades.

Características de la válvula seleccionada:

TAMAÑO DEL CUERPO	: 4 plg.
CARRERA	: 60 °
TIPO DE VALVULA	: V 100
CARACTERISTICA	: APROXIMADAMENTE IGUAL ½

MATERIAL DEL CUERPO : ACERO INOXIDABLE 316
MATERIAL BOLA CORTE V : ACERO INOXIDABLE 316
MATERIAL DE LA FLECHA : 17-4PH ACERO INOXIDABLE
SELLOS : MONEL
EMPAQUES : TEFLON Y ASBESTO O GRAFOIL

HOJA DE CALCULO CON TI-59

ACCION	INTRODUCIR	PULSAR	VISUALIZA
GASTO	1320.9	A	1320.9
ΔP	29.0	2nd A'	29.0
DENS.REL.	0.908	2nd B'	0.908
PRESION ENT.	116.228	C	116.228
VALOR DE Cv		2nd D'	233.729
ΔP_p 3"	54.312	2nd A'	54.312
Cv PARA 3"		2nd D'	170.791
ΔP_p 4"	50.289	2nd A'	50.289
Cv PARA 4"		2nd D'	177.491

Calculo de una valvula de control para vapor de agua.

DATOS

GASTO MAXIMO = 45090 lb/hr

GASTO NORMAL = 38200 lb/hr

$P_1 = 639 \text{ psi} = 653.7 \text{ psia}$

$P_2 = 274 \text{ psi} = 288.7 \text{ psia}$

$\Delta P = 365 \text{ psi}$

$\Delta P/P_1 = 0.558$

$d_1 = 1.08 \text{ lb/pie}^3$

D. DE TUBERIA = 6"

CEDULA = XS

LIBRAJE = 600 # R.F.

Para el calculo inicial del C_g (Coeficiente de dimensionamiento de la válvula para gases y vapores), se supone el C_1 (Coeficiente de recuperación de la válvula) para el calculo de las válvulas tipo globo, un valor inicial de 35.0.

Sustituyendo los datos en la siguiente ecuación:

$$C_g = \frac{Q_a}{1.06 \sqrt{d_1 P_1} \text{ SEN} \left[\frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right]}$$

$$C_{gnor} = \frac{38200}{1.06 \sqrt{653.7 \times 1.08} \text{ SEN} \left[\frac{3417}{35} \cdot 0.558 \right]}$$

$$Cg \text{ nor} = 1418.82$$

$$Cg \text{ max} = \frac{45090}{1.06 \sqrt{653.7} \times 1.08 \text{ SEN} \left[\frac{3417}{35} \quad 0.558 \right]}$$

$$Cg \text{ max} = 1674.7$$

Con los valores de $Cg \text{ nor}$ y $Cg \text{ max}$, se selecciona una válvula que trabaje entre el 70 y 80 % de abertura, utilizando el catálogo 10 de FISHER, tenemos la tabla de coeficientes de flujo, diseño ED, clases ANSI 125 - 600 y característica de IGUAL PORCENTAJE (página 1-78).

Una vez seleccionada la válvula en ese porcentaje de abertura, se procede a hacer el nuevo cálculo con el CI de la válvula seleccionada. En este caso el valor de CI es de 32.5.

$$Cg \text{ nor} = \frac{38200}{1.06 \sqrt{653.7} \times 1.08 \text{ SEN} \left[\frac{3417}{32.5} \quad 0.558 \right]}$$

$$Cg \text{ nor} = 1383.9$$

$$Cg \text{ max} = \frac{45090}{1.06 \sqrt{653.7} \times 1.08 \text{ SEN} \left[\frac{3417}{32.5} \quad 0.558 \right]}$$

$$Cg \text{ max} = 1633.5$$

Si estos nuevos valores de C_g *nor* y C_g *max* se encuentran entre el 70 y 80 % de abertura de la válvula anteriormente seleccionada se deja como definitiva.

CALCULO DEL NIVEL DE RUIDO TOTAL SPL.

Este se calcula por medio de las siguientes gráficas, también proporcionadas por el proveedor, en este caso FISHER.

$$SPL_{\Delta P} = 51 \text{ dBA} \quad (\text{Gráfica de RUIDO AERODINAMICO } SPL_{\Delta P} \text{ vs. } \Delta P)$$

$$\Delta SPL_{C_g} = 63 \text{ dBA} \quad (\text{Gráfica } \Delta SPL_{C_g} \text{ vs. } C_g)$$

$$\Delta SPL_{\Delta P/P_1} = 15.5 \text{ dBA} \quad (\text{Gráfica } \Delta SPL_{\Delta P/P_1} \text{ vs. } \Delta P/P_1 \text{ TRIM STD}).$$

$$\Delta SPL_K = -29.5 \text{ dBA} \quad (\text{Tabla } \Delta SPL_K)$$

$$SPL_{TOTAL} = 51 + 63 + 15.5 - 29.5 = 100 \text{ dBA}.$$

Como se puede observar la válvula tiene un nivel de ruido mayor que el permitido (85 dBA), por lo tanto se tiene que emplear algún accesorio para disminuir el nivel de ruido.

El primer accesorio que se puede utilizar es el WHISPER TRIM I y se calcula de la siguiente manera:

Con el valor del C_g *normal* se selecciona la válvula en la tabla de coeficientes de flujo de WHISPER TRIM I (FISHER 10 pag. 1-79).

Con el C_1 de la válvula seleccionada se vuelve a calcular el C_g *nor*

mal y C_g máximo. Por lo tanto el nuevo valor de C_1 es 25.5 .

$$C_{g \text{ nor}} = \frac{38200}{1.06 \sqrt{653.7 \times 1.08} \text{ SEN} \left[\frac{3417}{25.5} \quad 0.558 \right]}$$

$$C_{g \text{ nor}} = 1377.6$$

$$C_{g \text{ max}} = \frac{45090}{1.06 \sqrt{653.7 \times 1.08} \text{ SEN} \left[\frac{3417}{25.5} \quad 0.558 \right]}$$

$$C_{g \text{ max}} = 1626.2$$

Con el nuevo valor del C_g , se vuelve a calcular el nivel de ruido total.

$$SPL_{\Delta P} = 51 \text{ dBA}$$

$$\Delta SPL_{C_{g \text{ nor}}} = 63 \text{ dBA}$$

$$\Delta SPL_{\Delta P/P_1} = -1.5 \text{ dBA}$$

$$\Delta SPL_K = -29.5 \text{ dBA}$$

$$SPL_{TOTAL} = 51 + 63 - 1.5 - 29.5 = 83 \text{ dBA}$$

VALVULA SELECCIONADA

TAMAÑO DEL CUERPO 3"

TAMAÑO DEL PUERTO 2 5/16 " TRIM RESTRINGIDO

CARRERA 1 1/8 "

DISEÑO ED

CARACTERISTICA

LINEAL

LIBRAJE

600 # R.F.

ACCESORIOS

WHISPER TRIM I

HOJA DE CALCULO CON TI-59

ACCION	INTRODUCIR	PULSAR	VISUALIZA
GASTO MAX/NOR	45090/38200	A	45090/38200
ΔP_p	365	2nd A'	365
PRESION ENT.	653.7	C	653.7
C_1 INICIAL	35	D	35
d_1 lb/pie ³	1.08	E	1.08
		2nd E'	X valor, en este caso no tomarse en cuenta.
		R/S	Y valor, no tomarse en cuenta.
C_g MAX/NOR		RCL 14	1674.516/1418.64
DE TABLAS C_1	32.5	D	32.5
		2nd E'	
		R/S	
C_g MAX/NOR		RCL 14	1633.36/1383.77
NIVEL DE RUIDO			
SPL ΔP		SBR $x \pm t$	51.245
Δ SPL c_g		SBR \sqrt{x}	62.82
Δ SPL $\Delta P/P_1$		SBR $L_n x$	15.444
DE TABLAS C_1	25.5	D	25.5
		2nd E'	

HOJA DE CALCULO CON TI-59

ACCION	INTRODUCIR	PULSAR	VISUALIZAR
		R/Δ	
Cg MAX/NOR		RCL 14	1626.282/1377.77
SPL ΔP		SBR ∗t	51.2458
Δ SPL _{cg}		SBR √X	62.7835
Δ SPL ΔP/P ₁		SBR Lnx	15.4444
CON WHISPER TRIM I			
Δ SPL ΔP/P ₁	15.4444	SBR RCL	-1.3039

Calculo de una válvula de control tipo mariposa.

CONDICIONES DE OPERACION:

DIAMETRO DE LA TUBERIA : 12 plg.

GASTO Q : 455,384 SCFH

PRESION DE ENTRADA P_1 : 20.2 psia

PRESION DE SALIDA P_2 : 18.2 psia

CAIDA DE PRESION ΔP : 2.0 psi

GRAVEDAD ESPECIFICA G : 1.8

TEMPERATURA T : 104 °F

RELACION DE C_g/C_v C_1 : 28.7

ΔSPL_K : -28.6 dBA

FLUIDO : BUTADIENO

$$C_g = \frac{Q \text{ scfh}}{\sqrt{\frac{520}{GT}} P_1 \text{ SEN} \left[\frac{3417}{C_1} \frac{\Delta P}{P_1} \right]}$$

$$C_g = \frac{455,384}{\sqrt{\frac{520}{(1.8)(563.67)}} (20.2) \text{ SEN} \left[\frac{3417}{28.7} \frac{2}{20.2} \right]}$$

$$C_g = 51,771.67145$$

$$SPL = SPL_{\Delta P} + \Delta SPL_{C_g} + \Delta SPL_{\Delta P/P_1} + \Delta SPL_K.$$

$$SPL = 6 + 94 + 7 - 28.6 = 78.4 \text{ dBA}$$

VALVULA TIPO : MARIPOSA
CARACTERISTICA : IGUAL PORCENTAJE
TAMAÑO CUERPO : 12 plg.
ANGULO DE ABERTURA: ENTRE 60º y 70º
MODELO (FISHER) : 9500
ESTILO DEL DISCO: FISHTAIL (COLA DE PESCADO)
MATERIAL CUERPO : ACERO AL CARBON
BONETE : ESTANDAR
MATERIAL DISCO : ACERO INOXIDABLE 316
MATERIAL FLECHA : ACERO INOXIDABLE 316
EMPAQUE : TEFLON

HOJA DE CALCULO CON TI-59

ACCION	INTRODUCIR	PULSAR	VISUALIZAR
GASTO EN SCFH	455,384	A	455,384
ΔP	2.0	2nd A'	2.0
DENS. REL.	1.8	2nd B'	1.8
PRESION DE ENT	20.2	C	20.2
TEMP. EN °R	563.67	2nd C'	563.67
C_1	28.7	D	28.7
VALOR DE C_g		SBR X^2	51771.6714
SPL $\Delta P/P_1$		SBR X^{PC}	6.02059
ΔSPL_{cg}		SBR \sqrt{x}	94.2818
$\Delta SPL_{\Delta P/P_1}$		SBR $Ln x$	7.2186

PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO DE FUGAS:

$$a) \text{ EXPANSION DEL DISCO} = \text{DIAM. DISCO} \times \text{COEF. EXPANSION} \times \text{TEMP. DISEÑO} - 60^{\circ}\text{F}$$

(TABLA 1) (TABLA 2)

$$\text{EXPANSION DEL DISCO} = 12" \times 8.9 \times 10^{-6} \times (104^{\circ} - 60^{\circ})\text{F}$$

$$\text{EXPANSION DEL DISCO} = 0.0046 "$$

$$b) \text{ ESPACIO LIBRE RADIAL TOTAL} = \frac{\text{ESPACIO LIBRE RADIAL NOR.} + \text{EXP. DEL DISCO}}{2}$$

(TABLA 3) 2

$$\text{ESPACIO LIBRE RADIAL TOTAL} = \frac{0.008 + 0.0046}{2}$$

$$\text{ESPACIO LIBRE RADIAL TOTAL} = 0.010"$$

$$c) \text{ FACTOR DE FUGA} = \frac{\text{ESPACIO LIBRE RADIAL TOTAL}}{\text{ESPACIO LIBRE RADIAL NORMAL}}$$

$$\text{FACTOR DE FUGA} = \frac{0.010"}{0.008} = 1.3$$

$$d) \text{ FUGA NORMAL DEL } C_g = (\text{TABLA 4})$$

$$\text{FUGA MAXIMA DEL } C_g = \text{FACTOR DE FUGA} \times \text{FUGA NORMAL DEL } C_g$$

$$\text{FUGA NORMAL DEL } C_g = 0$$

$$\text{FUGA MAXIMA DEL } C_g = 1.3 \times 0 = 0$$

POR LO TANTO LA FUGA DEL C_g en SCFH es igual a cero.

TABLA 1. DIAMETRO DEL DISCO

Valve Size, Inches	Disc Diameter, Inches				
	125#-300#	600#	900#	1500#	2500#
2	2	2	1-7/8	1-7/8	8-5/8
3	3	3	2-7/8	2-3/4	2-1/4
4	4	4	3-7/8	3-5/8	2-7/8
5	5	5	4-3/4	4-3/8	3-5/8
6	6	6	5-3/4	5-3/8	4-3/8
8	8	7-7/8	7-1/2	7	5-3/4
10	10	9-3/4	9-3/8	8-3/4	7-1/4
12	12	11-3/4	11-1/8	10-3/8	8-5/8
14	13-1/4	12-7/8	12-1/4	11-3/8	6
16	15-1/4	14-3/4	14	13	NO STD. DIMENSIONS V—THESE SIZES
18	17	16-1/2	15-3/4	14-5/8	
20	19	18-1/4	17-1/2	16-3/8	
24	23	22	21	19-5/8	NO STD. DIMENSIONS V—THESE SIZES
30	29	NO STD. DIM. THESE SIZES	NO STD. DIM. THESE SIZES	NO STD. DIM. THESE SIZES	
36	35				
42	41	NO STD. DIM. THESE SIZES	NO STD. DIM. THESE SIZES	NO STD. DIM. THESE SIZES	NO STD. DIMENSIONS V—THESE SIZES
48	47				
54	53				
60	59				

TABLA 2. COEFICIENTE DE EXPANSION $\times 10^{-6}$

TEMP. IN DEG. F	MATERIAL **											
	ALLOY 6	ALLOY 25	MONEL 400	MONEL K500	MONEL 410 & 411	INCONEL X-750	INCOLOY 800	TI. TARIUM	ALUM*	ALUM BRONZE	SUPER- TITANIUM	NICKEL
70		6.8	7.6	7.7					11.0	9.0		7.4
200	7.7	6.9	7.7	7.7	7.7	7.0	7.9	4.9	11.9	9.0		7.4
250	7.7	7.0	7.9	7.7	7.9	7.0	8.1	4.0	12.0	9.0		7.4
300	7.7	7.1	8.1	7.8	8.1	7.1	8.3	4.9	12.2	9.0		7.5
350	7.7	7.1	8.2	7.9	8.3	7.1	8.6	4.9	12.3	9.0		7.6
400	7.8	7.3	8.6	8.0	8.6	7.2	8.8	4.9	12.5	9.0		7.7
450	7.8	7.4	8.6	8.1	8.6	7.3	8.8	5.0	12.6	9.0		7.7
500	7.9	7.5	8.7	8.2	8.7	7.4	8.9	5.0	12.7	9.0		7.8
550	8.0	7.5	8.7	8.2	8.7	7.4	8.9	5.0	12.8	9.0		7.9
600	8.1	7.6	8.8	8.3	8.8	7.5	9.0	5.1	13.0	9.0		8.0
650	8.1	7.7	8.8	8.3	8.8	7.5	9.0	5.1	13.1			8.0
700	8.1	7.8	8.8	8.4	8.8	7.6	9.1	5.1	13.3			8.1
750	8.2	7.8	8.8	8.4	8.8	7.6	9.1	5.1	13.4			8.2
800	8.2	7.9	8.9	8.5	8.9	7.8	9.2	5.2	13.5			8.3
850	8.2	7.9	8.9	8.5	8.9	7.9	9.2	5.2	13.6			8.3
900	8.2	8.0	9.0	8.6	8.9	8.0	9.2	5.2	13.8			8.4
1000	8.3	8.2	9.1	8.7	9.1	8.1	9.4	5.3	14.0			8.5
1100	8.5	8.3	9.2	8.8	9.1	8.2	9.5	5.4				8.6
1200	8.7	8.4	9.3	9.1	9.1	8.4	9.6	5.5				8.7
1300	8.8	8.6	9.5	9.2	9.2	8.6	9.8	5.5				8.8
1400	8.9	8.8	9.6	9.3	9.2	8.8	9.9	5.6				8.9
1500	9.1	9.0	9.7	9.4		9.0	10.0	5.7				9.0
1600	9.4	9.2	9.8	9.6		9.3	10.2					9.1
1700	9.5	9.3				9.5	10.3					9.2
1800	9.7	9.4				9.8	10.5					9.3
2000		9.6										9.5
2100		9.9										8.8
2200												9.0

NOT USED BELOW 1600° F

TABLA 3. ESPACIO LIBRE RADIAL NORMAL

VALVE SIZE, INCHES	MAX. NORM. RAD. CLEAR., INCHES
1	0.007
1-1/2	0.007
2	0.007
2-1/2	0.007
3	0.007
4	0.007
5	0.007
6	0.008
8	0.008
10	0.008
12	0.009
14	0.010
16	0.010
18	0.010
20	0.010
24	0.014
30	0.014
36	0.014
42	0.023
48	0.023
54	0.023
60	0.023
66	0.023
72	0.023
78	0.030
84	0.030
90	0.030
96	0.030

TABLA 4. FUGA NORMAL DEL Cg

VALVE SIZE		7600 CLASS 2-7 7700 CLASS 2-7 7800			6200 CLASS 2-7 8300 CLASS 2-7			7600 ELASTOMER LINED CLASS 2-7 9100 9200 ELASTOMER SEAT CLASS 2-7 9500 ELAST. & TFE.		
		C_1 0°	27.9			27.9			-	
		-			-			-		
		C_{V0}°	C_{R0}°	C_{B0}°	C_{V0}°	C_{R0}°	C_{B0}°	C_{V0}°	C_{R0}°	C_{B0}°
1		.77	22	1.1	.26	7.3	.37			
1-1/2		1.15	33	1.65	.38	11	.55			
2		1.5	43	2.1	.5	14.3	.7			
2-1/2		1.9	54	2.7	.63	18	.9			
3		2.3	66	3.3	.77	22	1.1			
4		3.1	89	4.4	1.0	29.5	1.5			
5		3.8	109	5.4	1.3	36	1.8			
6		5.3	152	7.6	1.8	51	2.5			
8		7	200	10	2.3	67	3.3			
10		8.8	252	13	3	84	4.2			
12		10.6	303	15	3.5	101	5			
14		14.6	418	21	5	139	7			
16		16.6	479	24	5.6	160	8			
18		18.7	535	27	6.2	178	9			
20		21	600	30	7	200	10			
24		35.5	1015	51	12	338	17			
30		44.6	1275	64	15	425	21			
36		54	1544	77	18	515	26			
42		104	2975	149	35	991	50			
48		119	3400	170	40	1134	57			
54		134	3830	190	45	1277	64			
60		149	4260	213	50	1420	71			
66		164	4690	235	55	1563	78			
72		180	5150	257	60	1715	86			

CONCLUSIONES

1) Las válvulas en los procesos industriales son importantes ya que controlan la calidad del producto y mantienen dentro del proceso las condiciones requeridas para una operación segura, dando lugar al ahorro de trabajo y beneficio económico.

2) Toda industria en nuestros días tiene la facilidad de escoger cualquier tipo de válvula que cumpla con las características deseadas debido al extenso surtido que existe en el mercado.

3) De las partes que componen la válvula, la más importante a mi criterio es el tapón, ya que nos dice si la válvula es adecuada para la dinámica de un cierto proceso.

4) Las válvulas tipo bola son excelentes para manejar fluidos muy viscosos y líquidos con fibras y sólidos, pero no fueron construidas pensando en un control, debido a que la presión de entrada origina problemas de inestabilidad, por lo que su uso generalmente es en servicios de bloqueo.

5) Las válvulas más utilizadas en la industria son las tipo globo, ya que en general proporcionan cierre hermético, debido al diseño del cuerpo su mantenimiento preventivo y correctivo es de bajo costo, comparado con otros cuerpos de válvula. Bajo la misma

consideración en cuanto si ha sido bien diseñada y calculada las posibilidades de cavitación son mínimas y mantendrán a este elemento final de control dentro de un margen de vida útil aproximadamente de 10 años.

6) Las válvulas tipo mariposa, se utilizan mucho en la industria debido a su bajo costo, requieren de espacio mínimo para su instalación y tienen altas capacidades.

7) En el momento en que se selecciona la válvula de control adecuada a las necesidades de un determinado proceso, provocará que la vida media de los componentes de la válvula y tubería donde este instalada dicha válvula, se vean limitadas por la aparición de la cavitación y flasheo.

8) De acuerdo a las condiciones de operación que se presenten, se debe de escoger el material adecuado para la construcción de las diferentes partes que integran a la válvula de control, con el fin de obtener un rendimiento óptimo.

9) Debido a la alta inversión inicial que para la planta industrial representan las válvulas de control y al extenso surtido existente, deben tomarse todas aquellas consideraciones de ingeniería para lograr la selección correcta tanto desde el punto de vista operacional como de economía.

BIBLIOGRAFIA

HANDBOOK FOR CONTROL VALVE SIZING

CATALOG Nº 10

FISHER GOVERNOR

HANDBOOK FOR CONTROL VALVE SIZING

CATALOG Nº 71

FISHER GOVERNOR

ISA HANDBOOK OF CONTROL VALVES

J. W. HUTCHISON

2nd EDITION

ANSI B16.5

STEEL PIPE FLANGES AND FLANGED FITTINGS

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE

NEW YORK.

ISA RP4.1

UNIFORM FACE TO FACE DIMENSIONS FOR FLANGED CONTROL VALVE BODIES

INSTRUMENT SOCIETY OF AMERICA

PITTSBURGH

BIBLIOGRAFIA

REDUCING CAVITATION IN VALVES

JOURNAL OF THE HYDRAULICS DIVISION

TULLIS, J. PAUL and SKINNER, M. M.

DEVELOPMENT OF A VALVE SIZING RELATIONSHIP FOR FLASHING AND
CAVITATING FLOW

ISA, FINAL CONTROL ELEMENTS SYMPOSIUM

STILES, G. F.

DEVELOPMENT OF A UNIVERSAL GAS SIZING EQUATION FOR CONTROL
VALVES, TM-15

FISHER CONTROLS COMPANY, I.C.

BURESH, JAMES F. and SCHUDER, C.B.

PROCESS INSTRUMENTS AND CONTROLS HANDBOOK

DOUGLAS M. CONSIDINE

Mc GRAW-HILL BOOK COMPANY

MATERIALS MANUALS

FISHER GOVERNOR COMPANY

BIBLIOGRAFIA

CORROSION ENGINEERING

MARS G. FONTANA and NORBERT D. GREENE

Mc GRAW-HILL 2nd EDITION

INSTRUMENT ENGINEERS HANDBOOK

LIPTAK, BELA G.

PROCESS CONTROL

APUNTES DEL CURSO DE INGENIERIA DE PROYECTOS EN INSTRUMENTACION

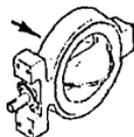
Y CONTROL

INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO

MEXICO, D.F., 1984

APENDICE A. TABLAS Y GRAFICAS DEL CATALOGO 10 DE FISHER.

Type 9500
Fishtail Disc
ANSI Classes 125 and 150



222

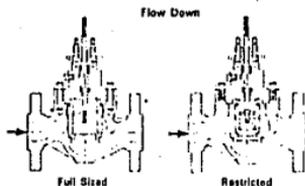
Flow Coefficients—Approximately Equal Percentage Characteristic

Coefficient	Valve Size, In.	Disc Angle of Opening									
		0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
C_v	Through	0	27.3	29.9	30.0	31.0	29.8	27.2	23.0	21.7	18.1
	10 & 12	0	27.3	29.9	35.0	34.5	31.5	28.7	24.4	19.1	16.0
K_w	All Sizes	0	.70	.70	.70	.70	.67	.60	.50	.45	.43
C_c (Liquid)	2	0	1.61	4.78	8.37	14.3	24.6	39.5	61.7	80	91
	3	0	4.0	10.6	18.7	31.8	54.8	92	139	179	203
	4	0	7.75	19.4	35	61.2	102	171	275	408	490
	6	0	16.6	44.3	78.9	141	232	393	638	994	1220
	8	0	29.9	78.8	140	252	412	710	1130	1770	2170
	10	0	46	123	222	412	672	1170	1910	3160	4010
12	0	79	178	322	592	987	1680	2720	4470	5640	
C_c (Gas)	2	0	49.4	143	252	445	733	1070	1420	1530	1650
	3	0	109	318	561	985	1630	2500	3180	3470	3680
	4	0	211	582	1050	1890	3050	4670	6330	8870	9350
	6	0	460	1330	2360	4380	6910	10,800	14,700	19,000	22,100
	8	0	818	2360	4220	7820	12,300	19,300	26,100	33,800	39,300
	10	0	1260	3680	7780	14,200	21,900	33,500	46,600	60,300	64,200
12	0	2150	5340	11,300	20,400	30,500	46,200	66,500	85,500	90,200	
C_c (Steam)	2	0	2.47	7.15	12.6	22.2	36.8	53.7	71	76.4	82.3
	3	0	5.45	15.9	28.1	49.5	81.7	125	159	171	184
	4	0	10.8	29.1	52.5	94.8	153	234	317	444	468
	6	0	23.0	66.3	118	219	348	543	735	950	1100
	8	0	40.9	118	211	381	614	865	1300	1690	1960
	10	0	62.8	184	368	710	1090	1680	2330	3010	3210
12	0	108	287	563	1020	1520	2410	3320	4270	4510	

Fig. 1: For flow coefficients with line size to body size ratios greater than 1.1, use correction multipliers on page 1-21.

Fig. 2: For additional Type 9500 body information refer to Bulletin 81-4-9500.

Design ED
ANSI Classes 125 - 300
Equal Percentage Cage



223

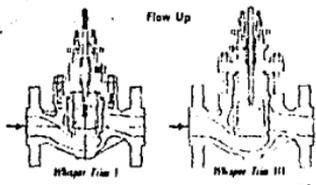
FLOW COEFFICIENTS

For additional body information
see *Table 11 ED*

Coeff. cents	Body Size, In.	Port Diameter, In.	Total Travel, In.	Valve Opening—Percent of Total Travel											K _v and C _v
				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		
				Equal Percentage Characteristic											
C _v (Liquid)	1 & 1-1/4	1.5/1.6	3/4	1.83	1.54	2.23	2.89	4.21	5.76	7.83	10.9	14.1	17.2	21.7	
	1-1/2	1.7/8	3/4	1.57	2.03	3.87	5.41	7.45	11.2	17.4	24.5	30.8	38.8	70	
	2	2.5/1.6	1.1/8	1.60	2.93	4.16	6.98	10.8	16.5	25.4	37.3	50.7	59.7	72	
	2-1/2	2.7/8	1.1/2	2.43	7.13	10.8	15.1	22.4	33.7	49.3	71.1	93.5	94.4	71	
	3	3.7/1.6	1.1/2	4.32	7.53	11.9	17.1	27.2	43.5	66.0	97.0	120	136	68	
	4	4.3/8	2	5.85	11.6	18.3	30.2	49.7	79.7	125	191	295	224	148	
	6	7	2	12.0	25.8	43.2	67.4	104	162	239	316	368	394	73	
	8	8	3	18.5	38.0	58.4	86.7	130	189	268	371	476	567	72	
	8	8	3	27.0	58.1	105	158	230	327	478	695	761	818	74	
	1-1/2	1.5/1.6	3/4	1.17	1.50	2.52	3.10	4.57	6.17	8.11	13.1	16.2	23.1	33	
	2	1.5/1.6	3/4	2.03	1.42	2.13	2.81	4.11	5.63	8.11	12.3	15.5	24.3	27	
	2-1/2	1.7/8	3/4	1.57	1.57	2.52	3.10	4.57	6.17	8.11	12.3	15.5	24.3	27	
3	2.5/1.6	1.1/8	1.95	3.11	4.77	7.07	10.7	17.0	27.9	41.5	59.0	70.7	75		
4	2.7/8	1.1/2	3.17	7.65	11.4	16.9	25.8	39.2	60.5	85.7	104	112	29		
6	4.3/8	2	5.40	10.1	15.9	26.7	45.2	71.2	111	163	257	274	78		
C _v (Gas)	1 & 1-1/4	1.5/1.6	3/4	31.2	48.2	67.4	94.4	130	191	270	380	483	562	32.7	
	1-1/2	1.7/8	3/4	53.7	80.2	131	183	256	382	578	811	1050	1180	33.0	
	2	2.5/1.6	1.1/8	60.4	107	184	238	359	546	851	1280	1810	1980	33.2	
	2-1/2	2.7/8	1.1/2	121	239	359	497	727	1090	1600	2320	2910	3230	32.5	
	3	3.7/1.6	1.1/2	157	253	360	545	854	1350	2150	3250	3930	4470	32.9	
	4	4.3/8	2	200	374	587	970	1580	2520	4100	5890	7650	7580	33.8	
	6	7	2	428	851	1430	2270	3480	5500	8200	10900	13000	13900	35.3	
	8	8	3	631	1200	1810	2660	3960	5950	8300	11600	15600	19300	34.0	
	8	8	3	867	1860	2720	3800	5600	8100	11600	15600	21300	25400	35.9	
	1-1/2	1.5/1.6	3/4	40.6	58.0	81.4	104	145	206	294	419	557	713	33.4	
	2	1.5/1.6	3/4	32.5	49.0	72.0	95.5	139	197	290	410	563	783	32.7	
	2-1/2	1.7/8	3/4	56.2	82.4	129	179	268	397	577	851	1180	1480	33.0	
3	2.5/1.6	1.1/8	70.0	114	171	248	387	545	813	1300	1840	2370	33.6		
4	2.7/8	1.1/2	117	256	380	553	816	1210	1840	2750	3660	4040	36.0		
6	4.3/8	2	179	369	542	864	1430	2230	3460	5280	7250	8140	36.3		
C _v (Steam)	1 & 1-1/4	1.5/1.6	3/4	1.56	7.42	3.37	4.72	6.80	9.55	13.5	19.0	24.2	28.1	21.7	
	1-1/2	1.7/8	3/4	2.69	4.51	6.55	9.15	12.8	19.1	29.9	40.6	51.0	59.0	33.0	
	2	2.5/1.6	1.1/8	3.02	16.35	8.20	11.9	17.8	27.3	42.6	64.0	84.0	89.0	33.2	
	2-1/2	2.7/8	1.1/2	6.05	12.0	18.0	24.9	36.4	54.5	80.0	116	148	162	32.5	
	3	3.7/1.6	1.1/2	7.60	12.7	18.0	27.3	42.7	67.5	108	162	197	224	27.9	
	4	4.3/8	2	10.0	18.7	23.4	48.5	73.0	128	205	295	357	379	33.8	
	6	7	2	21.4	42.0	71.5	114	174	275	410	545	680	695	35.3	
	8	8	3	31.6	60.0	90.6	133	198	290	415	580	780	965	34.0	
	8	8	3	43.4	84.0	168	234	493	750	1030	1250	1370	1470	35.9	
	1-1/2	1.5/1.6	3/4	7.03	2.90	4.02	5.20	7.25	10.3	14.7	21.0	29.4	38.7	33.4	
	2	1.5/1.6	3/4	1.69	2.45	3.60	4.78	6.95	9.85	14.5	20.5	29.2	39.2	32.2	
	2-1/2	1.7/8	3/4	2.81	4.47	6.45	8.95	12.3	16.9	23.9	37.6	59.0	74.0	33.7	
3	2.5/1.6	1.1/8	2.60	5.70	8.55	12.3	18.4	27.3	40.7	65.0	92.0	118	32.6		
4	2.7/8	1.1/2	6.60	12.8	19.0	27.7	40.8	60.5	93.0	137	180	202	36.0		
6	4.3/8	2	11.0	18.5	27.1	43.2	71.5	112	174	264	358	457	33.3		

*K_v values are based on the C_v values for the C_v coefficients and the C_v values for the C_v and C_v coefficients at 100% travel.
Adapted from

Note: The coefficients shown on this page are also appropriate for the Designs EDR, ET and ETR.



Design ED
Classes 125 - 600²²⁴
Whisper Trim I and
Whisper Trim III Cages

FLOW COEFFICIENTS

For additional body information
see *Tables 11, 11D*

Cage Level		Coefficients	Body Dia., in.	Port Diameter, in.	Total Travel, in.	Valve Opening—Percent of Total Travel										Linear Characteristic
						Cv										
						10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Whisper Trim I	C _v (Liquid)	1 & 1-1/4	1-5/16	3/4	3.28	7.33	12.0	14.2	14.9	15.3	15.7	16.0	16.4	16.8	...	
		1-1/2	1-7/8	3/4	2.62	6.84	13.9	20.8	23.2	24.2	24.9	25.4	26.1	26.7	...	
		2	2-5/16	1-1/8	7.30	19.2	34.8	42.2	45.5	47.0	47.1	47.2	47.2	48.0	...	
		2-1/2	2-7/8	1-1/2	12.2	32.8	69.7	54.4	55.9	59.8	64.0	67.7	71.4	74.0	...	
		3	3-7/16	1-1/2	11.7	34.8	81.4	76.9	76.9	77.1	79.0	84.2	82.1	97.0	...	
		4	4-3/8	2	37.8	76.1	112	137	143	144	145	146	150	157	...	
	...	C _g (Gas)	1-1/2	1-5/16	3/4	3.12	7.33	13.0	18.5	20.7	21.4	21.6	22.1	22.9	23.2	...
			2	2-7/8	3/4	2.66	6.79	11.7	18.4	23.6	27.0	29.9	32.6	35.2	37.5	...
			2-1/2	1-7/8	3/4	3.11	8.31	14.9	22.4	24.9	26.0	26.0	26.8	27.4	28.0	...
			3	2-5/16	1-1/8	11.9	19.0	32.8	45.4	47.6	49.0	49.8	50.4	51.0	51.6	...
			4	2-7/8	1-1/2	11.7	31.6	51.4	72.7	130.0	111	126	142	154	162	...
			4	4-3/8	2	107.0	196.0	275.0	356.0	443.0	512.0	550.0	581.0	596.0	610.0	38.9
...		C _s (Steam)	1-1/2	1-5/16	3/4	93.3	216	353	458	50.7	61.5	70.4	81.9	87.4	93.3	37.0
			2	1-5/16	3/4	83.8	211	354	457	565	685	76.1	88.0	96.8	102.9	27.8
			2-1/2	1-7/8	3/4	96.8	237	40.0	61.2	75.4	80.5	100.0	119.0	132.0	145.0	36.5
			3	2-5/16	1-1/8	276	547	603	1090	1370	1640	1900	2160	2400	255.0	25.5
			4	2-7/8	1-1/2	441	896	1303	1720	2143	2550	2910	3250	3730	4010	24.8
			4	4-3/8	2	635	97.8	137	178	221	258	278	291	298	308	31.9

Whisper Trim III		Linear Characteristic ¹													
		C _g (Gas)	C _s (Steam)	C _v (Liquid)	C _g (Gas)	C _s (Steam)	C _v (Liquid)	C _g (Gas)	C _s (Steam)	C _v (Liquid)	C _g (Gas)				
A3 AP/P ₁ ≤ 0.8	C _g (Gas)	8	5-3/8	3	140 ⁴	2220	3320	4420	5500	6560	7610	8950	9870	10,000	300
	C _s (Steam)	8	5-3/8	3	7 ⁴	111	167	221	275	328	381	433	484	530	300
B3 AP/P ₁ ≤ .78	C _g (Gas)	8	5-3/8	3	140 ⁴	1240	1850	2470	3090	3690	4310	4910	5510	6100	300
	C _s (Steam)	8	5-3/8	3	7 ⁴	62	93	124	155	185	216	246	276	303	300
C3 AP/P ₁ ≤ .85	C _g (Gas)	8	5-3/8	3	140 ⁴	640	1240	1860	2080	2490	2910	3310	3720	4130	300
	C _s (Steam)	8	5-3/8	3	7 ⁴	42	62	83	104	125	146	166	186	207	300
D3 AP/P ₁ ≤ .99	C _g (Gas)	8	5-3/8	3	140 ⁴	200	265	598	943	1300	1830	2270	2690	310	300
	C _s (Steam)	8	5-3/8	3	7 ⁴	10	14.3	29.9	47.1	69.0	81.5	114	135	158	300

Note: The coefficients shown on this page are also appropriate for the Drifts EDR, ET and ETD.

1. G. F. body with restricted Whisper Trim III as shown. Use ETD body for the same as shown.
 2. This column lists the factors for the Cv, Cg and Cs values for the EDR, ET and ETD.
 3. Level D includes an equal passage characteristic for the first 1-1/2" of travel. Max. linear characteristic.
 4. The specific static minimum operating pressure is 12% above. Valve should not be required to operate at less or on the specified minimum static pressure for an extended period of time. Excess damage to the valve may result.

**Design V100
Normal Flow**

**Metal Ball Seal, TCM Ball Seal, and
Flow Ring Constructions** 225

FLOW COEFFICIENTS

For additional body information
see *Index #1.1779*

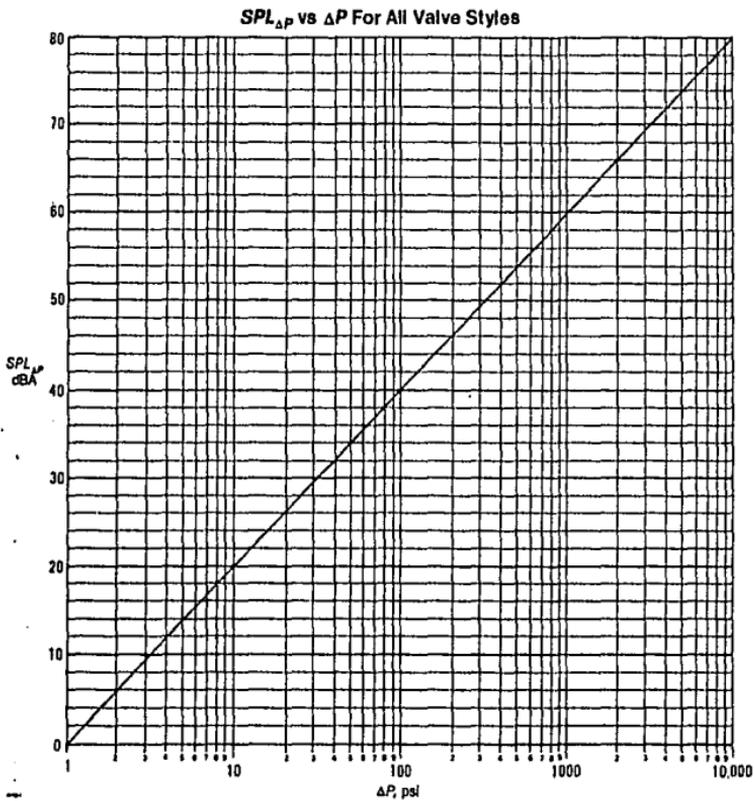
1 to 1 (Line- to Body-Size Ratio)			Approximately Equal Percentage Characteristic									
Coeff- cient	Body Size, In.	Class	Valve Rotation, Degrees									
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	
C_v (Liquid)	1-1/2	150-600	0	356	268	158	4 24	7 43	11 6	16 3	21 3	27 3
	2	150-600	356	249	7 20	14 2	24 0	36 3	55 6	82 7	88 9	
	3	150-600	632	3 63	11 1	21 8	35 2	53 4	78 6	109	158	
	4	150-600	149	7 44	22 3	44 6	73 7	114	164	242	317	
	8	150-600	230	17 3	40 3	74 2	121	178	247	371	575	
	8	150-600	4 64	30 2	78 9	148	231	331	463	664	1160	
	8	150-600	5 68	47 8	120	225	354	512	749	1180	1770	
	10	150-300	18 6	33 0	245	431	660	957	1350	1850	3060	
	12	150	23 1	100	236	421	648	907	1210	1660	2670	
	12	150-300	29 3	106	442	776	1210	1640	2370	3350	4810	
	K_m	1	150-600	...	90	85	80	74	74	74	74	74
		1-1/2	150-600	...	88	87	83	78	72	68	65	60
2		150-600	...	87	84	79	74	69	63	55	46	
3		150-600	...	80	78	76	72	67	60	54	48	
4		150-600	...	87	84	79	74	68	60	50	37	
8		150-600	...	75	75	74	70	63	52	41	31	
8		150-600	...	83	81	77	71	61	46	36	28	
10		150-300	...	81	81	78	73	68	58	47	33	
12		150	...	92	87	81	77	72	63	53	36	
12		150-300	...	82	83	73	67	60	52	43	33	
C_D (Gas)		1	150-600	0	6 50	48 6	133	239	363	499	637	684
		1-1/2	150-600	12 3	84 1	242	481	728	1050	1400	1840	2050
	2	150-600	21 2	121	392	734	1140	1670	2150	2740	3530	
	3	150-600	44 6	253	758	1470	2270	3180	4310	5830	7430	
	4	150-600	75 6	518	1300	2330	3600	5010	6640	8820	10 600	
	8	150-600	138	1070	2620	4680	7040	9700	12 600	15 600	19 400	
	8	150-600	194	1680	4050	7080	10 800	15 100	19 200	23 100	28 600	
	10	150-300	652	3260	7380	13 100	19 500	26 900	35 500	44 500	54 300	
	12	150	717	3470	7870	13 800	20 200	27 000	34 200	42 100	51 800	
	12	150-300	1240	5770	13 300	22 600	32 600	48 300	59 500	74 200	89 100	
	C_D (Steam)	1	150-600	0	325	343	6 65	13 0	18 1	25 0	31 9	34 2
		1-1/2	150-600	0 15	4 21	12 1	23 1	36 4	52 5	70 0	82 0	103
2		150-600	1 08	8 35	19 8	36 2	57 0	81 0	108	137	177	
3		150-600	2 23	12 7	37 9	73 5	114	159	21 6	28 2	37 2	
4		150-600	3 78	25 9	65 0	117	180	251	332	431	540	
8		150-600	6 80	53 5	131	234	352	485	630	780	970	
8		150-600	9 70	84 0	203	354	540	755	985	1160	1450	
10		150-300	32 8	163	369	655	975	1350	1780	2230	2750	
12		150	38 9	174	394	680	1010	1350	1710	2110	2590	
12		150-300	67 0	289	685	1130	1680	2310	3000	3710	4440	
C_I		1	150-600	0	24 3	30 8	31 4	32 2	31 3	30 6	28 9	30 7
		1-1/2	150-600	34 8	33 8	33 6	32 5	30 3	28 9	25 2	22 2	23 1
	2	150-600	33 5	35 0	35 3	33 7	32 4	30 3	28 1	25 1	22 3	
	3	150-600	29 9	34 0	34 0	33 0	30 8	27 9	26 3	24 1	20 0	
	4	150-600	32 9	28 9	32 3	31 4	28 8	26 1	26 8	23 3	18 8	
	8	150-600	25 3	35 4	33 2	31 6	30 5	28 3	27 2	23 5	16 7	
	8	150-600	34 2	35 1	33 8	31 5	30 3	28 5	26 3	19 6	16 3	
	10	150-300	35 0	35 0	30 1	30 4	28 5	27 8	26 3	23 9	17 5	
	12	150	32 6	34 7	33 3	31 2	31 2	28 8	28 3	24 4	20 2	
	12	150-300	31 6	29 4	30 1	28 1	27 8	26 2	25 3	18 8	18 1	



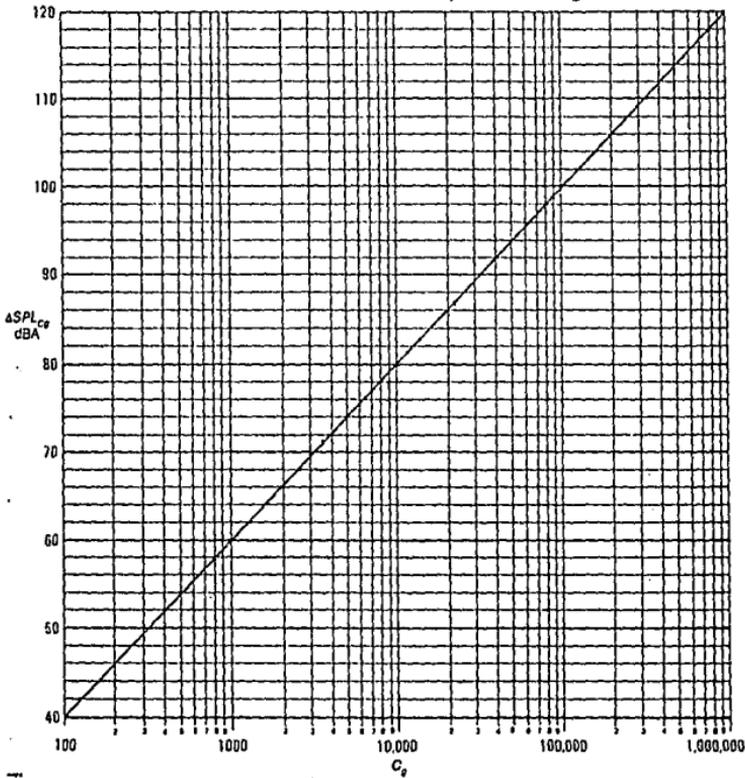
Aerodynamic Noise

Noise Prediction Technique

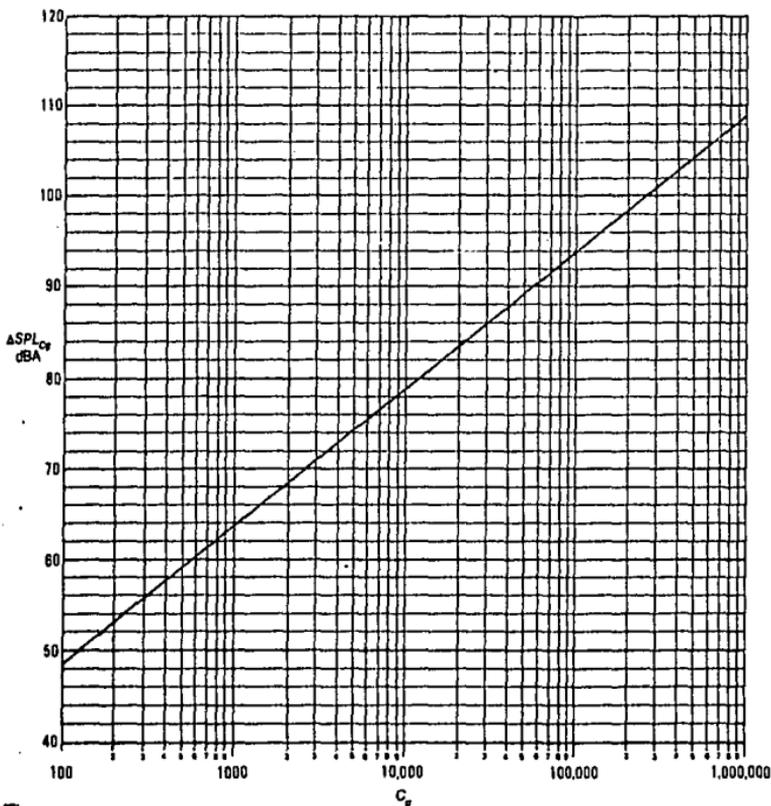
226



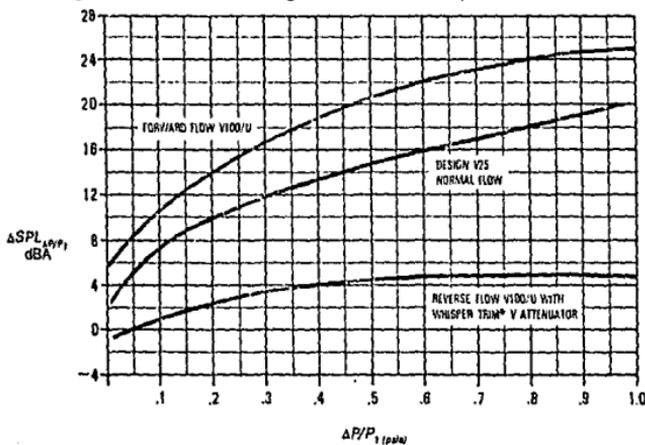
ΔSPL_{C_g} vs C_g For Line-of-Sight Valve,
Globe Valve with Standard or Whisper Trim® I Cage



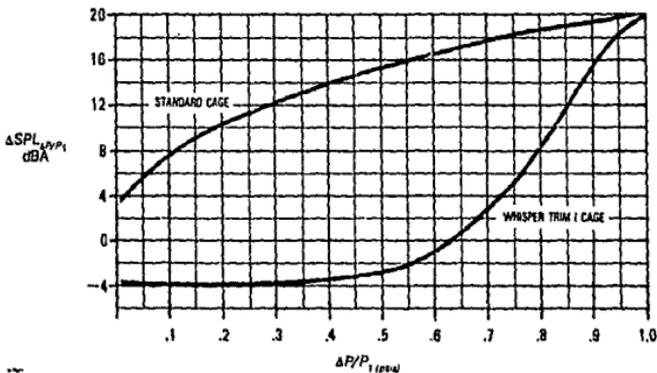
ΔSPL_{C_g} vs C_g For Inline Diffuser or
Globe Valve with Whisper Trim[®] III Cage



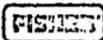
$\Delta SPL_{\Delta P/P_1}$ vs $\Delta P/P_1$ (psia) For
Line-of-Sight Valve and Line-of-Sight Valve with Whisper Trim® V Attenuator



$\Delta SPL_{\Delta P/P_1}$ vs $\Delta P/P_1$ (psia) For
Globe Valve with Standard or Whisper Trim® I Cage



Printed in U.S.A.
© Fisher Controls, Inc.
All Rights Reserved



ΔSPL_k Correction for Steel Pipe Wall Attenuation, dBA

Pipe Size, in.	Steel Schedule												
	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160	STD	XS	XXS
1	...	...	...	-19.0 ¹	...	-21.6	...	...	...	-24.5	-10.0	-21.6	-27.6
1-1/2	...	...	...	-18.0 ¹	...	-22.6	...	...	...	-25.6	-10.0	-22.6	-28.0
2	...	...	...	-20.4 ¹	...	-23.4	...	...	...	-27.3	-20.4	-23.4	-29.4
3	...	...	...	-23.4 ¹	...	-26.2	...	...	...	-29.5	-23.4	-26.2	-32.3
4	...	...	...	-24.2 ¹	...	-27.2	...	-23.5	...	-31.2	-24.2	-27.2	-33.2
6	...	...	...	-25.0 ¹	...	-27.5	...	-31.8	...	-33.9	-25.0	-27.5	-35.5
8	...	-24.9	-25.0	-27.1 ¹	-29.1	-30.0	-32.4	-34.1	-35.1	-36.1	-27.1	-29.9	-35.8
10	...	-24.9	-26.7	-28.2 ¹	-31.0	-32.4	-34.1	-35.5	-37.0	-34.0	-28.2	-31.0	...
12	...	-25.1	-27.5	-29.3	-32.1	-33.8	-35.6	-37.1	-39.1	-39.5	-28.0	-31.1	...
14	-25.4	-27.1	-28.7 ¹	-30.0	-32.6	-34.7	-36.6	-39.0	-39.1	-40.1	-29.7	-31.2	...
16	-25.3	-27.2	-28.6 ¹	-31.3	-33.6	-35.8	-37.0	-39.0	-40.4	-41.3	-29.0	-31.3	...
18	-25.3	-27.2	-30.1	-32.3	-34.6	-36.7	-39.6	-43.1	-44.2	-42.3	-33.0	-31.3	...
20	-25.4	-28.0 ¹	-31.4	-32.0	-35.0	-37.7	-39.1	-40.0	-42.3	-43.3	-29.9	-31.4	...
24	-25.0	-29.1 ¹	-32.0	-34.4	-37.4	-39.4	-41.3	-42.0	-43.9	-45.0	-29.1	-31.6	...
30	-27.7	-31.6	-33.7	...	...	...	...	...	...	...	-29.3	-31.8	...
36	-28.0	-32.1	-34.1	-35.6	...	...	...	...	...	...	-29.6	-32.1	...
42	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	-29.8	-32.3	...
44	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	-29.9	-32.4	...
48	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	-30.0	-32.5	...
52	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	-30.2	-32.7	...
56	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	-30.3	-32.8	...
60	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	-30.4	-32.9	...

¹ Standard schedule

ΔSPL_k Correction for Stainless Steel Pipe Wall Attenuation, dBA

Pipe Size, in.	Stainless Steel Schedules			
	5S	10S	40S	80S
1	-12.8	-17.3	-19.0	-21.6
1-1/2	-12.8	-17.3	-19.0	-22.6
2	-12.8	-17.4	-20.4	-23.4
3	-15.1	-19.3	-24.3	-26.2
4	-15.0	-19.2	-24.2	-27.2
6	-17.6	-19.4	-25.8	-29.5
8	-17.7	-20.3	-27.1	-30.9
10	-19.5	-21.3	-28.2	-31.0
12	-21.0	-22.2	-28.0	-31.1

Note

Use the following equation to calculate ΔSPL_k for pipe sizes not included:

$$\Delta SPL_k = 10 \log \left[\frac{1}{t^2 (D_o + 70.7)} \right] - 17.5$$

where,
 t = pipewall thickness, inch
 D_o = pipe outside diameter, inch

**APENDICE B. TABLAS DE COEFICIENTES DE FLUJO Y CONSTANTES
FISICAS.**

COEFICIENTES DE FLUJO REPRESENTATIVOS PARA VALVULAS DE FLECHA ROTATORIA

TAMÑO DE VALVULA EN (pulg)	ESTILO DE VALVULA E INTERIORES	GRADOS DE ABERTURA DE LA VALVULA	COEFICIENTES DE FLUJO					
			Cv	Cg	Cs	Km	C1	Kc
1	Rotatoria—De bola, corte en V	90	22.3	684	34.2	.74	20.7	.26
	Mariposa—Disco convencional	60	26.3	662	33.1	.55	25.2	.35
	Mariposa—Disco convencional	90*	52.0	907	45.3	.30	17.2	.25
1-1/2	Rotatoria—De bola, corte en V	90	88.9	2050	103	.55	23.1	.26
	Rotatoria—Disco excéntrico	90	75.0	1810	90.6	.48	24.1	.26
	Mariposa—Disco convencional	60	55.1	1390	69.4	.55	25.2	.35
2	Mariposa—Disco convencional	90*	110	1900	95.0	.30	17.2	.25
	Mariposa—Disco fishtail	90	91.0	1650	82.3	.43	18.1	.31
	Rotatoria—De bola, corte en V.	90	158	3530	177	.46	22.3	.26
2-1/2	Mariposa—Disco convencional	60	91.4	2300	115	.55	25.2	.35
	Mariposa—Disco convencional	90*	182	3150	157	.30	17.2	.25
	Mariposa—Disco fishtail	90	154	2790	139	.43	18.1	.31
3	Rotatoria—Disco excéntrico	90	193	4310	216	.42	22.3	.26
	Mariposa—Disco convencional	60	136	3440	172	.55	26.2	.35
	Mariposa—Disco convencional	90*	273	4710	235	.30	17.2	.25
4	Mariposa—Disco fishtail	90	234	4230	211	.43	18.1	.31
	Rotatoria—De bola, corte en V	90	372	7430	372	.46	20.0	.26
	Rotatoria—Disco excéntrico	90	418	8640	432	.36	20.7	.26
6	Mariposa—Disco convencional	60	271	6020	341	.55	25.2	.35
	Mariposa—Disco convencional	90*	542	9340	467	.30	17.2	.25
	Mariposa—Disco fishtail	90	490	8870	443	.43	18.1	.31
8	Rotatoria—De bola, corte en V	90	575	10,800	540	.37	18.8	.26
	Rotatoria—Disco excéntrico	90	900	17,100	855	.33	19.0	.26
	Mariposa—Disco convencional	60	760	18,800	941	.55	24.5	.35
10	Mariposa—Disco convencional	90*	1750	25,000	1,250	.30	14.3	.25
	Mariposa—Disco fishtail	90	1410	22,500	1120	.43	16.0	.31
	Rotatoria—De bola, corte en V.	90	944	18,100	605	.41	19.2	.26

TAMPO DE VALVULA EN (pulg)	ESTILO DE VALVULA E INTERIORES.	GRADOS DE ABERTURA DE LA VALVULA	COEFICIENTES DE FLUIDO					
			Cv	Cg	Cs	Km	Cl	Kc
8	Rotatoria-Disco excéntrico	90	1920	35,300	1770	.31	18.4	.26
	Mariposa-Disco convencional	60	1340	32,900	1640	.55	24.5	.35
	Mariposa-Disco convencional	90*	3050	43,600	2180	.30	14.3	.25
	Mariposa-Disco fishtail	90	2440	39,100	1950	.43	16.0	.31
	Rotatoria-De bola, corte en V	90	1770	28,900	1450	.28	16.3	.26
10	Rotatoria-Disco excéntrico	90	3390	60,000	3000	.28	17.7	.26
	Mariposa-Disco convencional	60	2170	53,100	2650	.55	24.5	.35
	Mariposa-Disco convencional	90*	4920	70,400	3520	.30	14.3	.25
	Mariposa-Disco fishtail	90	4010	64,200	3210	.43	16.0	.31
	Rotatoria-De bola, corte en V	90	3160	56,900	2850	.33	18.0	.26
12	Rotatoria-Disco excéntrico	90	4890	84,100	4200	.27	17.2	.26
	Mariposa-Disco convencional	60	3180	78,000	3900	.55	24.5	.35
	Mariposa-Disco convencional	90*	7240	103,000	5180	.30	14.3	.25
	Mariposa-Disco fishtail	90	5930	95,800	4790	.43	16.0	.31
	Rotatoria-De bola, corte en V	90	4620	83,200	4160	.33	18.0	.26
14	Rotatoria-Disco excéntrico	90	6800	117,000	5850	.27	17.2	.26
	Mariposa-Disco convencional	60	3880	95,000	4750	.55	24.5	.35
	Mariposa-Disco convencional	90*	8810	128,000	6300	.30	14.3	.25
	Mariposa-Disco fishtail	90	7280	116,000	5820	.43	16.0	.31
	Rotatoria-Disco excéntrico	90	9470	163,000	8150	.27	17.2	.26
16	Mariposa-Disco convencional	60	5210	127,000	6380	.55	24.5	.35
	Mariposa-Disco convencional	90*	11,850	159,000	8400	.30	14.3	.25
	Mariposa-Disco fishtail	90	9630	157,000	7860	.43	16.0	.31
	Rotatoria-De bola, corte en V	90	6760	125,000	6250	.33	18.5	.26
	Rotatoria-Disco excéntrico	90	12,000	206,000	10,300	.27	17.2	.26
18	Mariposa-Disco convencional	60	6510	159,000	7980	.55	24.5	.35
	Mariposa-Disco convencional	90*	14,800	212,000	10,600	.30	14.3	.25
	Mariposa-Disco fishtail	90	12,300	197,000	9650	.43	16.0	.31
	Rotatoria-Disco excéntrico	90	14,400	248,000	12,400	.27	17.2	.26
	Mariposa-Disco convencional	60	8210	201,000	10,000	.55	24.5	.35
20	Mariposa-Disco convencional	90*	18,600	267,000	13,300	.30	14.3	.25
	Mariposa-Disco fishtail	90	15,500	248,000	12,400	.43	16.0	.31

* Solamente para servicio de dos posiciones (on/off). Para aplicaciones de estrangulación dimensionar las válvulas de mariposa con disco convencional, a una abertura de 60°.

TAMÑO DE VALVULA EN (pulg)	ESTILO DE VALVULA E INTERIORES.	GRADOS DE ABERTURA DE LA VALVULA	COEFICIENTES DE FLUIDO					
			Cv	C _d	Cs	K _m	C _I	K _c
24	Rotatoria-Disco excéntrico	90	21,600	372,000	18,600	.27	17.2	.26
	Mariposa-Disco convencional	60	12,700	288,000	14,500	.55	24.5	.35
	Mariposa-Disco convencional	90*	27,700	396,000	19,800	.30	14.3	.25
	Mariposa-Disco fristail	90	23,100	370,000	18,500	.43	16.0	.31
	Rotatoria-De bola, corte en V	90	13,700	248,000	12,400	.33	18.1	.28
30	Mariposa-Disco convencional	60	19,900	487,000	24,300	.55	24.5	.35
	Mariposa-Disco convencional	90*	45,200	646,000	32,300	.30	14.3	.25
	Mariposa-Disco fristail	90	40,300	646,000	32,300	.43	16.0	.31
36	Mariposa-Disco convencional	60	29,400	721,000	36,100	.55	24.5	.35
	Mariposa-Disco convencional	90*	66,900	957,000	47,800	.30	14.3	.25
	Mariposa-Disco fristail	90	61,600	985,000	49,200	.43	16.0	.31
48	Mariposa-Disco convencional	60	54,200	1,330,000	66,400	.55	24.5	.35
	Mariposa-Disco convencional	90*	123,000	1,760,000	88,100	.30	14.3	.25
	Mariposa-Disco fristail	90	116,000	1,850,000	92,400	.43	16.0	.31
60	Mariposa-Disco convencional	60	85,300	2,090,000	104,000	.55	24.5	.35
	Mariposa-Disco convencional	90*	194,000	2,770,000	139,000	.30	14.3	.25
	Mariposa-Disco fristail	90	182,000	2,910,000	145,000	.43	16.0	.31
72	Mariposa-Disco convencional	60	173,000	3,030,000	151,000	.55	24.5	.35
	Mariposa-Disco convencional	90*	281,000	4,010,000	201,000	.30	14.3	.25
	Mariposa-Disco fristail	90	262,000	4,200,000	210,000	.43	16.0	.31

* Solamente para servicio de dos posiciones on-off. Para aplicaciones de estrangulación dimensionar las válvulas de mariposa con disco convencional, a una abertura de 90°.

COEFICIENTES DE FLUJO REPRESENTATIVOS PARA VALVULAS TIPO GLOBO DE PUERTO SEMCILLO

Tamaño de válvula (pulg)	Estilo de tapón de la válvula	Características de flujo	Diámetro del puerto (pulg)	Carrera (pulg)	Coeficientes de flujo				
					C _v	C _d	C _t	K _v	C _i
1/2	Micro-flute de 1 ranura Micro-flute de 2 ranuras Micro-flute de 3 ranuras	Igual porcentaje	1/4	3/4	0.31	10.0	0.50	.70	32.3
		Igual porcentaje	1/4	3/4	0.63	20.0	1.00	.70	31.7
		Igual porcentaje	1/4	3/4	0.95	32.0	1.50	.75	33.7
	Micro-form Micro-form Micro-flute	Igual porcentaje	1/4	3/4	1.40	48.0	2.40	.75	34.3
		Igual porcentaje	3/8	3/4	2.50	87.0	4.40	.80	34.8
		Igual porcentaje	1/2	3/4	2.80	89.5	4.98	.89	34.4
	Guía superior Guía en el puerto Guía superior	Igual porcentaje	1/2	3/4	4.20	145	7.25	.80	34.5
		Abertura rápida	3/4	7/16	4.06	147	7.35	.85	36.2
		Abertura rápida	3/4	3/4	6.27	227	11.4	.80	36.2
3/4	Micro-flute Guía superior Guía superior	Igual porcentaje	3/4	3/4	6.26	216	10.8	.87	34.5
		Igual porcentaje	3/4	3/4	8.65	304	15.2	.80	35.1
		Abertura rápida	3/4	3/4	9.06	322	16.1	.80	35.5
1	Micro-flute Micro-form	Igual porcentaje	1	3/4	9.39	355	17.8	.83	37.8
		Igual porcentaje	1	3/4	12.2	467	23.3	.91	38.2
	Guiado en la caja	Igual porcentaje	1-5/16	3/4	17.4	591	29.5	.90	34.0
		Lineal	1-5/16	3/4	20.1	668	33.4	.80	33.2
		Abertura rápida	1-5/16	3/4	21.4	690	34.5	.79	32.2
1-1/4	Guía superior Guía superior	Igual porcentaje	1-1/4	3/4	22.2	785	39.3	.80	35.4
		Abertura rápida	1-1/4	3/4	23.0	805	40.2	.80	35.0
1-1/2	Micro-form Guía superior Guía superior	Igual porcentaje	1	3/4	17.4	623	31.2	.85	35.8
		Igual porcentaje	1-1/2	3/4	29.1	1090	50.2	.75	34.5
		Abertura rápida	1-1/2	3/4	30.0	1070	53.4	.75	35.6
	Guiado en la caja	Igual porcentaje	1-7/8	3/4	33.4	1190	59.5	.89	35.6
		Lineal	1-7/8	3/4	34.9	1220	61.0	.85	35.0
Abertura rápida		1-7/8	3/4	38.0	1350	67.5	.88	35.8	
2	Guiado en la caja	Igual porcentaje	2-5/16	1-1/8	56.2	2070	104	.85	36.8
		Lineal	2-5/16	1-1/8	65.3	2260	114	.83	34.9
		Abertura rápida	2-5/16	1-1/8	67.2	2420	121	.86	36.0

2-1/2	Guiado en la caja	Igual porcentaje	2-7/8	1-1/2	87.2	3100	155	.87	37.4
		Lineal	2-7/8	1-1/2	86.5	3220	161	.86	37.2
		Abertura rápida	2-7/8	1-1/2	93.1	3470	174	.83	37.2
3	Guiado en la caja	Igual porcentaje	3-7/16	1-1/2	121	4210	211	.79	34.8
		Lineal	3-7/16	1-1/2	135	4680	234	.80	34.7
		Abertura rápida	3-7/16	1-1/2	150	5090	255	.76	33.9
4	Guiado en la caja	Igual porcentaje	4-3/8	2	203	7350	388	.82	36.2
		Lineal	4-3/8	2	212	7540	377	.79	35.6
		Abertura rápida	4-3/8	2	235	8300	415	.79	35.4
6	Guiado en la caja	Igual porcentaje	7	2	357	12,900	645	.74	36.1
		Lineal	7	2	417	14,400	720	.68	34.5
		Abertura rápida	7	2	469	15,700	785	.67	33.5
V-Pup guiado en el puerto De estrangulación, con guías superior e inferior		Igual porcentaje	8	2	587	20,400	1020	.80	34.8
		Parabólico modificado	8	2	602	20,100	1010	.75	33.4
8	Guiado en la caja	Igual porcentaje	8	2	570	19,000	950	.72	33.3
		Lineal	8	2	701	24,400	1220	.70	34.8
		Abertura rápida	8	2	787	28,400	1420	.73	36.1
	Guiado en la caja	Igual porcentaje	8	3	808	29,400	1470	.72	36.4
		Lineal	8	3	836	29,900	1500	.72	35.8
		Abertura rápida	8	3	875	30,600	1540	.72	35.2
10	V-Port de guía en el puerto	Parabólico modificado	10	3	997	33,400	1670	.75	33.8
	Guiado en el puerto	Abertura rápida	10	3	1260	43,800	2190	.75	34.2
	Con guías superior e inferior	Abertura rápida	10	3	1360	46,500	2330	.75	34.2
12	V-Port de guía en el puerto	Parabólico modificado	12	3	1180	40,900	2050	.80	34.7
	Con guías superior e inferior	Abertura rápida	12	3	1660	55,300	2770	.75	33.3
	Guiado en el puerto	Abertura rápida	12	3	1700	56,600	2830	.75	33.3

CONSTANTES FISICAS DE LOS HIDROCARBUROS

No.	Compuesto	Fórmula	Peso molecular	Punto de ebullición a 14.696 psia (°F)	Presión de vapor a 100 °F (psia)	Punto de congelación a 14.696 psia (°F)	Constantes críticas		Gravedad específica a 14.696 psia	
							Temperatura crítica (°F)	Presión crítica (psia)	Líquido, 60 °F/60 °F	Gas a 60 °F (aire = 1)
1	Metano	CH ₄	16.043	-258.69	1500.0 ¹	-296.46 ¹	-116.63	667.8	0.3 ¹	0.5339
2	Etano	C ₂ H ₆	30.070	-127.48	1800.7	-257.69 ¹	33.03	707.8	0.3564 ¹	1.0382
3	Propano	C ₃ H ₈	44.097	-43.67	193	-306.24 ¹	205.01	616.3	0.5077 ¹	1.5225
4	n-Butano	C ₄ H ₁₀	58.124	31.10	51.6	-217.05	305.65	550.7	0.5942 ¹	2.0168
5	Isobutano	C ₄ H ₁₀	58.124	10.90	72.2	-255.29	274.58	529.1	0.5631 ¹	2.0568
6	n-Pentano	C ₅ H ₁₂	72.151	96.92	15.570	-201.51	385.7	465.5	0.6310	2.4911
7	Isopentano	C ₅ H ₁₂	72.151	82.12	20.44	-255.73	360.10	490.4	0.6247	2.4911
8	Neopentano	C ₅ H ₁₂	72.151	49.10	25.9	2.17	321.13	464.0	0.6067 ¹	2.4911
9	n-Hexano	C ₆ H ₁₄	86.178	155.72	4.956	-139.58	453.7	436.9	0.6640	2.9753
10	2-Metilpentano	C ₆ H ₁₄	86.178	140.47	6.767	-244.63	435.83	436.6	0.6579	2.9753
11	3-Metilpentano	C ₆ H ₁₄	86.178	145.89	6.095	...	412.3	453.1	0.6689	2.9753
12	N-Hexano	C ₆ H ₁₄	86.178	121.52	8.855	-147.72	420.13	245.8	0.6540	2.9753
13	2,2-Dimetilbutano	C ₆ H ₁₄	86.178	136.36	7.094	-159.28	440.29	452.5	0.6564	2.9753
14	n-Heptano	C ₇ H ₁₆	100.205	209.17	1.620	-131.05	512.8	399.6	0.6982	3.4596
15	2-Metilhexano	C ₇ H ₁₆	100.205	194.09	2.271	-180.89	485.00	396.5	0.6830	3.4596
16	3-Metilhexano	C ₇ H ₁₆	100.205	197.32	2.120	...	503.78	408.1	0.6917	3.4596
17	3-Etilpentano	C ₇ H ₁₆	100.205	200.25	2.012	-181.48	513.48	419.3	0.7078	3.4596
18	2,2-Dimetilpentano	C ₇ H ₁₆	100.205	174.54	3.492	-190.15	477.23	402.2	0.6782	3.4596
19	2,4-Dimetilpentano	C ₇ H ₁₆	100.205	176.89	3.282	-182.63	478.95	396.2	0.6773	3.4596
20	3,3-Dimetilpentano	C ₇ H ₁₆	100.205	186.81	2.772	-210.01	505.65	421.2	0.6796	3.4596
21	Triptano	C ₇ H ₁₆	100.205	177.59	3.374	-12.82	496.44	428.4	0.6648	3.4596

22	n-Octano	C ₈ H ₁₈	114.232	253.22	0.537	-70.18	564.22	363.6	0.7088	3.9439
23	Difluorbutilo	C ₄ H ₈ F ₂	114.232	220.26	1.101	-132.07	530.44	360.6	0.6979	3.9429
24	Isobuteno	C ₄ H ₈	114.232	210.63	1.708	-161.27	519.46	372.4	0.6967	3.9439
25	n-Nonano	C ₉ H ₂₀	126.259	303.47	0.119	-64.26	610.68	322	0.7217	4.4232
26	n-Decano	C ₁₀ H ₂₂	142.285	345.48	0.0597	-21.36	655.1	336	0.7342	4.9176
27	Dicloroetano	C ₂ H ₄ Cl ₂	70.935	120.65	9.914	-135.91	451.5	613.8	0.7524	2.4216
28	Metilciclohexano	C ₇ H ₁₂	84.162	161.25	4.503	-124.44	409.25	548.9	0.7526	2.0267
29	Dicloroetano	C ₂ H ₄ Cl ₂	84.162	177.28	3.264	43.77	536.7	591	0.7824	2.9057
30	Metilciclohexano	C ₇ H ₁₂	98.109	213.08	1.639	-195.87	570.27	503.5	0.7710	3.3952
31	Etileno	C ₂ H ₄	28.054	-154.62	...	-272.45	49.56	129.8	...	0.9696
32	Propeno	C ₃ H ₆	42.081	-52.90	226.4	-301.55	195.9	669	0.5220	1.4529
33	1-Buteno	C ₄ H ₈	56.108	27.75	63.05	-301.65	225.6	363.	0.6213	1.9377
34	Cis-2-Buteno	C ₄ H ₈	56.108	33.65	45.54	-219.26	324.37	610.	0.6271	1.9372
35	Trans-2-Buteno	C ₄ H ₈	56.108	33.58	45.80	-157.85	311.08	195	0.6100	1.9372
36	Isobuteno	C ₄ H ₈	56.108	19.59	63.40	-220.61	292.55	580	0.6024	1.9372
37	1-Penteno	C ₅ H ₁₀	70.135	85.93	19.115	-265.39	375.93	590.	0.6457	2.4215
38	1,2-Butadieno	C ₄ H ₆	54.092	61.53	120.17	-213.16	120.17	652.17	0.6587	1.6510
39	1,3-Butadieno	C ₄ H ₆	54.092	24.05	160.17	-164.92	206	525.	0.6772	1.3376
40	Isopreno	C ₅ H ₈	68.119	93.30	15.672	-230.74	141.17	1558.417	0.6361	2.3319
41	Acetileno	C ₂ H ₂	26.038	-119*	...	-1.45	95.31	890.4	0.6117	0.8930
42	Benceno	C ₆ H ₆	78.114	176.17	3.724	41.95	552.22	710.4	0.8944	2.9969
43	Tolueno	C ₇ H ₈	92.141	231.13	1.332	-139.94	605.55	595.9	0.8719	3.1312
44	Etilbenceno	C ₈ H ₁₀	106.168	277.10	0.371	-139.91	651.24	523.5	0.8718	3.6625
45	o-Xileno	C ₈ H ₁₀	105.168	291.57	0.264	-133.50	675.0	541.4	0.8549	2.6515
46	m-Xileno	C ₈ H ₁₀	105.168	292.41	0.326	-54.12	651.07	513.4	0.9487	3.5655
47	p-Xileno	C ₈ H ₁₀	106.168	261.05	0.342	55.06	649.8	303.2	0.9657	3.6955
48	Etileno	C ₂ H ₄	104.152	233.29	0.247	-23.10	709.0	520	0.9110	3.5959
49	Isopropilbenceno	C ₉ H ₁₂	120.195	306.34	0.169	-140.92	676.4	265.4	0.8623	4.1498

1. Valores calculados.

2. 1. Valores estimados.

3. Hidrocarburos saturados de aire.

4. Valores calculados a partir de pesos en el suelo.

5. A la presión de saturación (presión vapor).

6. Punto de saturación.

7. Presión de saturación y 62.71.

8. Valor actual a la presión y 60.96.

9. Gravedad específica, 119.96/60.96 (temperatura de saturación).

CONSTANTES FISICAS DE VARIOS FLUIDOS.

Fluido	Fórmula	Peso molecular	Punto de ebullición (°F a 14.696 psia)	Presión de vapor (@ 70 °F) (psig)	Temperatura crítica (°F)	Presión crítica (psia)	Gravedad específica	
							Líquido 60/60 °F	Gas
Acético, Ácido	HC ₂ H ₃ O ₂	60.05	245				1.05	
Acetona	C ₃ H ₆ O	58.08	133		455	691	0.79	2.01
Aceite vegetal							0.91	0.94
Agua	H ₂ O	18.016	212	0.94921	706	3208	1.00	0.62
Aire	N ₂ -O ₂	28.97	-317		-221	547	0.861	1.0
Alcohol, Etilico	C ₂ H ₅ O	46.07	173	2.31	470	925	0.794	1.59
Alcohol, Metílico	CH ₃ O	32.04	148	4.631	463	1174	0.799	1.11
Almidón	(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n						1.50	
Azúcar, soluciones *	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁						1.10	
Amoníaco	NH ₃	17.03	-28	114	270	1636	0.62	0.59
Amoníaco, cloruro *	NH ₄ Cl						1.07	
Amoníaco, hidróxido *	NH ₄ OH						0.31	
Amoníaco, sulfato *	(NH ₄) ₂ SO ₄						1.15	
Anilina	C ₆ H ₅ N	93.12	365		798	770	1.02	
Argón	A	39.94	-302		-188	705	1.65	1.38
Bromo	Br ₂	159.84	138		575		2.93	5.52
Calcio, cloruro *	CaCl ₂						1.23	
Carbono, dióxido	CO ₂	44.01	-109	839	88	1072	0.8011	1.52
Carbono, disulfuro	CS ₂	76.1	115				1.29	2.63
Carbono, monóxido	CO	28.01	-314		-320	507	0.80	0.97
Carbono, tetracloruro	CCl ₄	153.84	170		542	661	1.59	5.31
Cerveza							1.01	
Cloro	Cl ₂	70.91	-30	85	231	1119	1.42	2.45

Clorhídrico, ácido	HCl	36.47	-115				1.84	
Clorhídrico, ácido	HCl	36.47	-115	613	125	1198	0.86	1.26
Crómico, ácido	H ₂ CrO ₄	118.03					1.21	
Cítrico, ácido	C ₆ H ₈ O ₇	192.12					1.54	
Cobre, sulfato *	CuSO ₄						1.17	
Eter	(C ₂ H ₅) ₂ O	74.12	34				0.74	2.55
Férrico, cloruro *	FeCl ₃						1.23	
Fúor	F ₂	38.00	-305	300	-200	809	1.11	1.31
Fluorhídrico, ácido	HF	20.01	68	0.9	448		0.92	
Formaldehído	H ₂ CO	30.03	-6				0.82	1.08
Fórmico, ácido	HCO ₂ H	46.03	214				1.23	
Furfural	C ₅ H ₄ O ₂	96.08	324				1.16	
Glicerina	C ₃ H ₈ O ₃	92.09	554				1.26	
Glicol	C ₂ H ₆ O ₂	62.07	387				1.11	
Helio	He	4.003	-454		-450	33	0.18	0.14
Hidrógeno	H ₂	2.016	-422		-400	189	0.071	0.07
Isopropílico, alcohol	C ₃ H ₈ O	60.09	180				0.78	2.08
Linaza, aceite			538				0.93	
Magnesio, cloruro *	MgCl ₂						1.22	
Mercuria	Hg	200.51	670				13.6	6.93
Métilo, bromuro	CH ₃ Br	94.95	38	13	376		1.73	1.27
Métilo, cloruro	CH ₃ Cl	50.49	-11	59	290	969	0.99	1.74
Naftaleno	C ₁₀ H ₈	128.16	474				1.14	1.43
Nítrico, ácido	HNO ₃	63.02	187				1.5	
Nitrógeno	N ₂	28.02	-320		-213	493	0.811	0.97
Oxígeno	O ₂	32	-297		-181	737	1.141	1.105

* Solución acuosa, 25 % en peso
 * Presión de vapor en mil a 100 °F

! Densidad del líquido en g/ml, en el punto de ebullición normal.

Fluido	Fórmula	Peso molecular	Punto de ebullición (°F a 14.696 psia)	Presión de vapor (°F y 0 psia)	Temperatura crítica (°F)	Presión crítica (psia)	Gravedad específica	
							Líquido 60/60 °F	Gas
Fosgeno	COCl ₂	98.92	47	10.7	300	821	1.39	3.42
Fosfórico, ácido	H ₃ PO ₄	98.00	415				1.83	
Potasio, carbonato *	K ₂ CO ₃						1.24	
Potasio, cloruro *	KCl						1.16	
Potasio, hidróxido *	KOH						1.24	
Refrigerante 11	CCl ₃ F	137.38	75	13.4	389	635		5.04
Refrigerante 12	CCl ₂ F ₂	120.93	-22	70.2	234	597		4.2
Refrigerante 13	CClF ₃	104.47	-115	458.7	84	561		
Refrigerante 21	CHCl ₂ F	102.93	48	8.4	353	750		3.82
Refrigerante 22	CHClF ₂	86.48	-41	122.5	205	716		
Refrigerante 23	CHF ₃	70.02	-119	635	91	691		
Sodio, cloruro *	NaCl						1.19	
Sodio, hidróxido *	NaOH						1.27	
Sodio, sulfato *	Na ₂ SO ₄						1.24	
Sodio tiosulfato *	Na ₂ S ₂ O ₃						1.23	
Sulfhídrico ácido	H ₂ S	34.07	-76	752	213	1307	0.79	1.17
Sulfúrico, ácido	H ₂ SO ₄	98.08	676				1.83	
Sulfuroso, anhídrido	SO ₂	64.6	14	34.4	316	1145	1.39	2.21
Turpentina			320				0.87	
Zinc, cloruro *	ZnCl ₂						1.24	
Zinc, sulfato *	ZnSO ₄						1.31	

* Solución acuosa, 25 % en peso del compuesto.
† Presión de vapor en psia a 100 °F.

Pipe Size, in.	Steel Schedule												
	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160	STD	XS	XXS
1	...	...	...	-19.0 ¹	...	-21.6	...	...	...	-24.5	-19.0	-21.6	-27.6
1-1/2	...	...	...	-19.8 ¹	...	-22.6	...	...	...	-25.6	-19.8	-22.6	-28.6
2	...	...	...	-20.4 ¹	...	-23.4	...	...	...	-27.3	-20.4	-23.4	-29.4
3	...	...	...	-23.4 ¹	...	-26.2	...	...	...	-29.5	-23.4	-26.2	-32.3
4	...	...	...	-24.2 ¹	...	-27.2	...	-29.5	...	-31.2	-24.2	-27.2	-33.2
6	...	...	...	-25.6 ¹	...	-29.5	...	-31.8	...	-33.0	-25.6	-29.5	-35.5
8	...	-24.9	-25.8	-27.1 ¹	-29.1	-30.0	-32.4	-34.1	-35.1	-36.1	-27.1	-30.9	-35.8
10	...	-24.9	-26.7	-28.2 ¹	-31.0	-32.4	-34.1	-35.5	-37.0	-38.0	-28.2	-31.0	...
12	...	-25.1	-27.5	-29.3	-32.1	-33.8	-35.6	-37.1	-38.1	-39.5	-28.6	-31.1	...
14	-25.4	-27.1	-28.7 ¹	-30.0	-32.6	-34.7	-36.6	-38.0	-39.1	-40.1	-28.7	-31.2	...
18	-25.3	-27.2	-28.8 ¹	-31.3	-33.6	-35.6	-37.6	-39.0	-40.4	-41.3	-28.8	-31.3	...
20	-25.3	-27.2	-30.1	-32.3	-34.8	-36.7	-38.6	-40.1	-41.2	-42.3	-28.8	-31.3	...
24	-25.4	-28.0 ¹	-31.4	-32.9	-35.6	-37.7	-39.1	-40.9	-42.3	-43.3	-28.9	-31.4	...
28	-25.6	-29.1 ¹	-32.6	-34.4	-37.4	-39.4	-41.3	-42.6	-43.9	-45.0	-29.1	-31.6	...
30	-27.7	-31.8	-33.7	...	...	...	...	...	...	...	-29.3	-31.8	...
36	-28.0	-32.1	-34.1	-35.6	...	...	...	...	...	...	-29.8	-32.1	...
42	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	-29.8	-32.3	...
44	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	-29.9	-32.4	...
48	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	-30.0	-32.5	...
52	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	-30.2	-32.7	...
56	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	-30.3	-32.8	...
60	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	-30.4	-32.9	...

1. Standard Schedule.

 ΔSPL_x Correction for Stainless Steel Pipe Wall Attenuation, dBA

Pipe Size, in.	Stainless Steel Schedules			
	5S	10S	40S	80S
1	-12.8	-17.3	-19.0	-21.6
1-1/2	-12.8	-17.3	-19.8	-22.6
2	-12.8	-17.4	-20.4	-23.4
3	-15.1	-18.3	-24.3	-26.2
4	-15.0	-18.2	-24.2	-27.2
6	-17.6	-19.4	-25.6	-29.5
8	-17.7	-20.3	-27.1	-30.9
10	-18.5	-21.3	-28.2	-31.0
12	-21.0	-22.2	-28.6	-31.1

Note

Use the following equation to calculate ΔSPL_x for pipe sizes not included:

$$\Delta SPL_x = 10 \log \left[\frac{1}{t^2 (D_o + 76.7)} \right] - 17.5$$

where,

 t = pipe wall thickness, inch D_o = pipe outside diameter, inch

Commercial Wrought Steel Pipe Data (ANSI B36.10)

243

	Nom. Pipe Size	O.D. Inches	Thickness Inches	I.D. Inches	Transverse Area		Length For 1 cu. ft. Volume	Wt./sq. ft. "M"
					Sq. in.	Sq. ft.		
Schedule 10	14	14	.250	13.5	143	.994	1.01	10.2
	18	18	.250	15.5	189	1.31	.763	10.2
	24	24	.250	17.5	241	1.67	.569	10.2
	30	30	.250	19.5	299	2.07	.482	10.2
	36	36	.250	23.5	434	3.01	.332	10.2
	42	42	.312	29.4	678	4.71	.212	12.7
Schedule 20	8	8.63	.250	8.13	51.9	.360	2.78	10.2
	10	10.8	.250	10.3	82.5	.573	1.75	10.2
	12	12.8	.250	12.3	117.9	.819	1.22	10.2
	14	14.0	.312	13.4	141.	.976	1.03	12.7
	18	18.0	.312	15.4	186	1.29	.775	12.7
	24	24.0	.312	17.4	237	1.65	.607	12.7
Schedule 30	8	8.63	.375	19.3	291	2.02	.495	15.3
	10	10.8	.375	23.3	425	2.95	.339	15.3
	12	12.8	.500	29.0	661	4.59	.218	20.4
	14	14.0	.375	13.3	138	.958	1.04	15.3
	18	18.0	.375	15.3	183	1.27	.788	15.3
	24	24.0	.438	17.1	230	1.60	.625	17.9
Schedule 40	8	8.63	.500	19.0	284	1.97	.507	20.4
	10	10.8	.562	22.9	411	2.85	.351	22.9
	12	12.8	.625	28.8	649	4.51	.222	25.5
	14	14.0	.375	13.3	138	.958	1.04	15.3
	18	18.0	.375	15.3	183	1.27	.788	15.3
	24	24.0	.438	17.1	230	1.60	.625	17.9
Schedule 40*	1/4	.840	.109	.622	.304	.00211	474.	4.45
	1/2	1.05	.113	.824	.533	.00371	270.	4.60
	3/4	1.32	.133	1.05	.864	.00600	167.	5.42
	1 1/4	1.68	.140	1.38	1.50	.0104	96.1	5.70
	1 1/2	1.90	.145	1.61	2.04	.0141	70.7	5.92
	2	2.34	.154	2.07	3.34	.0233	42.9	6.28
	2 1/2	2.88	.203	2.47	4.79	.0332	30.1	6.28
	3	3.50	.216	3.07	7.39	.0513	19.4	6.80
	4	4.50	.237	4.03	12.7	.0884	11.3	9.65
	6	6.63	.280	6.07	28.9	.201	4.98	11.4
	8	8.63	.322	7.98	50.0	.347	2.89	13.1
	10	10.8	.365	10.02	78.9	.548	1.83	14.9
	12	12.8	.406	11.9	112.	.777	1.29	16.5
	14	14.0	.438	13.1	135.	.939	1.06	17.8
16	16.0	.500	15.0	177.	1.23	.815	20.4	
18	18.0	.562	16.9	224.	1.55	.644	22.9	
20	20.0	.593	18.8	278	1.93	.518	23.1	
24	24.0	.687	22.6	402	2.79	.358	28.0	

*Standard wall pipe same as Sched. 40 through 10" size. 12" size data follows.

12	12.8	.375	12.00	113	.785	1.27	15.3
----	------	------	-------	-----	------	------	------

	Nom. Pipe Size	O.D. Inches	Thickness Inches	I.D. Inches	Transverse Area		Length of 1 cu. ft. Volume	Wt./sq. ft. "m"
					Sq. in.	Sq. ft.		
Schedule 80†	½	.840	.147	.546	.234	.00163	613	5.98
	¾	1.05	.154	.742	.433	.00300	333	6.28
	1	1.32	.179	.957	.719	.00499	200	7.30
	1¼	1.66	.191	1.28	1.28	.00891	112	7.78
	1½	1.90	.200	1.50	1.77	.0123	81.6	8.15
	2	2.38	.218	1.94	2.95	.0205	48.6	8.88
	2½	2.88	.276	2.32	4.24	.0294	34.0	11.3
	3	3.50	.300	2.90	6.61	.0458	21.8	12.2
	4	4.50	.337	3.83	11.5	.0799	12.5	13.7
	6	6.63	.432	5.76	26.1	.181	5.53	17.6
	8	8.63	.500	7.63	45.7	.317	3.15	20.4
	10	10.8	.593	9.56	71.8	.499	2.00	24.1
	12	12.8	.687	11.4	102	.706	1.42	28.0
	14	14.0	.750	12.5	123	.852	1.17	30.5
	16	16.0	.843	14.3	161	1.12	.895	34.3
	18	18.0	.937	16.1	204	1.42	.705	38.2
	20	20.0	1.03	17.9	253	1.76	.590	41.3
	24	24.0	1.22	21.6	365	2.54	.394	49.7
Schedule 140	½	.840	.187	.466	.171	.00118	847	7.62
	¾	1.05	.218	.614	.296	.00206	485	8.89
	1	1.32	.250	.815	.522	.00362	276	10.2
	1¼	1.66	.250	1.16	1.06	.00734	136	10.2
	1½	1.90	.281	1.34	1.41	.00976	102	11.5
	2	2.38	.343	1.69	2.24	.0156	64.3	14.0
	2½	2.88	.375	2.13	3.55	.0248	40.8	15.3
	3	3.50	.438	2.82	5.41	.0376	26.6	17.8
	4	4.50	.531	3.44	9.28	.0645	15.5	21.6
	6	6.63	.718	5.19	21.1	.147	6.80	29.2
	8	8.63	.906	6.81	36.5	.253	3.95	37.0
	10	10.8	1.13	8.50	56.8	.394	2.54	46.0
	12	12.8	1.31	10.1	80.5	.559	1.79	53.4
	14	14.0	1.41	11.2	98.3	.683	1.47	57.5
16	16.0	1.59	12.8	128.	.896	1.12	64.8	
18	18.0	1.78	14.4	164	1.14	.880	72.5	
20	20.0	1.97	16.1	203	1.41	.710	80.2	
24	24.0	2.34	19.3	293	2.03	.491	95.3	
Double Extra Strong	½	.840	.294	.252	.050	.00035	2860	12.0
	¾	1.05	.309	.434	.148	.00103	971	12.6
	1	1.32	.358	.599	.282	.00196	510	14.6
	1¼	1.66	.382	.896	.630	.00438	228	15.6
	1½	1.90	.400	1.10	.950	.00660	152	16.4
	2	2.38	.436	1.50	1.77	.0123	81.2	17.8
	2½	2.89	.552	1.77	2.46	.0171	58.5	22.6
	3	3.50	.600	2.30	4.16	.0289	34.7	24.5
	4	4.50	.674	3.15	7.80	.0542	18.5	27.5
	6	6.63	.864	4.90	18.8	.131	7.65	35.2
8	8.63	.875	6.88	37.1	.258	3.88	35.7	

†Extra strong pipe same as Sched. 80 through 8" size. 10" & 12" size data follows.

10	10.8	.500	9.75	74.7	.519	1.93	20.4
12	12.8	.500	11.8	108.	.753	1.33	20.4

Saturated					Superheated: Total Temperature - °F									
Abs. P. ^a	Gage P. ^b	Sat. Temp.	v	Sat.	360	400	440	480	500	600	700	800	900	1000
14.696	0.0	212.00	V h _g	26.80 1150.4	33.03 1221.1	34.68 1239.9	36.32 1258.6	37.98 1277.6	38.78 1287.1	42.86 1334.8	46.94 1383.2	51.00 1432.3	55.07 1482.3	59.13 1533.1
20.0	5.3	227.96	V h _g	20.08 1158.3	24.21 1220.3	25.43 1239.2	26.65 1258.2	27.88 1277.1	28.46 1286.6	31.47 1334.4	34.47 1382.9	37.46 1432.1	40.45 1482.1	43.44 1533.0
30.0	15.3	250.33	V h _g	13.746 1164.1	16.072 1218.6	16.897 1237.9	17.714 1257.0	18.528 1276.2	18.933 1285.7	20.95 1333.8	22.96 1382.4	24.96 1431.7	26.95 1481.8	28.95 1532.7
40.0	25.3	267.25	V h _g	10.498 1169.7	12.001 1216.9	12.828 1236.5	13.247 1255.9	13.862 1275.2	14.168 1284.8	15.688 1333.6	17.198 1382.4	18.702 1431.3	20.20 1481.4	21.70 1532.4
50.0	35.3	281.01	V h _g	8.515 1174.1	9.557 1215.2	10.065 1235.1	10.567 1254.7	11.082 1274.2	11.309 1283.9	12.532 1332.5	13.744 1381.4	14.950 1430.9	16.152 1481.1	17.352 1532.2
60.0	45.3	292.71	V h _g	7.175 1177.6	7.927 1213.4	8.357 1233.6	8.779 1253.5	9.188 1273.2	9.403 1283.0	10.427 1331.8	11.441 1380.9	12.448 1430.5	13.452 1480.8	14.454 1531.9
70.0	55.3	302.92	V h _g	6.208 1180.6	6.782 1211.5	7.138 1232.1	7.502 1252.3	7.863 1272.2	8.041 1282.0	8.924 1331.1	9.786 1380.4	10.662 1430.1	11.524 1480.5	12.383 1531.6
80.0	65.3	312.03	V h _g	5.472 1183.1	5.888 1209.7	6.220 1230.7	6.544 1251.1	6.862 1271.1	7.020 1281.1	7.797 1330.5	8.562 1379.9	9.322 1429.7	10.077 1480.1	10.830 1531.3
90.0	75.3	320.27	V h _g	4.898 1185.3	5.208 1207.7	5.508 1229.1	5.799 1249.8	6.084 1270.1	6.225 1280.1	6.920 1329.6	7.603 1379.4	8.279 1429.3	8.952 1479.8	9.623 1531.8
100.0	85.3	327.81	V h _g	4.432 1187.2	4.663 1205.7	4.937 1227.6	5.202 1246.6	5.462 1269.0	5.589 1279.1	6.218 1329.1	6.835 1378.9	7.448 1428.9	8.052 1479.5	8.656 1532.7
120.0	105.3	341.25	V h _g	3.728 1190.4	3.844 1201.6	4.081 1224.4	4.307 1246.0	4.527 1266.9	4.636 1277.2	5.165 1327.7	5.683 1377.8	6.195 1428.1	6.702 1478.8	7.207 1530.2
140.0	125.3	353.02	V h _g	3.220 1193.0	3.258 1197.3	3.468 1221.1	3.667 1243.3	3.860 1264.7	3.954 1275.2	4.413 1326.4	4.881 1376.8	5.301 1427.3	5.738 1478.2	6.172 1529.7
160.0	145.3	363.53	V h _g	2.834 1195.1	...	3.008 1217.6	3.187 1240.6	3.359 1262.4	3.443 1273.1	3.849 1325.0	4.244 1375.7	4.631 1426.4	5.015 1477.5	5.396 1529.1
180.0	165.3	373.06	V h _g	2.532 1198.9	...	2.649 1214.0	2.813 1237.6	2.969 1260.2	3.044 1271.0	3.411 1323.5	3.764 1374.7	4.110 1425.6	4.452 1476.8	4.792 1528.6
200.0	185.3	381.79	V h _g	2.288 1198.4	...	2.361 1210.3	2.513 1234.9	2.658 1257.8	2.726 1268.9	3.060 1322.1	3.380 1373.8	3.693 1424.8	4.002 1476.2	4.309 1528.0
220.0	205.3	389.86	V h _g	2.087 1199.6	...	2.125 1206.5	2.267 1231.9	2.400 1255.4	2.465 1268.7	2.772 1320.7	3.066 1372.8	3.352 1424.0	3.634 1475.5	3.913 1527.5
240.0	225.3	397.37	V h _g	1.918 1200.6	...	1.9276 1202.5	2.062 1228.8	2.187 1253.0	2.247 1264.5	2.533 1319.2	2.804 1371.5	3.068 1423.2	3.327 1474.8	3.584 1526.9
260.0	245.3	404.42	V h _g	1.774 1201.5	...	...	1.8892 1225.7	2.006 1250.5	2.063 1262.3	2.330 1317.7	2.582 1370.4	2.827 1422.3	3.067 1475.2	3.305 1526.3
280.0	265.3	411.05	V h _g	1.651 1202.3	...	...	1.7388 1222.4	1.8512 1247.9	1.9047 1260.0	2.158 1318.2	2.392 1369.4	2.621 1421.5	2.845 1473.5	3.066 1525.8
300.0	285.3	417.33	V h _g	1.543 1202.8	...	...	1.6090 1219.1	1.7165 1245.3	1.7675 1257.6	2.005 1314.7	2.227 1368.3	2.442 1420.6	2.652 1472.8	2.859 1525.2
320.0	305.3	423.29	V h _g	1.448 1203.4	...	...	1.4950 1215.6	1.5985 1242.6	1.6472 1255.2	1.8734 1315.2	2.083 1367.2	2.285 1419.8	2.483 1472.1	2.678 1524.7
340.0	325.3	428.97	V h _g	1.364 1203.7	...	...	1.3941 1212.1	1.4941 1239.9	1.5410 1252.8	1.7569 1311.6	1.9562 1366.1	2.147 1419.0	2.334 1471.5	2.518 1524.1
360.0	345.3	434.40	V h _g	1.289 1204.1	...	...	1.3041 1208.4	1.4012 1237.1	1.4464 1250.3	1.6533 1310.1	1.8431 1365.0	2.025 1418.1	2.202 1470.8	2.376 1523.5

^a v = specific volume, cubic feet per pound
^b h_g = total heat of steam, Btu per pound

Saturated				Superheated: Total Temperature - °F										
Abs. P.	Gage P.	Sat. Temp.	v	Sat.	500	540	600	640	660	700	740	800	900	1000
380.0	365.3	439.60	V h _g	1.222 1204.3	1.3616 1247.7	1.4444 1273.1	1.5605 1308.5	1.6345 1331.0	1.6707 1342.0	1.7419 1363.9	1.8118 1385.3	1.9149 1417.3	2.083 1470.1	2.249 1523.0
400.0	385.3	444.59	V h _g	1.161 1204.5	1.2851 1245.1	1.3652 1271.0	1.4770 1306.9	1.5460 1329.6	1.5627 1340.8	1.6508 1362.7	1.7177 1384.3	1.8161 1416.4	1.9767 1469.4	2.134 1522.4
420.0	405.3	449.39	V h _g	1.106 1204.6	1.2158 1242.5	1.2935 1268.9	1.4014 1305.3	1.4697 1328.3	1.5030 1339.5	1.5684 1361.8	1.6324 1383.3	1.7267 1415.5	1.8802 1468.7	2.031 1521.9
440.0	425.3	454.02	V h _g	1.055 1204.6	1.1528 1239.8	1.2282 1266.7	1.3327 1303.6	1.3984 1326.9	1.4308 1338.2	1.4934 1360.4	1.5549 1382.3	1.6454 1414.7	1.7925 1466.1	1.9368 1521.3
460.0	445.3	456.50	V h _g	1.009 1204.6	1.0948 1237.0	1.1685 1264.5	1.2698 1302.0	1.3334 1325.4	1.3644 1336.9	1.4250 1359.3	1.4842 1381.3	1.5711 1413.8	1.7124 1467.4	1.8508 1520.7
480.0	465.3	462.82	V h _g	0.967 1204.5	1.0417 1234.2	1.1138 1262.3	1.2122 1300.3	1.2737 1324.0	1.3038 1335.6	1.3622 1358.2	1.4193 1380.3	1.5031 1412.9	1.6390 1466.7	1.7720 1520.2
500.0	485.3	467.01	V h _g	0.927 1204.4	0.9927 1231.3	1.0633 1260.0	1.1591 1298.6	1.2188 1322.6	1.2478 1334.2	1.3044 1357.0	1.3596 1379.3	1.4405 1412.1	1.5715 1468.0	1.6996 1519.6
520.0	505.3	471.07	V h _g	0.891 1204.2	0.9473 1228.3	1.0166 1257.7	1.1101 1296.9	1.1681 1321.1	1.1962 1332.9	1.2511 1355.8	1.3045 1378.2	1.3826 1411.2	1.5091 1465.3	1.6326 1519.0
540.0	525.3	475.01	V h _g	0.857 1204	0.9052 1225.3	0.9733 1255.4	1.0646 1295.2	1.1211 1319.7	1.1485 1331.5	1.2017 1354.6	1.2535 1377.2	1.3291 1410.3	1.4514 1464.6	1.5707 1518.5
560.0	545.3	478.85	V h _g	0.826 1203.8	0.8659 1222.2	0.9330 1253.0	1.0224 1293.4	1.0775 1318.2	1.1041 1330.2	1.1558 1353.5	1.2070 1376.1	1.2794 1409.4	1.3978 1463.9	1.5132 1517.9
580.0	565.3	482.58	V h _g	0.797 1203.5	0.8291 1219.0	0.8954 1250.5	0.9830 1291.7	1.0368 1316.7	1.0627 1328.6	1.1131 1352.3	1.1619 1375.1	1.2331 1408.6	1.3479 1463.2	1.4596 1517.3
600.0	585.3	488.21	V h _g	0.769 1203.2	0.7947 1215.7	0.8502 1248.1	0.9463 1289.9	0.9988 1315.2	1.0241 1327.4	1.0732 1351.1	1.1207 1374.0	1.1899 1407.7	1.3013 1462.5	1.4096 1516.7
620.0	605.3	489.75	V h _g	0.744 1202.9	0.7624 1212.4	0.8272 1245.5	0.9118 1286.1	0.9633 1311.7	0.9880 1326.0	1.0359 1349.9	1.0821 1373.0	1.1494 1408.8	1.2577 1461.8	1.3628 1516.2
640.0	625.3	493.21	V h _g	0.719 1202.5	0.7319 1209.0	0.7962 1243.0	0.8795 1282.2	0.9299 1312.2	0.9541 1324.6	1.0008 1348.6	1.0459 1371.9	1.1115 1405.9	1.2168 1461.1	1.3190 1515.6
660.0	645.3	496.58	V h _g	0.697 1202.1	0.7032 1205.4	0.7670 1240.4	0.8491 1284.4	0.8985 1310.6	0.9222 1323.2	0.9679 1347.4	1.0119 1370.8	1.0759 1405.0	1.1784 1460.4	1.2778 1515.0
680.0	665.3	499.68	V h _g	0.675 1201.7	0.6759 1201.8	0.7395 1237.7	0.8205 1282.5	0.8690 1309.1	0.8922 1321.7	0.9369 1346.2	0.9800 1369.6	1.0424 1404.1	1.1423 1459.7	1.2390 1514.5
700.0	685.3	503.10	V h _g	0.655 1201.2	...	0.7134 1235.0	0.7934 1280.6	0.8411 1307.5	0.8639 1320.3	0.9077 1345.0	0.9498 1368.7	1.0108 1403.2	1.1082 1458.9	1.2024 1513.9
750.0	735.3	510.86	V h _g	0.609 1200	...	0.6540 1227.9	0.7319 1275.7	0.7778 1303.5	0.7998 1316.6	0.8414 1341.8	0.8813 1366.0	0.9391 1400.9	1.0310 1457.2	1.1196 1512.4
800.0	785.3	518.23	V h _g	0.568 1198.6	...	0.6015 1220.5	0.6779 1270.7	0.7223 1299.4	0.7433 1312.9	0.7833 1336.6	0.8215 1362.3	0.8763 1396.6	0.9833 1455.4	1.0470 1511.0
850.0	835.3	525.26	V h _g	0.532 1197.1	...	0.5546 1212.7	0.6301 1265.5	0.6732 1295.2	0.6934 1309.0	0.7320 1335.4	0.7685 1360.4	0.8209 1396.3	0.9037 1453.6	0.9830 1509.5
900.0	885.3	531.98	V h _g	0.500 1195.4	...	0.5124 1204.4	0.5873 1260.9	0.6294 1290.9	0.6491 1305.1	0.6863 1332.1	0.7215 1357.5	0.7716 1393.9	0.8506 1451.8	0.9262 1508.1
950.0	935.3	538.42	V h _g	0.471 1193.7	...	0.4740 1195.5	0.5489 1254.6	0.5901 1286.4	0.6092 1301.1	0.6453 1328.7	0.6793 1354.7	0.7275 1391.6	0.8031 1450.0	0.8753 1506.6
1000.0	985.3	544.61	V h _g	0.445 1191.8	...	...	0.5140 1248.8	0.5546 1281.9	0.5733 1297.0	0.6084 1325.3	0.6413 1351.7	0.6878 1399.2	0.7604 1448.2	0.8294 1505.1

v = specific volume, cubic feet per pound

h_g = total heat of steam, Btu per pound

properties of superheated steam

Saturated				Superheated: Total Temperature - °F											
Abs. P.	Gage P.	Sat. Temp.	ϕ	Sat.	580	700	740	760	780	800	850	900	1000	1100	1200
1100.0	1085.3	538.31	v_{hg}	0.4001 1187.8	0.5110 1286.5	0.5445 1318.3	0.5755 1345.8	0.5904 1358.9	0.6049 1371.7	0.6191 1384.3	0.6601 1420.8	0.6866 1444.5	0.7503 1502.2	0.8117 1558.8	0.8716 1615.2
1200.0	1185.3	587.22	v_{hg}	0.3619 1183.4	0.4586 1279.8	0.4909 1311.0	0.5206 1339.8	0.5347 1353.2	0.5484 1366.4	0.5617 1379.3	0.6003 1416.7	0.6250 1440.7	0.6843 1499.2	0.7412 1556.4	0.7987 1613.1
1300.0	1285.3	577.46	v_{hg}	0.3293 1178.8	0.4139 1270.2	0.4454 1303.4	0.4739 1333.3	0.4874 1347.3	0.5004 1361.0	0.5131 1374.3	0.5496 1412.5	0.5728 1437.0	0.6284 1496.2	0.6816 1553.9	0.7333 1611.0
1400.0	1385.3	587.10	v_{hg}	0.3012 1173.4	0.3753 1260.3	0.4062 1295.5	0.4338 1328.7	0.4488 1341.3	0.4593 1355.4	0.4714 1369.1	0.5061 1408.2	0.5281 1433.1	0.5805 1493.2	0.6305 1551.8	0.6789 1608.9
1500.0	1485.3	596.23	v_{hg}	0.2765 1167.9	0.3413 1249.8	0.3719 1287.2	0.3989 1320.0	0.4114 1335.2	0.4235 1349.7	0.4352 1363.8	0.4684 1403.9	0.4893 1429.3	0.5390 1490.1	0.5882 1548.9	0.6316 1606.5
1600.0	1585.3	604.90	v_{hg}	0.2546 1162.1	0.3112 1238.7	0.3417 1278.7	0.3682 1313.0	0.3804 1328.8	0.3921 1343.9	0.4034 1358.4	0.4353 1399.5	0.4553 1425.3	0.5027 1487.0	0.5474 1546.4	0.5906 1604.8
1700.0	1685.3	612.15	v_{hg}	0.2354 1155.9	0.2842 1226.8	0.3148 1269.7	0.3410 1305.8	0.3529 1322.3	0.3643 1337.9	0.3753 1352.8	0.4061 1395.0	0.4253 1421.4	0.4706 1484.0	0.5132 1543.6	0.5542 1602.5
1800.0	1785.3	621.03	v_{hg}	0.2179 1149.4	0.2597 1214.0	0.2907 1260.3	0.3166 1298.4	0.3284 1315.5	0.3395 1331.8	0.3502 1347.2	0.3801 1390.4	0.3988 1417.4	0.4421 1480.8	0.4828 1541.3	0.5218 1600.4
1900.0	1685.3	628.58	v_{hg}	0.2021 1142.4	0.2371 1200.2	0.2688 1250.4	0.2947 1290.6	0.3063 1308.6	0.3173 1325.4	0.3277 1341.5	0.3568 1385.8	0.3747 1413.3	0.4165 1477.7	0.4556 1538.8	0.4929 1600.8
2000.0	1985.3	635.82	v_{hg}	0.1878 1135.1	0.2161 1184.9	0.2489 1240.0	0.2748 1282.8	0.2863 1301.4	0.2972 1319.0	0.3074 1335.5	0.3358 1381.2	0.3532 1409.2	0.3985 1474.5	0.4311 1536.2	0.4688 1600.8
2100.0	2085.3	642.77	v_{hg}	0.1746 1127.4	0.1962 1167.7	0.2306 1229.0	0.2587 1274.3	0.2692 1294.0	0.2789 1312.3	0.2890 1329.5	0.3187 1376.4	0.3337 1405.0	0.3727 1471.4	0.4089 1533.6	0.4433 1600.9
2200.0	2185.3	649.48	v_{hg}	0.1625 1119.2	0.1768 1147.8	0.2135 1217.4	0.2400 1265.7	0.2514 1288.3	0.2621 1305.4	0.2721 1322.3	0.2994 1371.8	0.3159 1400.8	0.3536 1468.2	0.3887 1531.1	0.4218 1600.8
2300.0	2285.3	655.91	v_{hg}	0.1513 1110.4	0.1675 1133.8	0.1978 1204.9	0.2247 1256.7	0.2362 1276.4	0.2466 1295.6	0.2567 1313.9	0.2835 1368.8	0.2997 1398.5	0.3385 1464.9	0.3703 1526.5	0.4023 1600.8
2400.0	2385.3	662.12	v_{hg}	0.1407 1101.1	...	0.1828 1191.5	0.2105 1247.3	0.2221 1270.2	0.2327 1291.1	0.2425 1310.3	0.2689 1361.8	0.2848 1392.2	0.3207 1461.7	0.3534 1525.9	0.3843 1600.8
2500.0	2485.3	668.13	v_{hg}	0.1307 1091.1	...	0.1688 1176.8	0.1973 1237.8	0.2090 1261.8	0.2196 1283.8	0.2294 1303.8	0.2555 1356.5	0.2710 1387.8	0.3081 1458.4	0.3379 1523.2	0.3678 1600.8
2600.0	2585.3	673.94	v_{hg}	0.1213 1080.2	...	0.1549 1160.8	0.1849 1227.3	0.1967 1252.9	0.2074 1275.8	0.2172 1296.8	0.2431 1351.4	0.2584 1385.4	0.2928 1455.1	0.3236 1520.8	0.3528 1600.8
2700.0	2685.3	679.55	v_{hg}	0.1123 1068.3	...	0.1415 1142.5	0.1732 1218.5	0.1853 1243.8	0.1960 1267.9	0.2059 1289.7	0.2315 1346.1	0.2466 1379.9	0.2801 1451.8	0.3103 1518.0	0.3385 1600.8
2800.0	2785.3	684.99	v_{hg}	0.1035 1054.8	...	0.1281 1121.4	0.1622 1205.1	0.1745 1234.2	0.1854 1259.6	0.1953 1282.4	0.2206 1340.9	0.2358 1374.3	0.2685 1448.5	0.2970 1516.4	0.3254 1600.8
2900.0	2885.3	690.26	v_{hg}	0.0947 1039.0	...	0.1143 1095.9	0.1517 1193.0	0.1644 1224.3	0.1754 1251.1	0.1853 1274.9	0.2106 1335.3	0.2234 1369.7	0.2577 1445.1	0.2884 1512.7	0.3132 1600.8
3000.0	2985.3	695.38	v_{hg}	0.0858 1020.8	...	0.0984 1050.7	0.1416 1180.1	0.1548 1213.8	0.1660 1242.2	0.1760 1269.7	0.2014 1325.2	0.2159 1365.0	0.2478 1441.8	0.2757 1510.0	0.3018 1600.8
3100.0	3085.3	700.31	v_{hg}	0.0733 993.1	...	...	0.1320 1168.2	0.1456 1202.9	0.1571 1233.0	0.1672 1259.3	0.1928 1324.1	0.2070 1360.3	0.2382 1441.8	0.2657 1507.4	0.2911 1600.8
3200.0	3185.3	705.11	v_{hg}	0.0580 934.4	...	...	0.1228 1151.1	0.1369 1191.4	0.1486 1223.5	0.1583 1251.1	0.1843 1318.3	0.1986 1355.5	0.2293 1434.9	0.2563 1504.7	0.2911 1600.8
3206.0	3191.2	705.40	v_{hg}	0.0503 902.7	...	...	0.1220 1150.2	0.1363 1190.6	0.1480 1222.9	0.1583 1250.5	0.1891 1317.9	0.1981 1355.2	0.2288 1434.7	0.2557 1504.5	0.2906 1600.8

v = specific volume, cubic feet per pound
 h_g = total heat of steam, Btu per pound

PROPERTIES OF SATURATED STEAM

DRY SATURATED STEAM: PRESSURE TABLE*

Abs Press, lb sq in.	Temp °F	Specific Volume			Density			Enthalpy			Internal Energy			Abs Press, lb sq in.
		Liq.		Vapor	Liq.		Vapor	Liq.		Vapor	Liq.		Vapor	
		h	g	v	h	g	h	g	h	g	h	g	h		g
1.0	101.74	0.01614	333.8	49.70	1036.3	1104.0	0.1376	1.8456	1.9782	49.70	1044.3	1.0	1.0	
2.0	124.08	0.01223	172.72	93.99	1022.2	1114.2	0.1749	1.7451	1.9200	93.98	1031.9	2.0	2.0	
3.0	141.48	0.01030	118.71	109.37	1012.1	1122.4	0.2008	1.6855	1.8643	109.34	1018.7	3.0	3.0	
4.0	151.97	0.01036	90.43	120.84	1006.4	1127.3	0.2198	1.6427	1.8423	120.83	1010.2	4.0	4.0	
5.0	162.34	0.01040	73.23	130.13	1001.0	1131.1	0.2347	1.6094	1.8411	130.12	1003.1	5.0	5.0	
6.0	170.04	0.01045	61.98	137.96	994.2	1134.2	0.2473	1.5820	1.8292	137.94	1005.4	6.0	6.0	
7.0	176.83	0.01049	53.64	144.76	987.1	1136.9	0.2581	1.5596	1.8167	144.74	1007.4	7.0	7.0	
8.0	181.84	0.01053	47.24	150.79	980.5	1139.5	0.2674	1.5383	1.8037	150.77	1009.2	8.0	8.0	
9.0	186.23	0.01056	41.40	154.22	974.2	1141.8	0.2759	1.5182	1.7902	154.19	1010.8	9.0	9.0	
10	191.21	0.01059	36.42	161.17	968.1	1143.3	0.2835	1.5001	1.7876	161.14	1012.2	10	10	
14.694	217.00	0.01072	26.80	180.07	970.5	1150.4	0.3170	1.4444	1.7566	180.02	1077.5	14.694	14.694	
15	213.03	0.01072	26.39	181.11	974.9	1150.8	0.3133	1.4413	1.7549	181.06	1077.8	15	15	
20	227.76	0.01083	20.089	194.16	980.1	1154.3	0.3256	1.3967	1.7319	194.10	1081.9	20	20	
25	240.07	0.01092	16.363	208.43	985.1	1158.0	0.3353	1.3606	1.7120	208.34	1083.1	25	25	
30	250.33	0.01101	13.744	218.82	989.3	1161.1	0.3480	1.3313	1.6953	218.23	1087.6	30	30	
35	259.28	0.01108	11.898	227.91	993.2	1163.7	0.3607	1.3063	1.6870	227.80	1090.1	35	35	
40	267.35	0.01115	10.498	234.02	997.7	1165.7	0.3719	1.2844	1.6800	237.80	1091.1	40	40	
45	274.44	0.01121	9.401	241.34	998.5	1167.0	0.4019	1.2650	1.6669	243.22	1093.7	45	45	
50	281.01	0.01127	8.519	250.09	994.0	1174.1	0.4110	1.2476	1.6583	250.93	1093.2	50	50	
55	287.07	0.01132	7.847	254.30	919.4	1173.9	0.4193	1.2314	1.6508	256.17	1094.7	55	55	
60	292.71	0.01138	7.173	263.09	913.3	1177.8	0.4270	1.2168	1.6438	261.90	1097.9	60	60	
65	297.97	0.01143	6.625	267.50	911.6	1179.1	0.4342	1.2032	1.6374	267.29	1099.1	65	65	
70	302.93	0.01148	6.204	273.41	907.9	1180.4	0.4409	1.1904	1.6315	272.18	1100.2	70	70	
75	307.40	0.01152	5.816	277.43	904.3	1181.9	0.4472	1.1787	1.6259	277.19	1101.2	75	75	
80	311.03	0.01157	5.472	281.02	901.1	1183.1	0.4531	1.1676	1.6207	281.74	1102.1	80	80	
85	314.35	0.01161	5.168	284.39	897.8	1184.2	0.4587	1.1571	1.6150	286.11	1102.9	85	85	
90	317.37	0.01166	4.896	286.56	894.7	1185.3	0.4641	1.1471	1.6102	290.27	1103.7	90	90	
95	320.12	0.01170	4.652	288.58	891.7	1186.2	0.4697	1.1376	1.6058	294.18	1104.3	95	95	
100	322.61	0.01174	4.432	290.40	888.0	1187.0	0.4740	1.1284	1.6016	298.08	1104.8	100	100	
110	324.77	0.01182	4.049	304.66	883.2	1188.9	0.4832	1.1117	1.5948	303.20	1104.3	110	110	
120	326.35	0.01189	3.728	312.44	877.9	1190.4	0.4914	1.0962	1.5878	310.23	1107.4	120	120	
130	327.32	0.01196	3.433	318.81	872.9	1191.7	0.4993	1.0817	1.5812	318.28	1108.4	130	130	
140	328.02	0.01202	3.220	324.82	868.2	1192.0	0.5069	1.0682	1.5751	324.23	1109.4	140	140	
150	328.47	0.01209	3.051	330.51	864.0	1193.1	0.5138	1.0556	1.5694	330.01	1110.3	150	150	
160	328.73	0.01215	2.834	335.92	859.2	1193.1	0.5204	1.0436	1.5640	335.39	1111.2	160	160	
170	328.81	0.01222	2.675	341.09	854.9	1194.0	0.5264	1.0324	1.5590	340.32	1111.9	170	170	
180	328.66	0.01227	2.532	346.03	850.0	1194.9	0.5323	1.0217	1.5542	345.42	1112.5	180	180	
190	328.31	0.01232	2.404	350.79	846.8	1195.4	0.5381	1.0116	1.5497	350.15	1113.1	190	190	
200	327.79	0.01239	2.286	355.36	842.0	1196.4	0.5435	1.0018	1.5453	354.68	1113.7	200	200	
250	326.93	0.01265	1.848	374.00	825.1	1201.1	0.5705	0.9398	1.5263	374.14	1115.6	250	250	
300	325.33	0.01290	1.433	393.84	807.0	1202.8	0.5879	0.9223	1.5104	392.79	1117.1	300	300	
350	323.17	0.01313	1.120	409.49	794.3	1203.9	0.6056	0.9010	1.4968	408.43	1118.0	350	350	
400	320.44	0.01334	0.873	424.00	780.3	1204.3	0.6214	0.8820	1.4864	422.6	1118.2	400	400	
450	318.28	0.01352	0.702	437.2	767.4	1204.8	0.6356	0.8734	1.4784	435.3	1118.7	450	450	
500	316.61	0.01367	0.5978	449.4	753.0	1204.6	0.6487	0.8647	1.4634	447.6	1118.8	500	500	
550	315.44	0.01379	0.546	460.8	743.1	1203.9	0.6608	0.8566	1.4542	458.8	1118.2	550	550	
600	314.61	0.01389	0.509	471.8	734.6	1203.2	0.6720	0.8484	1.4454	469.4	1117.7	600	600	
650	314.00	0.01397	0.480	481.0	727.5	1202.2	0.6826	0.8408	1.4374	479.4	1117.1	650	650	
700	313.50	0.01403	0.456	491.5	720.7	1201.2	0.6925	0.8331	1.4296	488.8	1116.3	700	700	
750	313.06	0.01407	0.436	500.8	699.2	1200.0	0.7019	0.8264	1.4222	498.0	1115.4	750	750	
800	312.83	0.01409	0.419	509.7	688.9	1198.6	0.7108	0.8205	1.4153	506.6	1114.4	800	800	
850	312.76	0.01410	0.403	518.3	678.8	1197.1	0.7194	0.8149	1.4083	515.0	1113.3	850	850	
900	312.84	0.01410	0.388	526.6	668.0	1195.4	0.7275	0.8094	1.4020	523.1	1112.1	900	900	
1000	313.43	0.01414	0.371	534.6	656.1	1193.2	0.7351	0.8042	1.3957	530.9	1110.8	1000	1000	
1000	314.61	0.01416	0.426	542.4	644.4	1191.8	0.7420	0.8007	1.3897	538.4	1109.4	1000	1000	
1100	316.21	0.01420	0.401	557.4	630.4	1189.8	0.7473	0.8005	1.3840	545.9	1108.4	1100	1100	
1200	317.23	0.01423	0.381	571.7	617.7	1188.4	0.7511	0.8006	1.3787	554.7	1107.0	1200	1200	
1300	317.60	0.01425	0.363	584.8	605.2	1187.8	0.7540	0.8011	1.3739	560.0	1099.4	1300	1300	
1400	317.10	0.01426	0.347	596.7	592.7	1187.4	0.7563	0.8019	1.3694	563.7	1093.4	1400	1400	
1500	316.23	0.01426	0.332	607.6	580.2	1187.0	0.7581	0.8031	1.3651	567.2	1087.2	1500	1500	
2000	313.82	0.01437	0.188	671.7	643.4	1193.1	0.8619	0.8220	1.3467	643.2	1063.6	2000	2000	
2500	312.13	0.01447	0.120	720.4	636.1	1193.7	0.9126	0.8197	1.3227	717.2	1022.6	2500	2500	
3000	309.36	0.01456	0.085	602.3	615.0	1202.3	0.9731	0.8115	1.3143	789.7	972.7	3000	3000	
3904.3	701.40	0.01503	0.0503	907.7	0	907.7	1.0580	0	1.0580	872.9	872.9	3904.3	3904.3	

*Abridged from "Thermodynamic Properties of Steam" by Joseph H. Keenan and Frederick G. Keyes. Copyright, 1936, by Joseph H. Keenan and Frederick G. Keyes. Published by John Wiley & Sons, Inc., New York.