



FILTRACIÓN HIDRÁULICA

Manual Tecnología de Filtración Hidráulica

Aspectos Básicos Sobre Contaminación

Hechos de Filtración

Los Filtros Hidráulicos seleccionados, instalados y mantenidos de manera adecuada juegan un papel muy importante en la planificación del mantenimiento preventivo de las máquinas.

Hechos de Filtración

La función de un filtro no es limpiar el aceite, sino reducir los costos de operación.

El costo de desecho de un tambor de aceite puede llegar a ser 4x - 5x el costo de un tambor de aceite nuevo.

La contaminación es la causa de la mayoría de las fallas hidráulicas

La experiencia de los diseñadores y usuarios de sistemas de aceite lubricante e hidráulico ha demostrado que más del 75% de las fallas en los sistemas son el resultado directo de la contaminación.

Los costos relacionados a la contaminación son asombrosos y se derivan de:

- Pérdida de producción (tiempo de paro)
- Costo de reemplazar componentes
- Cambio frecuente de fluidos
- Desecho de aceite
- Aumento de los costos de mantenimiento en general
- Mayor producción de desechos

Funciones de los fluidos hidráulicos

La contaminación interfiere con las cuatro funciones de los fluidos hidráulicos a saber:

- 1.- Actuar como medio de transmisión de energía.
- 2.- Lubricar las partes internas móviles de los componentes.
- 3.- Actuar como medio de transferencia de calor
- 4.- Sellar los espacios vacíos entre las partes móviles.

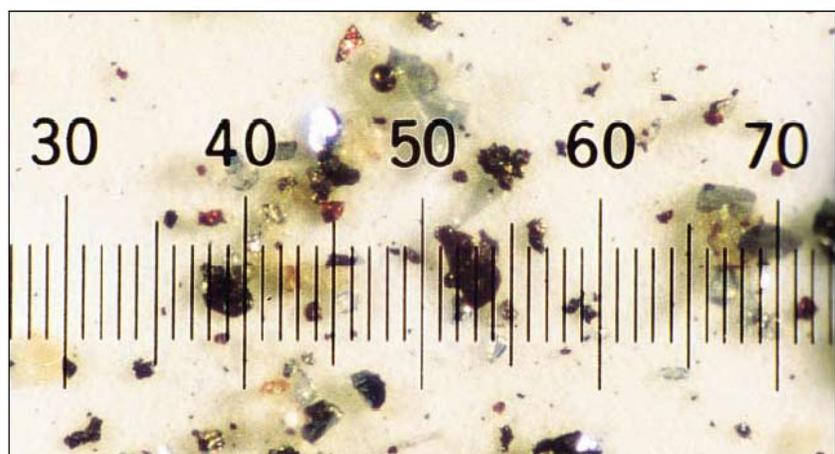
Si cualquiera de estas funciones se ve afectada, el sistema hidráulico no se desempeñará según su diseño. El tiempo de paro resultante puede fácilmente costarle a una fábrica, miles de dólares por hora. El mantenimiento del fluido hidráulico ayuda a prevenir o reducir el tiempo de paro no planificado. Esto se logra a través de un programa de mantenimiento continuo que minimiza o elimina los contaminantes.

Daño de los contaminantes

- Bloqueo de orificios
- Desgaste de componentes
- Formación de herrumbre u otros tipos de oxidación
- Formación de compuestos químicos
- Desgaste de los aditivos
- Crecimiento de contaminantes biológicos

El fluido hidráulico tiene la finalidad de crear una película lubricante para mantener separadas las piezas de precisión.

En condiciones ideales, la película es lo suficientemente gruesa como para llenar completamente el espacio libre entre las partes móviles. Esta condición trae como resultado niveles bajos de desgaste. Cuando se mantiene bajo el nivel de desgaste, el componente tiene mayor probabilidad de cubrir su expectativa de vida, que puede ser millones de ciclos de presurización..



Fotografía microscópica de contaminación por partículas (amplificación 100x Escala: 1 división = 20 micrones)

Aspectos Básicos Sobre Contaminación

El espesor real de la película lubricante depende de la viscosidad del fluido, la carga aplicada y la velocidad relativa de las dos superficies. En muchos componentes, las cargas mecánicas son tan extremas que comprimen el lubricante dejando una película muy delgada, de menos de 1 micrón de espesor. Esto contribuye a producir una fricción dañina para el componente.

Separaciones Típicas de los Componentes Hidráulicos	
Componente	Micrones
Rodamientos de antifricción	0.5
Bomba de paletas (extremo de paleta a anillo externo)	0.5 - 1
Bomba de engranes (enr. a placa lateral)	0.5 - 5
Servoválvulas (carrete a camisa)	1 - 4
Rodamientos hidrostáticos	1-25
Bomba de pistón (pistón a camisa)	5-40
Pared de las servoválvulas	18 - 63
Actuadores	50 - 250
Orificio de las servoválvulas	130 - 450

Tamaño Relativo de las Partículas		
Substancia	Micrones	Pulgadas
Grano de sal común	100	.0039
Cabello humano	70	.0027
Límite inferior de visibilidad	40	.0016
Harina molida	25	.0010
Glóbulos rojos	8	.0003
Bacterias	2	.0001

Escala Micrométrica

El tamaño de las partículas se mide generalmente en la escala micrométrica. Un micrómetro (o "micrón") equivale a una millonésima parte de un metro, ó 39 millonésimas de pulgada.

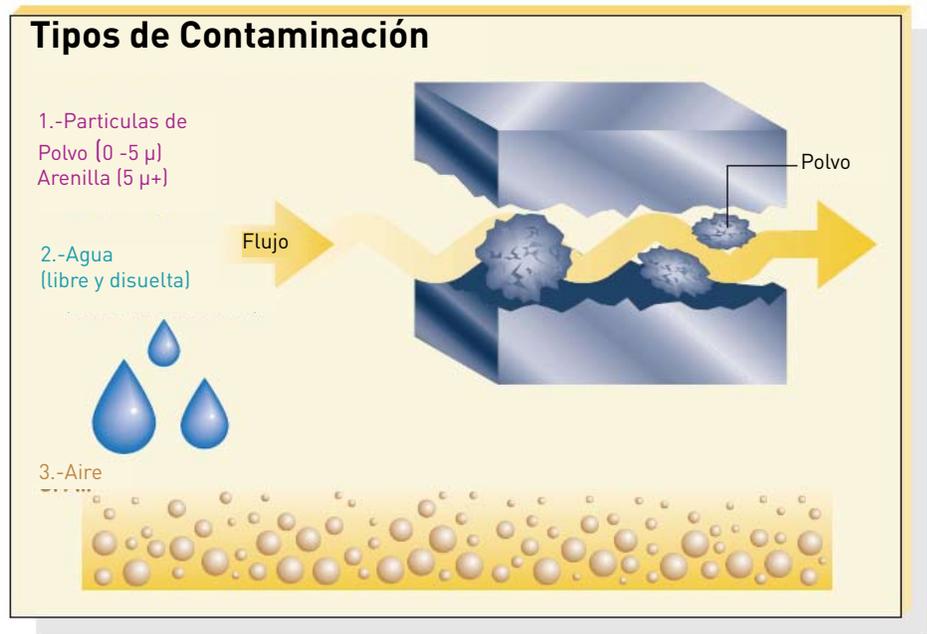
El límite de visibilidad humana es aproximadamente 40 micrones. Tenga presente que la mayoría de las partículas que ocasionan daños a los sistemas hidráulicos o de lubricación miden menos de 40 micrones.

Por consiguiente, son microscópicas y no se pueden ver a simple vista.

Tipos y Fuentes de Contaminación

Hechos de Filtración

Un nuevo fluido no significa, necesariamente, un fluido limpio. Por lo general, los fluidos nuevos, acabados de salir del tambor, no son aptos para utilizarlos en sistemas hidráulicos o de lubricación



Hechos de Filtración

Los aditivos contenidos en los fluidos hidráulicos miden, por lo general, menos de 1 micrón y no se ven afectados por los métodos estándar de filtración.

Contaminación por Partículas Tipos

La contaminación por partículas se clasifica, generalmente, en "polvo" o "arenilla". El polvo se puede definir como la acumulación de partículas de menos de $5\mu\text{m}$ a lo largo del tiempo. Este tipo de contaminación también produce falla del sistema con el tiempo. Las arenillas, por su parte, son partículas de $5\mu\text{m}^+$ que pueden producir una falla catastrófica inmediata. Ambos se pueden clasificar, a su vez en:

Partículas Duras:

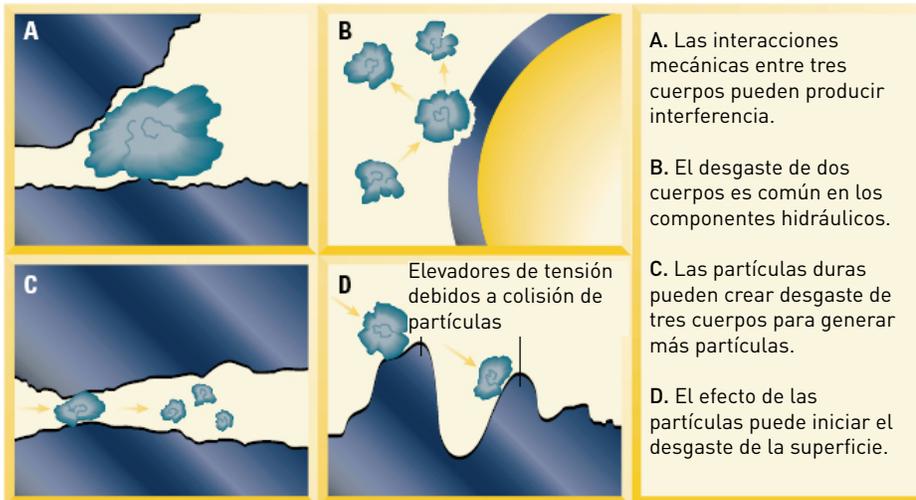
- Sílice
- Carbón
- Metal

Partículas Blandas:

- Hule
- Fibras
- Microorganismos

Tipos y Fuentes de Contaminación

Daño



Si no se purgan de manera adecuada, los contaminantes, producto de la fabricación y montaje, quedarán en el sistema.

Estos contaminantes incluyen polvo, escoria de soldadura, partículas de hule de mangueras y sellos, arena de las fundiciones y restos de metal de los componentes maquinados. Además, al añadir fluido inicialmente al sistema, se introduce contaminación.

Durante la operación del sistema, la contaminación entra a través de la tapa del respiradero, los sellos desgastados y otras aberturas del sistema.

La operación del sistema también genera contaminación interna, al reaccionar los desechos de desgaste de los componentes y otros productos derivados químicos con las superficies de los componentes, creando más contaminación.

Fuentes

- Integrados durante los procesos de fabricación y montaje.
- Añadidos con el fluido nuevo
- Ingeridos desde el exterior del sistema durante la operación.
- Generados internamente durante la operación (ver cuadro abajo)

Contaminación Generada

Desgaste Abrasivo

Partículas duras unen dos superficies móviles, las cuáles se raspan entre sí.

Desgaste por Cavitación

Flujo restringido en la entrada de la bomba produce vacíos de fluido que hacen implosión ocasionando choques que desprenden el material crítico de la superficie.

Desgaste por Fatiga

Las partículas que tapan un espacio libre producen un elevador de tensión en la superficie que se expande hasta fisurarse debido al esfuerzo repetido del área dañada.

Desgaste Erosivo

Las partículas finas en una corriente de fluido a alta velocidad se comen un borde de medición o superficie crítica.

Desgaste Adhesivo

La pérdida de película de aceite permite el contacto metal a metal entre las superficies móviles.

Desgaste Corrosivo

El agua o contaminantes químicos en el fluido producen oxidación química que degrada la superficie.

Tipos y Fuentes de Contaminación

Hechos de Filtración

Señales de Alerta de Contaminación del Sistema

- Un solenoide quemado.
- Carrete de la válvula descentrado; con fugas, o “chirridos”.
- Bomba que falla, pierde flujo o hay que reemplazarla frecuentemente.
- Cilindro con fugas o rayado.
- Servomecanismo con desempeño no repetitivo

Fuentes Externas de Contaminación



Hechos de Filtración

La mayor parte de la ingesión a un sistema penetra a través de las tapas del respiradero del recipiente, que son anticuadas y de los sellos del cilindro.

Tasas de Ingresión en Sistemas Típicos

Equipo Móvil	$10^8 - 10^{10}$ por minuto
Plantas Manufactureras	$10^6 - 10^8$ por minuto
Plantas de Ensamble	$10^5 - 10^6$ por minuto*

*Número de partículas de más de 10 micrones que ingresan al sistema de todas las fuentes.

Prevención

- Utilice filtros desecantes en los respiraderos de los tanques.
- Purgue todos los sistemas antes del arranque inicial.
- Especifique limpiadores de vástago y reemplace los sellos desgastados del cilindro.
- Mantenga mangueras y conexiones tapados durante su manipulación o mantenimiento
- Filtre todos los fluidos nuevos antes de introducirlos al tanque.

Tipos y Fuentes de Contaminación

Contaminación por Agua

Tipos

Para mantener correctamente un fluido se requiere de algo más que eliminar las partículas. El agua es un contaminante casi universal y al igual que la contaminación por partículas sólidas, debe eliminarse de los fluidos de operación.

El agua puede presentarse en estado "libre" o emulsionada. El agua libre, es la que está por encima del punto de saturación de un fluido específico. En este punto, el fluido ya no puede contener o disolver más agua. El agua libre, generalmente se manifiesta como una decoloración "lechosa" del fluido.

Puntos de Saturación Típicos		
Tipo de Fluido	PPM	%
Flujo Hidráulico	300	.03%
Fluido de Lubricación	400	.04%
Fluido del Transformador	50	.005%



Tipos y Fuentes de Contaminación

Hechos de Filtración

Una simple “prueba de ruptura” le indicará si hay agua libre en su fluido.

Aplique una llama por debajo del recipiente.

Si suben y “se rompen” burbujas del punto en que se aplicó calor, hay presencia de agua libre en el fluido.

Hechos de Filtración

Los fluidos hidráulicos tienen la propiedad de “retener” más agua al aumentar la temperatura.

Un fluido nebuloso puede aclararse a medida que aumenta la temperatura del sistema.

Daño

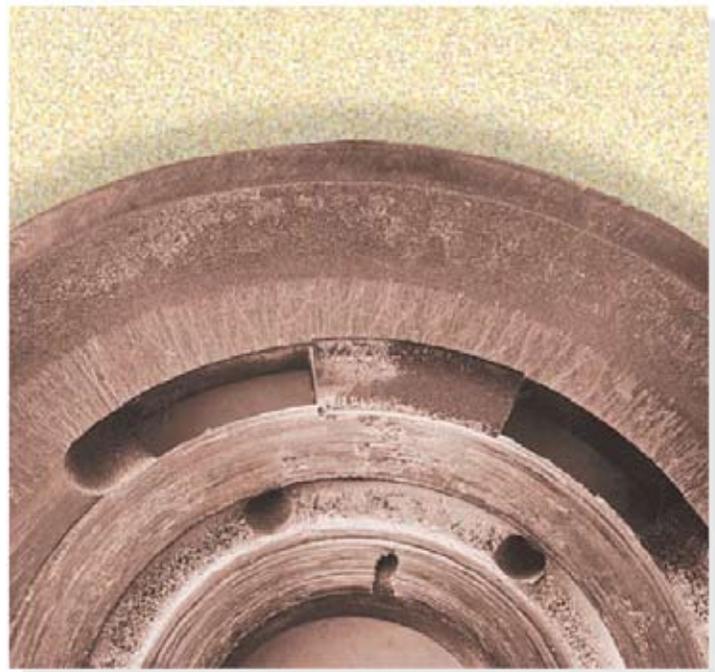
- Corrosión de las superficies metálicas
- Desgaste abrasivo acelerado
- Fatiga del rodamiento
- Descomposición del aditivo del fluido
- Variación en la viscosidad
- Aumento en la conductividad eléctrica

Los aditivos antidesgaste se descomponen en presencia del agua y forman ácidos. La combinación de agua, calor y metales diferentes fomenta la acción galvánica.

Esto trae como resultado la picadura y corrosión de los acabados y superficies metálicas. Al bajar la temperatura, se producen mayores complicaciones y el fluido tiene menor capacidad de retener agua.

Al aproximarse al punto de congelación, se forman cristales de hielo que afectan totalmente el funcionamiento del sistema. Las funciones de operación también se hacen más lentas o erráticas.

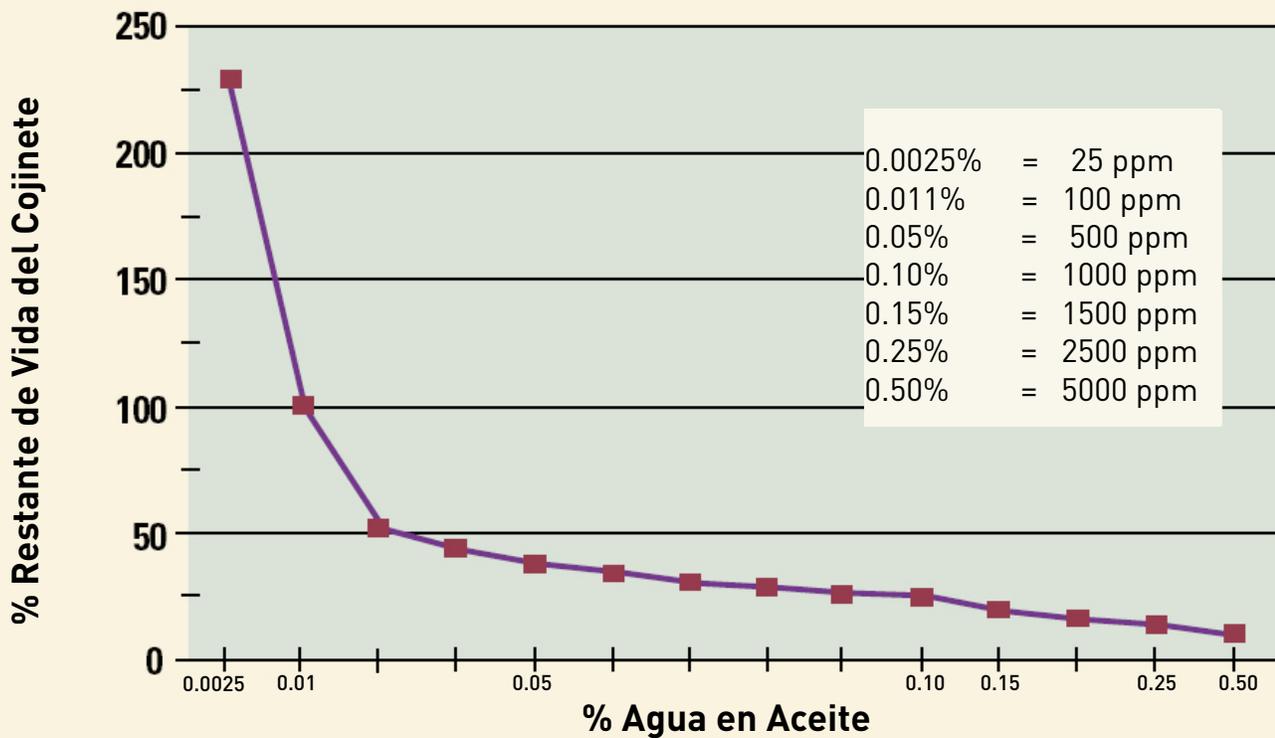
La conductividad eléctrica se convierte en un problema cuando la contaminación por agua debilita las propiedades aislantes de un fluido, disminuyendo, así, su resistencia dieléctrica kV.



Resultados típicos de desgaste de la bomba debido a contaminación por partículas y agua.

Tipos y Fuentes de Contaminación

Efecto del Agua en Aceite Sobre la Vida del Rodamiento



Efecto del agua en el aceite sobre la vida del rodamiento (basado en 100% de vida a 0,01% de agua en el aceite)
Referencia: "Machine Design" Julio 86, "How Dirt And Watter Effect Bearing Life" (Cómo afectan el agua y el sucio la vida del rodamiento) por Timken Bearing Co.

Fuentes

- Sellos del accionador desgastados
- Fuga por abertura del recipiente
- Condensación
- Fuga del intercambiador de calor

Los fluidos están constantemente expuestos al agua y al vapor de agua durante su manipulación y almacenamiento. Es común, por ejemplo, el almacenamiento en tanques y tambores a la intemperie. En caso de cambios de temperatura, se puede producir acumulación de agua sobre la superficie de los recipientes de fluido. También puede introducirse al abrir o llenar estos recipientes.

El agua puede penetrar a un sistema a través de los sellos del cilindro, del accionador desgastados o a través de las aberturas del recipiente. La condensación también es una fuente importante de agua. Al enfriarse los fluidos en el recipiente o tanque, el vapor de agua se condensa sobre las superficies internas y produce óxido y otros problemas de corrosión.

Tipos y Fuentes de Contaminación

Hechos de Filtración

El agua libre es más pesada que el aceite, por lo tanto, se asentará sobre el fondo del recipiente, de donde se puede eliminar fácilmente con sólo abrir la válvula de drenaje.

Hechos de Filtración

Los elementos filtrantes de absorción tienen desempeño óptimo en aplicaciones de bajo flujo y viscosidad.

Prevención

Por lo general el exceso de agua puede eliminarse del sistema. Las mismas medidas preventivas que se toman para minimizar el ingreso de partículas contaminantes al sistema se pueden tomar para evitar la contaminación por agua. No obstante, una vez que se detecta la presencia de agua excesiva, se puede eliminar mediante uno de estos métodos.

Absorción

Esto se logra con elementos filtrantes diseñados expresamente para eliminar el agua libre. Por lo general, consisten en un material tipo laminante que transforma el agua libre en un gel que queda atrapado dentro del elemento.

Estos elementos se colocan en carcazas de filtros estándar y se utilizan para casos de poca cantidad de agua.

Centrifugación

Separa el agua del aceite por movimiento giratorio. Este método también es efectivo para eliminar agua libre, pero en casos de grandes cantidades.

Deshidratación al Vacío

Separa el agua del aceite a través de un proceso de secado y vacío. Este método también se utiliza para grandes cantidades de agua y es efectivo tanto para agua libre, como para agua en estado de emulsión.



Sistema de deshidratación al vacío

Tipos y Fuentes de Contaminación

Contaminación por Aire

Tipos

El aire puede estar presente en un sistema líquido, ya sea en estado disuelto o arrastrado (no disuelto, o libre). El aire disuelto puede no ocasionar problemas, siempre que se mantenga en solución.

Cuando un líquido contiene aire no disuelto, puede ocasionar problemas al pasar por los componentes del sistema. Pueden presentarse cambios de presión que compriman el aire produciendo, así, una gran cantidad de calor en pequeñas burbujas de aire. Este calor puede destruir los aditivos y hasta el mismo fluido base.

Si la cantidad de aire en disolución aumenta lo suficiente, tendrá un efecto negativo sobre la cantidad de trabajo realizado por el sistema. El trabajo que realiza un sistema hidráulico se basa en que el fluido sea relativamente incompresible, pero el aire reduce el coeficiente volumétrico del fluido. Esto se debe a que el aire puede ser hasta 20,000 veces más comprimible que el líquido en el que esté disuelto. En presencia del aire, una bomba realiza más trabajo para comprimir el aire y menos trabajo útil para el sistema. En este caso, se dice que el sistema está "esponjoso".

Daños

- Pérdida de potencia transmitida
- Reducción del rendimiento de la bomba
- Pérdida de lubricación
- Aumento de temperatura de operación
- Espumación del fluido en el tanque
- Reacciones químicas

Bajo cualquier forma, el aire representa una fuente potencial de oxidación en los líquidos. Esto acelera la corrosión de las partes metálicas, en particular si también hay presencia de agua. También puede ocasionar la oxidación de los aditivos. Ambos procesos producen óxidos que promueven la formación de partículas, o forman un lodo en el líquido. El desgaste y la interferencia aumentan si no se previene la formación, o eliminan, los restos de oxidación.

Fuentes

- Fugas del sistema
- Aereación de la bomba
- Turbulencia del fluido en el tanque

Prevención

- Purgas de aire en el sistema
- Bomba de succión sumergida
- Diseño adecuado del tanque
- Difusores en la línea de retorno

Normas de Limpieza de Fluidos

Hechos de Filtración

La base para las medidas de control de contaminación está en conocer el nivel de limpieza del fluido.

Para poder detectar o corregir los problemas, se utiliza una escala de referencia de contaminación. El método más común para determinar las normas de nivel de limpieza es el de conteo de partículas. Se utilizan instrumentos ópticos muy sensibles para contar el número de partículas dentro de los distintos rangos de tamaño. Estos conteos se registran como el número de partículas mayores de un cierto tamaño que se encuentran en un volumen específico de fluido.

La norma de nivel de limpieza ISO 4406: 1999 (Organización Internacional de Normas) es aceptada en la mayoría de las industrias hoy en día. Una versión modificada de esta norma que se utiliza ampliamente hace referencia al número de partículas mayores de 4,6 y 14 micrómetros* en un volumen conocido, generalmente 1 mililitro o 100 mililitros. El número de partículas de 4+ y 6+ micrómetros se utiliza como punto de referencia para las partículas de "polvo". El rango de tamaño 15+ indica la cantidad de partículas más grandes presentes y que contribuyen significativamente a la posibilidad de falla catastrófica de un componente.

Hechos de Filtración

Los números del índice de códigos ISO no pueden aumentar con el incremento del tamaño de partícula. (Ejemplo: 18/20/22).

Todas las distribuciones de partículas tienen mayor cantidad de pequeñas y mayor cantidad de grandes.

Código ISO 19

Partículas >4 micrones

Código ISO 16

Partículas >6 micrones

Código ISO 13

Partículas >14 micrones

Una clasificación ISO de 19/16/13 se define así:

Número de Rango	Micrones	Rango Real de Conteo de Partículas (por ml)
9	4+	2,500 - 5,000
16	6+	320 - 640
13	14+	40 - 80

Normas de Limpieza de Fluidos

Tabla ISO 4406		
Número de Rango	Número de Partículas por ml.	
	Más de	Hasta e incluso
24	80,00	160,000
23	40,000	80,000
22	20,000	40,000
21	10,000	20,000
20	5,000	10,000
19	2,500	5,000
18	1,300	2,500
17	640	1,300
16	320	640
15	160	320
14	80	160
13	40	80
12	20	40
11	10	20
10	5	10
9	205	5
8	1.3	2.5
7	.64	1.3
6	.32	.64



Fluido ISO 22/19/17 (ampliación 100x)



Fluido ISO 17/14/11 (ampliación 100x)

Normas de Limpieza de Fluidos

Hechos de Filtración

La mayoría de los fabricantes de máquinas y componentes hidráulicos especifican un nivel de limpieza ISO determinado que se debe alcanzar en el equipo para satisfacer las normas de desempeño óptimo

Hechos de Filtración

El color no es un buen indicador del nivel de limpieza de un fluido.

Requerimientos de nivel de limpieza de los componentes

La mayoría de los fabricantes de equipos hidráulicos y que soportan carga, especifican un nivel óptimo de limpieza requerido para sus componentes. Si se someten los componentes a fluidos con niveles de contaminación superiores al requerido, esto puede reducir significativamente la vida del componente.

En la tabla que presentamos abajo, aparecen algunos componentes y su nivel de limpieza recomendado.

Siempre es mejor consultar al fabricante del componente y pedirle recomendaciones escritas en cuanto al nivel de limpieza. Esta información es necesaria para seleccionar el nivel adecuado de filtración. También puede ser útil para cualquier reclamo de garantía posterior, porque define la línea entre uso normal y operación excesiva.

Limpieza del Fluido para los Componentes Hidráulicos Típicos

Componentes	Código ISO
Válvulas de Servo control	17/14/11
Válvulas Proporcionales	18/15/12
Bombas/ motores de paleta y piston	19/16/13
Válvulas de control de presión y direccional	19/16/13
Motores/bombas engranes	20/17/14
Cilindros, válvulas de control de flujo	21/18/15
Fluido nuevo, sin usar	21/18/15

Normas de Limpieza de Fluidos

Normas de Limpieza de Fluidos					
Clases de Limpieza para Conteos de Partículas Diferenciales					
Clases	(1) 5 a 5 µm	15 a 25 µm	25 a 50 µm	50 a 100 µm	>100 µm
	(2) 6 a 14 µm	14 a 21 µm (c)	21 a 38 µm	38 a 70 µm (c)	> 70 µm
00	125	22	4	1	0
0	250	44	8	2	0
1	500	89	16	3	1
2	1 000	178	32	6	1
3	2 000	356	63	11	2
4	4 000	712	126	22	4
5	8 000	1 425	253	45	8
6	16 000	2 850	506	90	16
7	32 000	5 700	1 012	180	32
8	64 000	11 400	2 025	360	64
9	128 000	22 800	4 050	720	128
10	256 000	45 600	8 100	1 440	256
11	512 000	91 200	16 200	2 880	512
12	1 024 000	182 400	32 400	5 760	1 024

(1) Tamaño del rango, microscopio óptico, basado en la dimensión más larga como se mide en ARP598, APC calibrado por ISO 4402:1991

(2) Tamaño del rango, APC calibrado por ISO 11171 ó microscopio electrónico, basado en proyección de área sobre diámetro equivalente de área.

(3) Límites de clases y contaminación idéntico a NAS 1638

Tipos y Capacidades de los Medios Filtrantes

Hechos de Filtración

Los medios filtrantes de superficie se pueden limpiar y volver a utilizar.

Un limpiador ultrasónico, por lo general, es el mejor método.

Los medios de profundidad, generalmente, no se pueden limpiar ni son reutilizables.

El medio filtrante es la parte del elemento que elimina los contaminantes.

Generalmente, los medios filtrantes empiezan en forma de lámina y luego se pliegan para exponer más superficie al flujo del fluido. Esto reduce el diferencial de presión y aumenta la capacidad de retención. En algunos casos, los medios filtrantes pueden tener múltiples capas y una malla de refuerzo para cumplir ciertos criterios de desempeño. Después de plisarlo y cortarlo del largo adecuado, se únen los extremos con un gancho especial, adhesivo u otro mecanismo de costura.

Entre los medios más comunes se incluyen los de malla de alambre, celulosa, compuestos de fibra de vidrio y otros materiales sintéticos. Los medios filtrantes se clasifican en *medios de superficie* y *medios de profundidad*.

Medios de Superficie

En el caso de los medios filtrantes tipo de superficie, la corriente del fluido tiene una vía de flujo prácticamente directa. Los contaminantes quedan atrapados en la superficie del elemento que da hacia el flujo. Los elementos tipo de superficie se fabrican, por lo general, a partir de tela metálica.

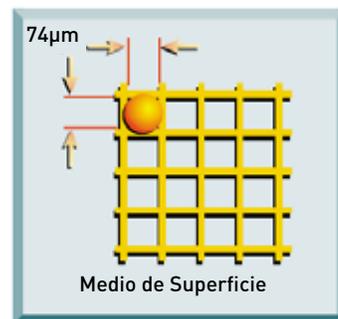
Como el proceso de fabricación de la tela metálica se puede controlar con gran precisión, los medios de superficie tienen un tamaño de poro consistente. Este tamaño de poro es el diámetro de la partícula esférica más grande que atravesará el medio filtrante bajo condiciones de prueba específicas. No obstante, la acumulación de contaminantes sobre la superficie del elemento permitirá que éste atrape partículas de menor tamaño del poro que el tamaño nominal del elemento. De igual modo, las partículas de menor diámetro, pero mayor longitud (como una hebra de fibra) podrán atravesar el medio de superficie.

Medios de Profundidad

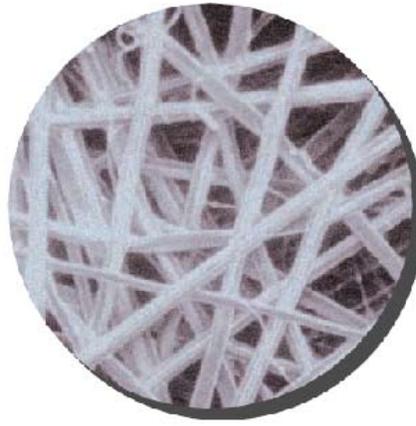
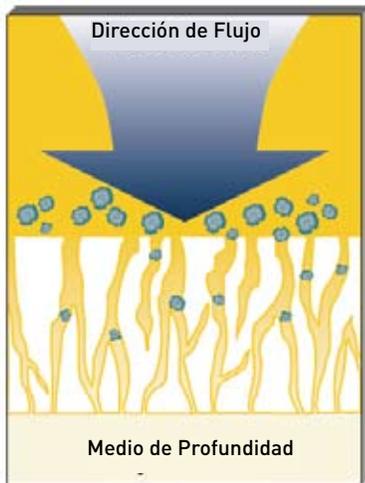
En el caso de los medios filtrantes tipo de profundidad, el fluido debe seguir vías de flujo indirectas a través del material del medio.

Debido a su construcción, un medio filtrante de profundidad tiene muchos poros de tamaños diferentes. Dependiendo de la distribución de los tamaños de poro, estos medios pueden tener una tasa de captación muy elevada para partículas de tamaño pequeño.

La naturaleza del medio de filtración y el proceso de carga de los contaminantes en un elemento filtrante explican por qué algunos elementos duran mucho más tiempo que otros. En general, los medios filtrantes contienen millones de poros diminutos formados por las fibras del medio. Los poros cubren un rango de tamaños diferentes y están conectados entre sí a lo largo de la capa del medio filtrante para formar una vía tortuosa para el flujo del fluido.



Tipos y Capacidades de los Medios Filtrantes



Construcción típica de fibra de vidrio gruesa (100X)



Construcción típica de fibra de vidrio fina (100X)

Los dos tipos básicos de medios de profundidad que se utilizan para los medios filtrantes son los de celulosa y los de fibra de vidrio.

Los poros de los medios de celulosa tienden a tener un rango más amplio de tamaños y son de forma muy irregular, debido al tamaño y la forma irregular de las fibras.

Por el contrario, los medios de fibra de vidrio consisten en fibras de diversos tamaños, que son de tamaño y forma muy uniformes. Estas fibras son generalmente más delgadas que las de celulosa y tienen un corte transversal circular uniforme. Estas diferencias típicas entre las fibras explican las ventajas en cuanto al desempeño de los medios de fibra de vidrio.

Las fibras más delgadas significan más poros reales en un espacio dado. Además, las fibras más delgadas se pueden disponer más pegadas entre sí para producir poros más pequeños para una filtración más precisa. Como resultado, mejora la capacidad de retención de sucio, así como la eficiencia de filtración.

Comparación General de los Medios Filtrantes

Material del Medio	Eficiencia Captación	Capacidad Retención	Diferencial de Presión	Vida en el Sistema	Costo Inicial
Fibra de Vidrio	Alta	Alta	Moderado	Alta	Moderado
Celulosa (papel)	Moderada	Moderada	Alto	Moderada	Bajo
Malla de Alambre	Baja	Baja	Bajo	Moderada	Alto

Tipos y Capacidades de los Medios Filtrantes

Hechos de Filtración

La clasificación de los medios filtrantes expresada como Razón Beta indica la eficiencia de remoción de partículas de un medio filtrante.

Hechos de Filtración

Los resultados de las pruebas de paso múltiple dependen en gran medida de las siguientes variables:

- Velocidad de flujo
- Diferencial de presión final
- Tipo de contaminante

La Prueba de Paso Múltiple

La industria de la filtración utiliza el "Procedimiento de prueba de paso múltiple" ISO 4572 para evaluar el desempeño de un elemento filtrante. Este procedimiento también es reconocido por ANSI* y NFPA*. Durante esta prueba, se hace circular el fluido a través del circuito bajo condiciones controladas con precisión.

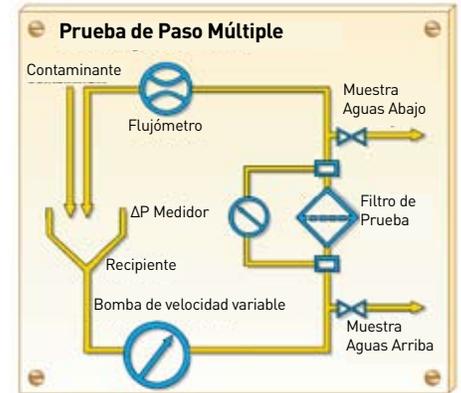
Se registra continuamente el diferencial de presión a través del elemento de prueba, a medida que se inyecta una cantidad constante de contaminante aguas arriba del elemento.

Sensores de partículas láser instalados en línea determina los niveles de contaminantes aguas arriba y aguas abajo del elemento de prueba. Este atributo de desempeño (Razón Beta) viene determinado por varios tamaños de partícula. Como resultado de la Prueba de paso múltiple se determinan tres características de desempeño del elemento muy importantes:

- 1.- Capacidad de retención en sucio.
- 2.- Diferencial de presión.
- 3.- Eficiencia de separación o filtración, expresada como "Razón Beta".

Razón Beta

La Razón Beta (también conocida como relación de filtración) es la medida de la eficiencia de captura de partículas de un elemento filtrante. Por consiguiente es su desempeño nominal.



Veamos un ejemplo de cómo se obtiene la Razón Beta a partir de la Prueba de paso múltiple.

Supongamos que se contaron 50,000 partículas de 10 micrómetros o más aguas arriba (antes) del filtro de prueba y 10,000 partículas de ese mismo tamaño aguas abajo (después) del filtro. La Razón Beta correspondiente sería igual a 5, como se ve en el siguiente ejemplo:

$$B_x = \frac{\# \text{ de partículas aguas arriba}}{\# \text{ de partículas aguas abajo}}$$

"x" es a un tamaño de partícula específico

$$B_{10} = \frac{50,000}{10,000}$$

*ANSI- Instituto Nacional Americano de Normas

**NFPA- Asociación Nacional de Energía de Fluidos

Tipos y Capacidades de los Medios Filtrantes

El ejemplo diría "Beta diez igual a cinco". Ahora, un número de Razón Beta por sí solo significa muy poco. No es más que un primer paso para encontrar la eficiencia de captación de un filtro. Esta eficiencia, expresada en forma de porcentaje, se puede hallar con una ecuación sencilla:

$$\text{Eficiencia}_x = \left(\frac{1-1}{\text{Beta}} \right) 100$$

$$\text{Eficiencia}_{10} = \left(\frac{1-1}{5} \right) 100 = 80\%$$

Así, en el ejemplo, el filtro que se probó logró un 80% de eficiencia de remoción de partículas de 10 micrómetros mayores.

De cada 5 partículas de este rango de tamaño introducidas en el sistema, 4 fueron atrapadas por el medio.

La tabla de Razón Beta/Eficiencias muestra algunos números y sus eficiencias correspondientes.

Razón Beta / Eficiencias	
Razón Beta (a un cierto tamaño de partícula)	Eficiencia de Remoción (al mismo tamaño de partícula)
1.01	1.0%
1.1	9.0%
1.5	33.3%
2.0	50.0%
5.0	80.0%
10.0	90.0%
20.0	95.0%
75.0	98.7%
100	99.0%
200	99.5%
1000	99.9%

Razón Beta				
Partículas Aguas Arriba	Partículas Aguas Abajo	Relación Beta _(x)	Eficiencia _(x)	
100,000 (x) micrones	50,000	$\frac{100,000}{50,000} = 2$	50.0%	
	5,000	$\frac{100,000}{5,000} = 20$	95.0%	
	1,333	$\frac{100,000}{1,333} = 75$	98.7%	
	1,000	$\frac{100,000}{1,000} = 100$	99.0%	
	500	$\frac{100,000}{500} = 200$	99.5%	
	100	$\frac{100,000}{100} = 1000$	99.9%	

Selección del Medio Filtrante

Hechos de Filtración

No hay una correlación entre el uso de un medio específico y el logro de una clasificación de limpieza ISO en particular.

Varios factores relacionados entre sí determinan el medio filtrante más adecuado para una aplicación en particular. Para determinar de forma precisa cual es la combinación ideal para su sistema, se debe considerar todos estos factores. Sin embargo, en muchas ocasiones la información disponible puede estar limitada. En estos casos se aplican normas empíricas basadas en datos y ejemplos probados para tener un punto de partida.

Las tablas en las siguientes páginas están diseñadas para esas instancias. Recuerde que las normas empíricas utilizan valores "estándar" cuando se habla de componentes, ingresos y otros parámetros del sistema. Su sistema en específico podría corresponder o no a estos valores "estándar".

Uno de los puntos más importantes en las tablas es enfatizar la eficiencia del elemento. Note que cuando se utilizan elementos con menor eficiencia, se requieren más pasadas para alcanzar el mismo nivel de limpieza ISO que con un elemento de mayor eficiencia.

Además, las tablas indican el efecto de la presión del sistema en el código ISO requerido. Conforme se incrementa la presión, el grosor de la capa de aceite entre las partes de los componentes se hace más delgado. Esta reducción de tolerancia permite que las partículas más pequeñas tengan efectos dañinos. Las tablas ofrecen flexibilidad al dar diferentes soluciones posibles para cada sistema y sus componentes.

Cómo utilizar las tablas?? :

- 1.- Elija la tabla adecuada para su sistema hidráulico o de lubricación.
- 2.- Comenzando en la columna izquierda, los componentes se enlistan por orden de sensibilidad a contaminantes. Encuentre el componente más sensible en su sistema.
- 3.- Siguiendo la banda de color a la derecha del componente seleccionado, elija el rango de presión en el que opera el sistema. Este paso no se requiere para sistemas de lubricación.
- 4.- Siga la banda de color a la derecha del rango de presión seleccionado para el código ISO sugerido en su sistema.
- 5.- A la derecha del código ISO, en la misma banda de color, se encuentran las eficiencias del medio filtrante requeridas para la cantidad de filtros correspondientes. Dependiendo de la selección, de haber de una a tres opciones disponibles.
- 6.- Asegúrese que la recomendación del número de elementos, está en el mismo nivel que la eficiencia del medio seleccionado.

Selección del Medio Filtrante

P- Filtro de presión flujo completo (igual a una ubicación)

R- Filtro de Retorno flujo completo (igual a una ubicación)

O- Fuera de línea (flujo 10% del volumen del tanque, igual a 0.5 ubicaciones)

* Número de ubicaciones de filtrado en el sistema, se pueden considerar más ubicaciones a consideración del diseñador

Sistemas de Lubricación

Componente	Código de Limpieza Sugerido	Eficiencia del medio $Beta_x > 200$	Cantidad de Ubicaciones* de filtrado	Ubicaciones Mínimas del Filtrado
Rodamientos de Muciones	16/13/11	2	1.5	P o R, O
		2	1	P o R
Rodamientos de Rodillos	17/14/11	5	1.5	P y R
		2	2.5	O
Chumaceras	18/15/13	5	1.5	P o R y O
Cajas de Engranés		10	2.5	P, R y O

Sistemas Hidráulicos

Componente	Presión del Sistema	Código de Limpieza Sugerido	Eficiencia del Medio $Beta_x > 200$	Cantidad de Ubicaciones de Filtrado	Ubicaciones Mínimas de Filtrado
Servo Válvulas	< 1000	17/14/12	2	1	P
			5	2	P y R
	1000 - 3000	16/13/11	2	1.5	P y O
	>3000	16/12/10	2	2	P y R
Válvulas Proporcionales	< 1000	18/15/13	2	1	P
			5	1.5	P y O
			10	2.5	P, R y O
	1000 - 3000	18/14/12	2	1	P
			5	2	P y R
	>3000	17/14/11	2	1.5	P y O
5			2.5	P, R y O	
Bombas de Desplazamiento Variable	< 1000	19/16/14	5	1	P o R
			10	2	P y R
	1000 - 3000	18/16/14	2	0.5	O
			5	1.5	P o R y O
	>3000	18/15/13	10	2.5	P, R y O
			2	1	P o R
Bombas de Paleta	< 1000	20/17/15	5	2	P y R
			10	0.5	O
Bombas de Pistón	1000 - 3000	19/17/14	5	1.5	P o R y O
			10	2	P y R
Válvulas de Cartucho	>3000	19/16/13	5	1.5	P o R y O
			10	2.5	P, R y O
Bombas de Engranés	< 1000	21/18/16	10	1	P o R
			20	2.5	P, R y O
Reguladoras de Flujo	1000 - 3000	20/17/15	10	1.5	P o R y O
Cilindros	>3000	20/14/14	5	0.5	O
			10	1.5	P o R y O

Vida del Elemento Filtrante

Hechos de Filtración

A medida que el elemento filtrante se va cargando de contaminantes, el diferencial de presión aumentará con el tiempo; lentamente al principio rápidamente después, cuando el elemento se aproxima al final de su vida útil.

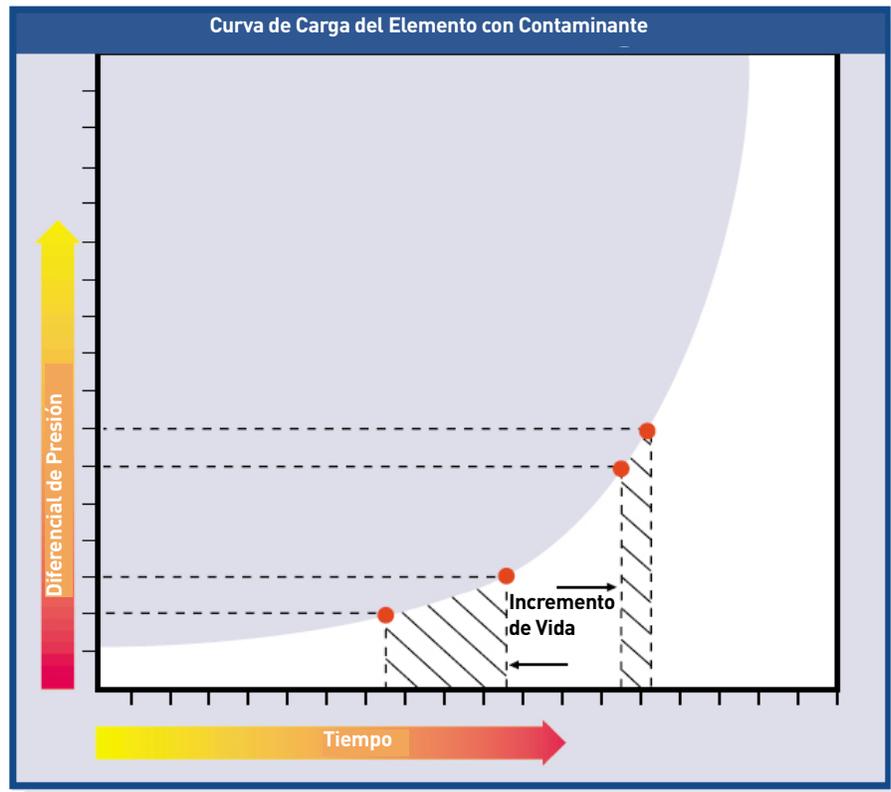
Carga de Contaminantes

La carga de contaminantes de un elemento filtrante es el proceso de bloqueo de los poros del elemento. Al bloquearse el elemento con partículas de contaminantes, quedan menos poros por los que pueda pasar el fluido y se necesita más presión para mantener el flujo a través del medio. Inicialmente, el diferencial de presión a través del elemento aumenta lentamente, porque hay muchos poros para que el fluido atraviese y el bloqueo afecta poco la pérdida de presión general. Pero llega un punto en que el bloqueo sucesivo de los poros reduce significativamente el número de poros disponibles para el flujo.

En éste punto, el diferencial de presión a través del elemento aumenta de forma exponencial. La cantidad, tamaño, forma y disposición de los poros a lo largo del elemento explican por qué unos elementos duran más que otros.

Para un espesor y capacidad nominal de filtración, hay menos poros en los medios de celulosa que en los de fibra de vidrio. Por lo tanto, el proceso de contaminación bloquearía los poros del medio de celulosa más rápido que los de un elemento de fibra de vidrio de idénticas características. El elemento de múltiples capas de fibra de vidrio tarda más tiempo en bloquearse.

Cuando el fluido atraviesa el elemento, éste capta selectivamente las partículas de diversos tamaños. Los poros más pequeños no son bloqueados por las partículas grandes y como se encuentran aguas abajo, siguen disponibles para captar las partículas pequeñas que contiene el fluido.



Vida del Elemento Filtrante

Perfil de Vida del Elemento Filtrante

Todos los elementos filtrantes tienen una relación característica entre el diferencial de presión y la carga de contaminantes. Esta relación se puede definir como el "perfil de vida del elemento filtrante". El perfil de vida real, obviamente, se ve afectado por las condiciones de operación del sistema.

Las variaciones en la velocidad de flujo del sistema y viscosidad del fluido afectan al diferencial de presión a través del elemento y ejercen un efecto definido sobre el perfil de vida real del elemento.

Es muy difícil evaluar el perfil de vida real del elemento bajo condiciones de operación reales. El tiempo que el sistema pasa en operación detenido, su ciclo de servicio y los cambios en las condiciones de contaminación ambiental son factores que afectan el perfil de vida del elemento filtrante.

Además, rara vez se encuentran disponibles los instrumentos de precisión necesarios para registrar el cambio en la pérdida de presión a través del elemento. La mayoría de los diseñadores y usuarios de maquinaria tan solo especifican filtros que tengan en la carcasa indicadores de diferencial de presión para saber cuando hay que cambiar el elemento filtrante.

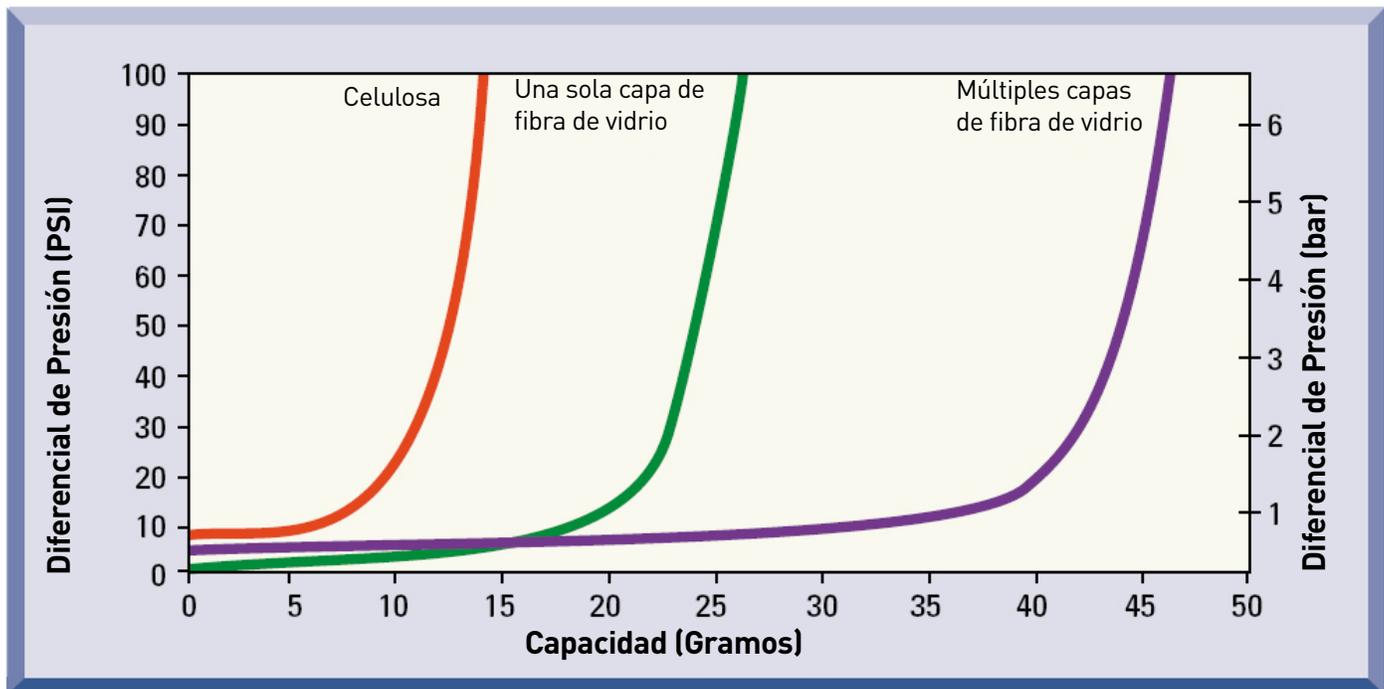
Los datos de la Prueba de múltiple paso se pueden utilizar para establecer una relación entre el diferencial de presión y la carga de contaminantes definida como el perfil de vida del elemento filtrante.

Como se dijo antes, condiciones de operación tales como velocidad de flujo y viscosidad del fluido afectan el perfil de vida de un elemento.

Sólo se pueden hacer comparaciones entre perfiles de vida cuando las condiciones de operación son idénticas y los elementos son del mismo tamaño.

Entonces, la cantidad, tamaño, forma y disposición de los poros del elemento filtrante determinan su perfil de vida característico. Los elementos de celulosa, de una sola capa o múltiples capas de fibra de vidrio tienen todos diferentes perfiles de vida.

Comparación de Vida de Distintos Elementos Filtrantes



Selección de la Carcaza

Hechos de Filtración

Siempre se debe utilizar un indicador de saturación del elemento con cualquier tipo de filtro; en particular, con los que no tienen válvula de paso.

Hechos de Filtración

El diferencial de presión de un elemento que se está cargando de contaminante seguirá aumentando hasta que:

- Se reemplace el elemento.
- Se abra la válvula de paso.
- Falle el elemento.

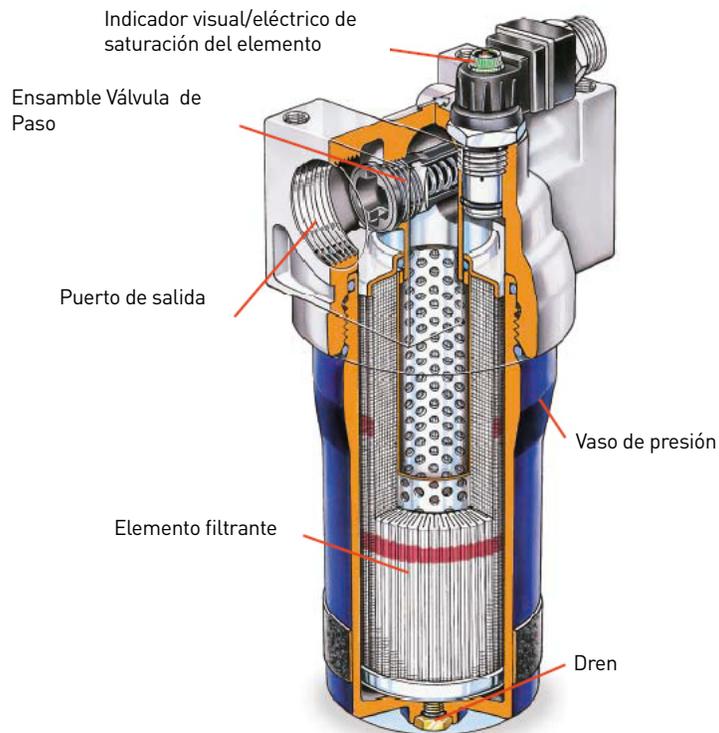
Carcaza del Filtro

La carcaza del filtro es el recipiente de presión que contiene al elemento filtrante. Por lo general consiste en dos o más submontajes, tales como la tapa y un vaso para permitir el acceso al elemento filtrante. La carcaza tiene puertos de entrada y salida que permiten instalar el filtro en un sistema de fluido.

Entre las características adicionales de las carcazas tenemos orificios de montaje, válvulas de paso e indicadores de saturación del elemento.

Carga de Contaminación

La ubicación del filtro en el circuito es el principal factor determinante de la presión nominal. Las carcazas de los filtros, en general, vienen diseñadas para tres ubicaciones: línea de succión, de presión o de retorno. Una característica de estas ubicaciones es su presión máxima de operación. Los filtros para líneas de retorno y succión vienen diseñados para presiones bajas, hasta 500 psi (34bar). Los filtros de la línea de presión deben soportar los 1,500 psi a 6,000 psi (103 bar a 414 bar).



Lo principal que se debe considerar en el proceso de selección de una carcaza son los métodos de montaje, opciones de puertos e indicadores y presión nominal. Excepto ésta última, todos dependen del diseño físico del sistema y las preferencias del diseñador. La presión nominal es menos arbitraria y deberá determinarse antes de seleccionar el estilo de carcaza deseado.

Es esencial analizar el circuito para determinar si hay picos de presión frecuentes, así como condiciones de estado constante. En circuitos con picos de alta presión muy frecuentes, se necesita otro tipo de carcaza para prevenir fallas relacionadas con la fatiga.

Selección de la Carcaza

Válvulas de Paso

La válvula de paso se utiliza para impedir el colapso o ruptura del elemento filtrante cuando se carga demasiado de contaminantes. También impide la cavitación de las bombas, en caso de filtración en la línea de succión. Al irse acumulando los contaminantes en el elemento, aumenta el diferencial de presión a través de él; al llegar a una presión mucho menor que la del punto de falla del elemento filtrante, la válvula de paso se abre, para permitir que el flujo pase alrededor del elemento.

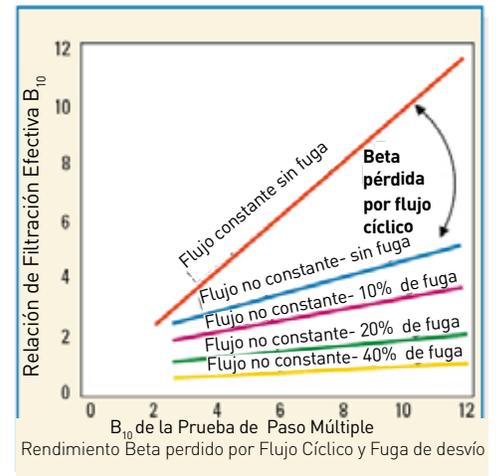
Algunos diseños de válvula de paso, tienen una opción de "desvío hacia el tanque", que permite que el flujo desviado y no filtrado regrese al tanque que a través de un tercer puerto. Esto impide que el flujo no filtrado entre al sistema.

Otros filtros pueden tener una opción de "no desvío" desvío "bloqueado", que impide que el flujo no filtrado fluya aguas abajo.

En los filtros que no tienen válvulas de paso, se deben instalar elementos de mayor resistencia al colapso.

Entre las aplicaciones que se pueden usar, la opción de "no desvío" se incluyen las servoválvulas y otras de protección de componentes sensibles.

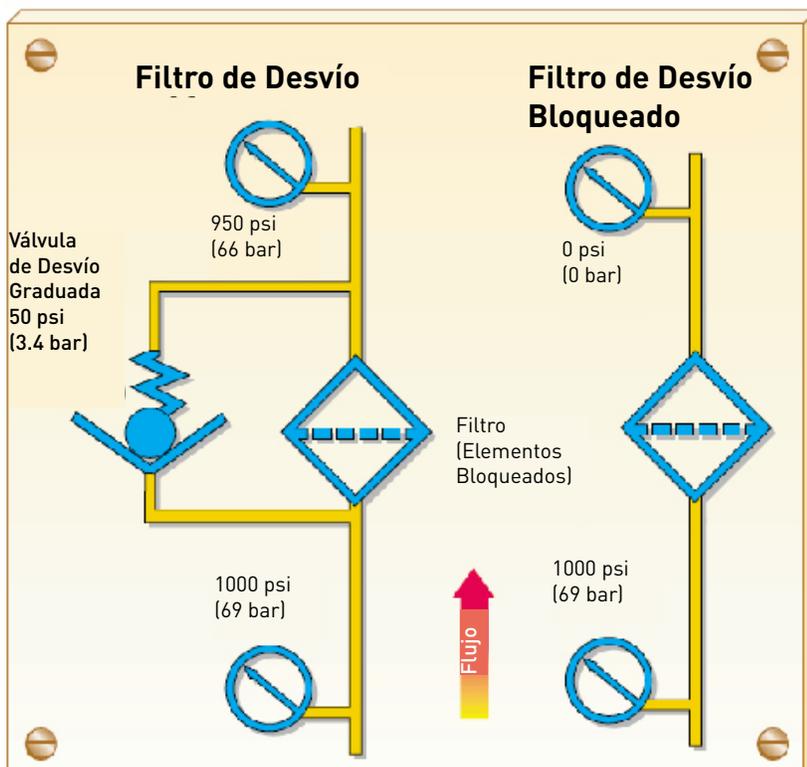
Al especificar un diseño de filtro sin válvula de paso, asegúrese de que el elemento tenga un diferencial de presión nominal cercano a la presión máxima de operación del sistema.



Al especificar un filtro tipo con válvula de paso, se puede suponer que el fabricante ha diseñado el elemento para que soporte el diferencial de presión de la válvula de paso cuando esta se abra.

Después de seleccionar el tipo de carcaza y la presión nominal, se debe determinar el ajuste de la válvula de paso. Esto debe hacerse antes de seleccionar el tamaño de la carcaza del filtro. A paridad de condiciones, se deberá seleccionar la mayor presión de ruptura de la válvula de desvío ofrecida por el fabricante. Esto garantiza la vida más larga del elemento para ese tamaño de filtro en particular. Ocasionalmente, se puede seleccionar un ajuste más bajo para ayudar a reducir la pérdida de energía del sistema o reducir la contrapresión sobre otro componente.

En los filtros de succión, se puede utilizar una válvula de paso de 2 o 3 psi (0,14 bar ó 0,2 bar) para minimizar la posibilidad de que se produzca cavitación de la bomba.



Selección de la Carcaza

Hechos de Filtración

Tenga siempre presente las condiciones de baja temperatura cuando seleccione el tamaño del filtro. El aumento de la viscosidad del fluido puede producir un aumento considerable en el diferencial de presión a través del filtro.

Hechos de Filtración

El diferencial de presión a través de un filtro depende de:

- El tamaño de la carcaza y el elemento.
- El grado del medio filtrante.
- La viscosidad del fluido.
- La velocidad de flujo

Indicadores de saturación del elemento

El indicador de saturación del elemento alerta cuando se debe limpiar o cambiar el elemento. Generalmente, el indicador tiene marcas de calibración que también indican si se ha cubierto la válvula de paso del filtro. El indicador puede estar enlazado mecánicamente a la válvula de paso o ser un dispositivo sensor del diferencial de presión completamente independiente.

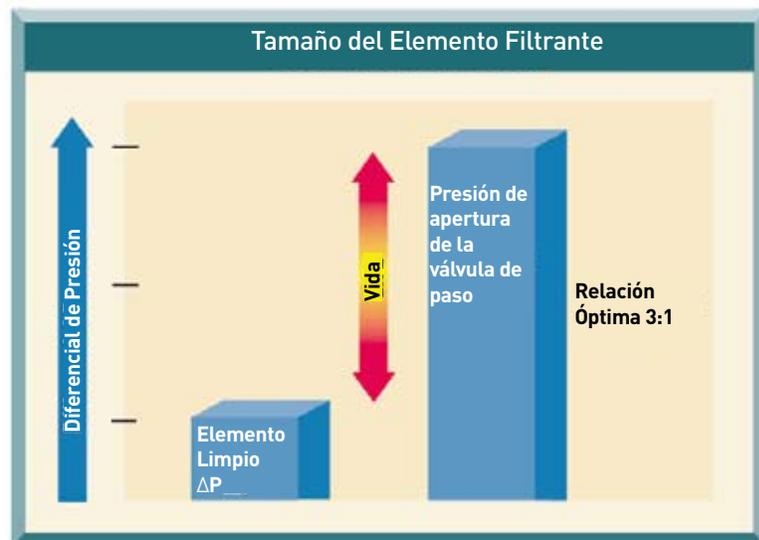
Los indicadores pueden emitir señales visuales o eléctricas o ambas a la vez. Por lo general, los indicadores se calibran para que se disparen en cualquier punto entre 5% - 25% antes que se abra la válvula de paso.

Selección del tamaño de la carcaza y el elemento.

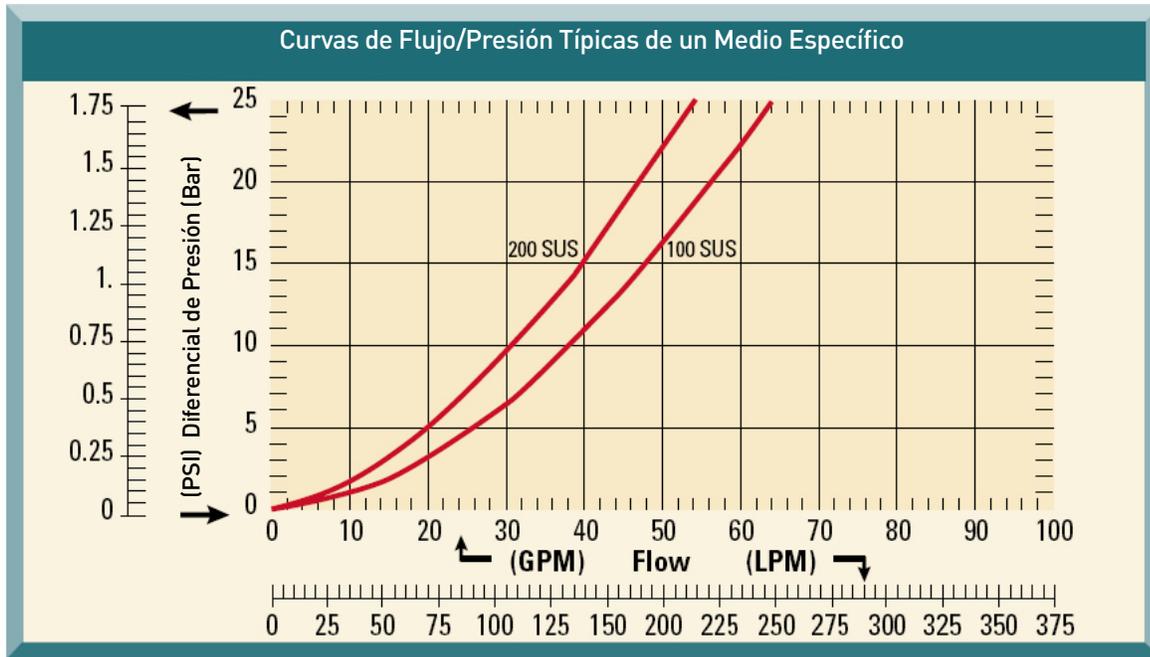
La carcaza debe ser lo suficientemente grande como para lograr al menos una relación 1:2 entre el ajuste de la válvula de paso y el diferencial de presión del filtro con un elemento limpio instalado en él. Es preferible que esta relación sea 1:3, o aún mayor para prolongar la vida útil del elemento.

El gráfico de la próxima página muestra, por ejemplo, el tipo de curvas de diferencial de presión/flujo que se usan para determinar el tamaño adecuado de la carcaza del filtro.

Como puede verse, el diseñador necesita conocer la viscosidad operativa del fluido y la máxima velocidad de flujo (por lo menos un promedio) para asegurarse de que el filtro no pase la mayor parte del tiempo en desvío debido a corrientes elevadas de flujo. Esto es particularmente importante en los filtros de línea de retorno, en los que la multiplicación del flujo proveniente de los cilindros puede aumentar el flujo de retorno en comparación con la velocidad de flujo de la bomba.



Selección de la Carcaza



Si el filtro descrito en el gráfico tuviese instalada una válvula de paso de 50psi (3,4 bar), el diferencial de presión inicial (limpio) no debería exceder 25 psi (1,7 bar) y preferiblemente, 16 2/3 psi (1,1 bar) o menos. Esto se calcula a partir de la relación 3:1 y 2:1 entre el ajuste de la válvula de paso y el diferencial de presión inicial.

Relación 3:1

• $50/3=16^{2/3}$ psid (1.1 bar)

Relación 2:1

• $50/2=25$ psid (1.7 bar)

• A 200 sus de fluido, el rango de flujo máximo oscilaría entre 42gpm y 54 gpm (159 lpm y 204 lpm)

La mayoría de los filtros tipo estandar utilizan una válvula de paso para limitar la caída de presión máxima a través del elemento filtrante. Al irse bloqueando el elemento con contaminante, el diferencial de presión aumenta hasta que se alcanza la presión de ruptura de la válvula de paso. Esta acción limita el diferencial de presión máximo a través del elemento filtrante.

Lo importante aquí es que alguna de las partículas contaminantes del sistema también se desvían del filtro y cuando esto sucede, la efectividad del elemento filtrante se ve comprometida y disminuye el grado de limpieza del fluido que se pueda alcanzar. Los filtros tipo estándar, normalmente tienen una válvula de paso con presión de ruptura entre 25 y 100 PSI (1,7 y 6,9+ bar).

Debe tomarse en cuenta la relación entre el diferencial de presión inicial o limpio a través del elemento y la presión a la que está graduada la válvula de paso.

Un elemento de celulosa tiene una región muy estrecha de aumento de presión exponencial. Por ello es importante estar conscientes de la relación entre el diferencial de presión inicial o limpio ajuste de presión de la válvula de paso. Esta relación, en efecto, determina la vida útil de un elemento filtrante.

A diferencia de esto, la vida útil de los elementos de una o múltiples capas de fibra de vidrio es establecida por la región lineal, casi horizontal, de aumento relativamente baja la caída de presión y no por la región de aumento exponencial de presión.

Por consiguiente, la presión de ruptura de válvula de paso del filtro, ya sea 25 ó 75 PSI (1,7 ó 5,2 bar) tiene relativamente poco efecto sobre la vida útil del elemento filtrante. Así, el diferencial de presión inicial y el ajuste de la válvula de paso no son factores tan importantes a la hora de decidir el tamaño de un medio de fibra de vidrio.

Tipos de Filtros y su Ubicación

Hechos de Filtración

Las rejillas de succión generalmente se describen según su tamaño de "malla":

- Malla 60= 238 micrones
- Malla 100= 149 micrones
- Malla 200= 74 micrones

Hechos de Filtración

El uso de filtros y rejillas de succión ha disminuido significativamente en la filtración moderna.

Tipos de Filtros y su Ubicación

- Succión
- Presión
- Retorno
- Fuera de Línea

Filtros de Succión

Los filtros de succión sirven para evitar que la bomba se contamine con el fluido. Se instalan antes del puerto de entrada de la bomba. Algunos pueden ser "rejillas" de entrada sumergidos en el fluido.

Otros se pueden montar externamente. En cualquiera de los dos casos, se utilizan elementos relativamente gruesos, debido a las limitaciones de cavitación de las bombas.

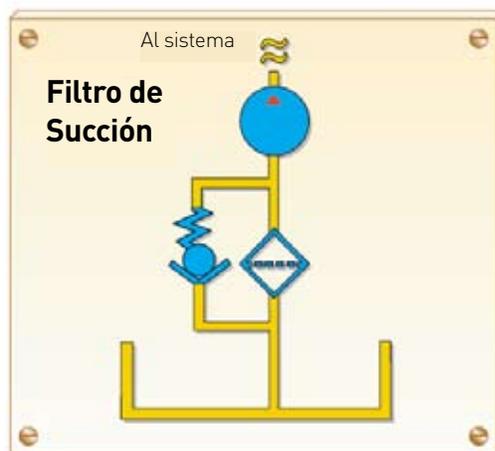
Por esta razón no se utilizan como protección primaria contra la contaminación.

Filtros de Presión

Los filtros de presión se instalan aguas abajo de la bomba del sistema.

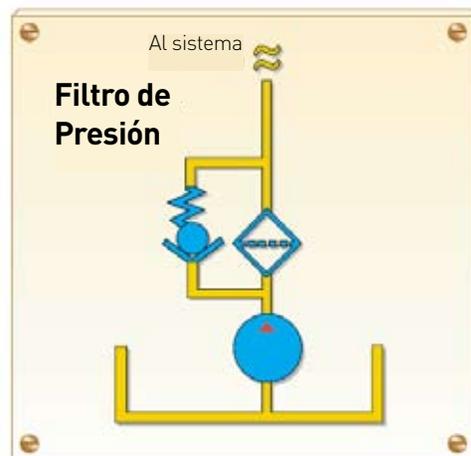
Están diseñados para soportar la presión del sistema y su tamaño se selecciona para la velocidad de flujo de la línea de presión en la que se encuentran.

Los filtros de presión son particularmente adecuados para proteger elementos sensibles que se encuentran inmediatamente aguas abajo del filtro, tales como las servoválvulas.



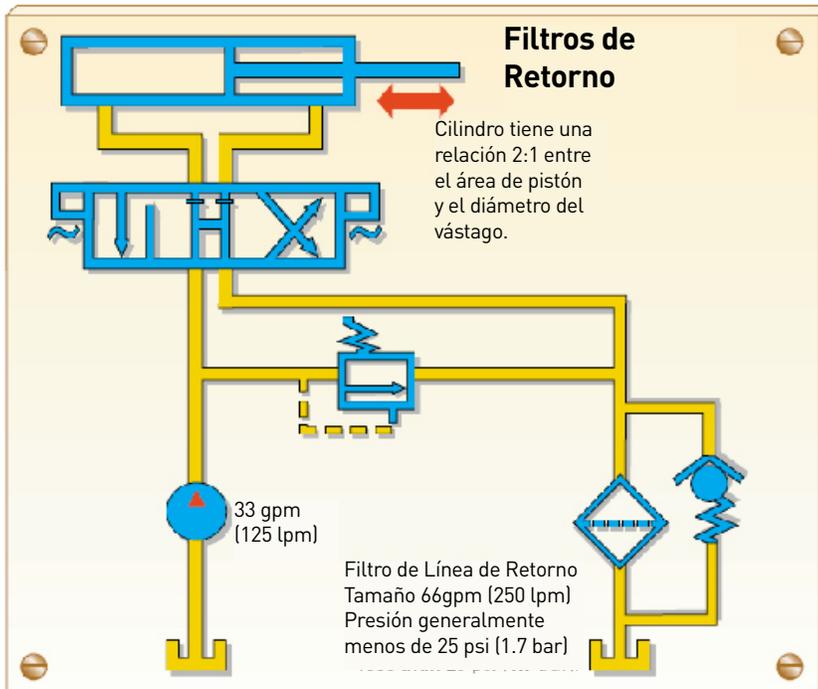
Algunos Fabricantes de bombas no recomiendan usar filtros de succión.

Consulte siempre al fabricante de la bomba acerca de las restricciones de entrada.



Si se colocan justo después de la bomba del sistema, también ayudan a proteger a todo el sistema de la contaminación generada por la bomba.

Tipos de Filtros y su Ubicación



Filtros de Retorno

Cuando la bomba es uno de los elementos sensibles del sistema, lo más conveniente es instalar un filtro de retorno. En la mayoría de los sistemas, el filtro de retorno es el último componente que debe atravesar el fluido antes de entrar al tanque.

Por lo tanto, captura los residuos de desgaste de los componentes operantes del sistema y las partículas que penetran por los sellos desgastados del vástago del cilindro, antes de que tales contaminantes puedan llegar al tanque y pasen a circular por el sistema. Como este filtro se instala inmediatamente aguas arriba del tanque, su presión nominal y costo pueden ser relativamente bajos.

En algunos casos, los cilindros con vástagos de gran diámetro pueden producir "multiplicación del flujo".

Este aumento de velocidad de flujo en la línea de retorno puede hacer que la válvula de paso del filtro se abra, permitiendo que el flujo sin filtrar pase aguas abajo.

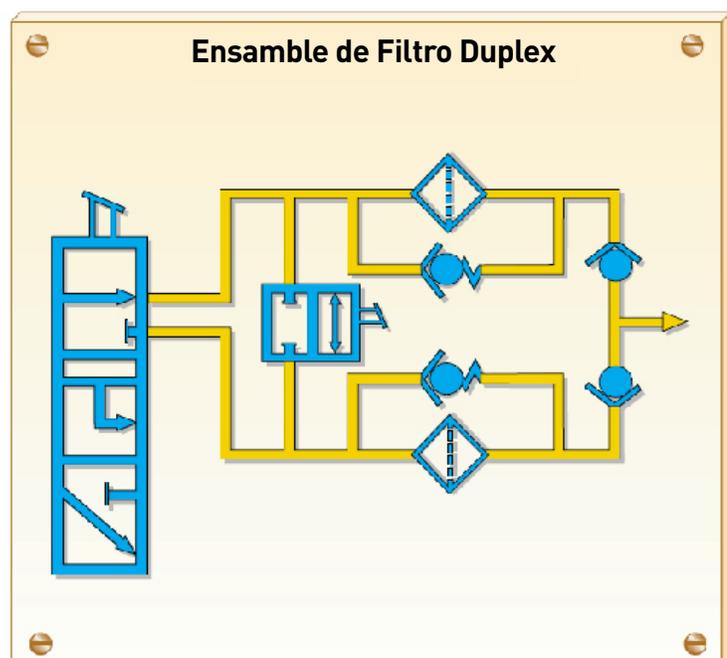
Esta condición es indeseable y debe tenerse en cuenta al determinar el tamaño del filtro.

Es común encontrar filtros de presión y de retorno en versión duplex.

Su característica más notable es la filtración continua. Es decir, se fabrica con dos o más cámaras de filtración e incluye las válvulas necesarias para permitir una filtración continua y sin interrupciones.

Cuando un elemento filtrante necesita servicio, se cambia la acción de la válvula, desviando el flujo hacia la otra cámara de filtración.

Luego, se puede cambiar el elemento sucio, mientras sigue pasando el fluido filtrado a través del filtro. Las válvulas duplex, por lo general, son de tipo de paso cruzado, lo que impide cualquier forma de bloqueo.



Tipos de Filtros y su Ubicación

Hechos de Filtración

Regla General:

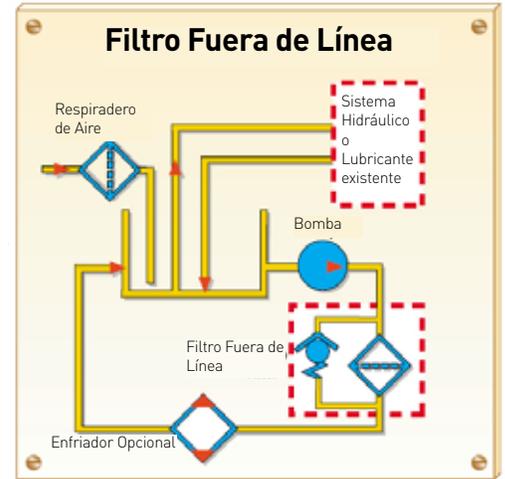
Calcular flujo de la bomba de un equipo de filtración fuera de línea a un mínimo de 10% del volumen del tanque.

Hechos de Filtración

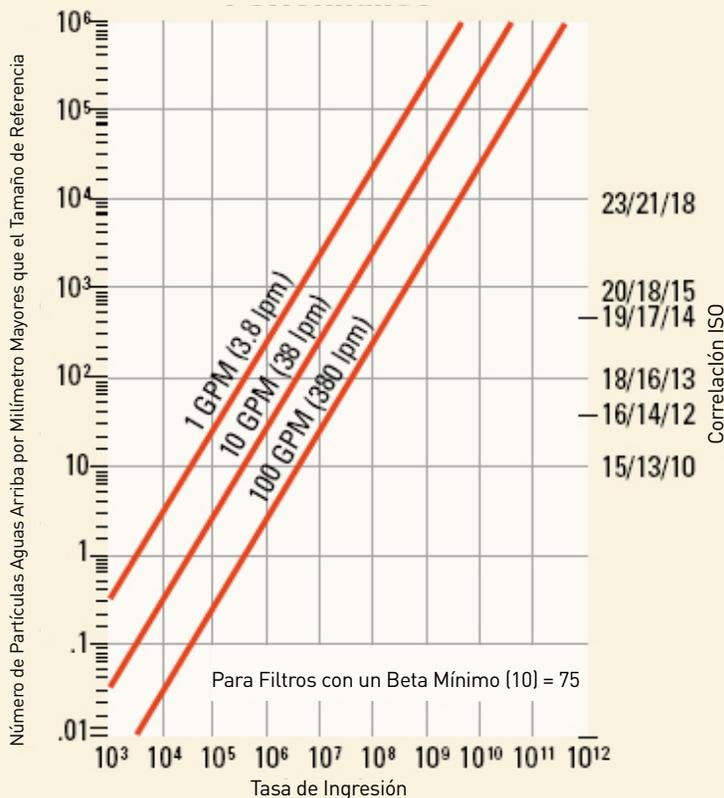
El Nivel de limpieza de un sistema es directamente proporcional a la velocidad de flujo que permiten los filtros del sistema.

Filtros Fuera de Línea

También conocida como recirculante, de riñón, o auxiliar. Este sistema de filtración es totalmente independiente del sistema hidráulico principal de la máquina. La filtración fuera de línea consta de una bomba, filtro, motor eléctrico y conexiones. Estos componentes se instalan fuera de línea como si fuesen un pequeño subsistema separado de las líneas de operación, o se incluyen en un circuito de enfriamiento del fluido. El fluido se extrae por bombeo del recipiente, pasa por el filtro y vuelve al recipiente en un proceso continuo. Con este efecto "repasso", la filtración fuera de línea puede mantener constante el nivel de contaminación del fluido.



Efecto de Velocidad de Flujo sobre el Rendimiento de la Filtración Fuera de Línea



(Número de Partículas > 10 micrones que ingresan por minuto)
Sourced based on Fitch, E.C., Fluid Contamination Control, FES, Inc., Stillwater, Oklahoma, 1988.

Al igual que los filtros de retorno, este tipo de sistema de filtración es muy adecuado para mantener la limpieza en general del sistema, pero no ofrece protección para un componente específico. Los circuitos de filtración fuera de línea, tienen la ventaja adicional que son fáciles de instalar en un sistema existente que tiene una filtración inadecuada. Además, se puede hacer servicio al filtro sin parar al sistema principal. La mayoría de los sistemas se beneficiarán enormemente de una combinación de filtros de succión, presión, retorno y fuera de línea.

La tabla que aparece a la derecha puede resultar útil para decidir la ubicación del sistema de filtración.

Tipos de Filtros y su Ubicación

Comparación de los Tipos de Filtros y su Ubicación

Ubicación del Filtro

Succión

(Montado Externamente)

Ventajas

- Protección de último momento para la bomba.
- Mucho más fácil hacerle servicio que a una rejilla de succión.

Desventajas

- Debe utilizar elementos relativamente abiertos y/o carcasas grandes para mantener baja la caída de presión debida a las condiciones de entrada de la bomba.
- Costo relativamente elevado.
- No protege los componentes aguas abajo contra contaminación por los desechos de desgaste de la bomba
- Puede no ser adecuada para mucha bombas de volumen variable.

Presión

- Protección de un componente específico
- Contribuye con el nivel de limpieza general del sistema
- Puede utilizar elementos de filtración finos y de gran eficiencia
- Captura los desechos de desgaste de la bomba

- Mínima protección del sistema.
- La carcasa es relativamente costosa porque debe soportar toda la presión del sistema
- No captura los desechos de desgaste de los componentes que operan aguas abajo.

Fuera de Línea

- Repasa continuamente el fluido hidráulico del sistema aún cuando éste último está parado.
- Se le puede hacer servicio sin parar el sistema principal.
- Los Filtros no se ven afectados por los picos de flujo, lo que permite un óptimo rendimiento y vida útil del elemento.
- Se pueden obtener y mantener con mayor precisión niveles específicos de limpieza del sistema.
- Se puede incorporar fácilmente el enfriamiento del fluido.

- El costo inicial relativo es elevado.
- Requiere de espacio adicional
- No ofrece protección directa de un componente

Análisis de Fluidos



Contador de Partículas Portátil

Contador Portátil de Partículas

Un adelanto muy prometedor en el análisis de fluidos es el contador de partículas láser, portátil. Los contadores de partículas láser son comparables a unidades completas de laboratorio en cuanto a que pueden contar partículas dentro de un rango de hasta 2 + micrones. Entre los puntos fuertes de este avance tecnológico reciente tenemos su precisión, repetibilidad, portabilidad y oportunidad. Se puede hacer una prueba en menos de un minuto.

Los contadores de partículas láser, generalmente, sólo dan contaje de partículas y clasificaciones de limpieza. Las pruebas de contenido de agua, viscosidad y análisis espectrométrico requieren de equipos completos de laboratorio.

Análisis de Laboratorio

El análisis de laboratorio es un estudio completo de una muestra de fluido. Los mejores laboratorios ofrecen paquetes de las siguientes pruebas y características:

- Viscosidad
- Número de Neutralización
- Contenido de Agua
- Conteo de Partículas
- Conteo espectrométrico (resultados de análisis de contenido de metales de desgaste y aditivos expresados en partes por millón pp m)
- Gráficos de Tendencias
- Microfotografías
- Recomendaciones

Al tomar la muestra de fluido del sistema, se debe tener cuidado de asegurarse de que sea representativa.

Para lograrlo, se debe limpiar el recipiente con el que se va a tomar la muestra y extraer correctamente el fluido del sistema.

Existe una norma de la Asociación Nacional de Energía de Fluidos (NFPA) para extraer muestras de fluido de un recipiente de un sistema de energía hidráulica en operación. (NFPA T2.9.1-1972).

También hay un método del Instituto Nacional Americano de Normas (ANSI B93.13-1972) para extraer muestras de fluido de líneas de operación de un sistema de energía hidráulica, para realizarle el análisis de partículas contaminantes. Se recomienda utilizar cualquiera de los dos.

En todo caso, el objetivo es obtener una muestra representativa del fluido. Las válvulas de muestreo se deben abrir y descargar al menos quince segundos antes de tomar la muestra. El cilindro del muestreo limpio debe mantenerse cerrado hasta que el fluido y la válvula esten listos para tomar la muestra.

El sistema debe estar a temperatura de operación, durante, al menos, 30 minutos antes de tomar la muestra.

El siguiente apéndice explica el procedimiento completo.

FLUID ANALYSIS REPORT			
SAMPLE CODE: 1004		DATE: 06-01-04	
XYZ Corporation 12345 Main St. Anytown USA 41114		 PARKER Fluid Analysis Service Parker Hydraulic Corporation 16100 Parker County Road #2 Houston, TX 77060 Tel: (419) 244-4311 Fax: (419) 244-4335	
SAMPLE DATA			
COMPANY NAME:	XYZ Corporation	SAMPLE DATE:	06/01/04
SYSTEM TYPE:	Hydraulic System	BOILER (see above):	100/100
EQUIPMENT TYPE:	LADDER	SYSTEM VOLUME:	20 L
MACHINE ID:	12345	FLUID TYPE:	ISO 46
FILTER ID:		CTDNO. & REV.	
ANALYST PREPARED: ALBERTA (U)			
AUTOMATIC PARTICLE COUNT SUMMARY			FREE WATER PRESENT
Size	Counts per ml.	Cleanliness Code	<input type="checkbox"/> YES
> 2 µm	21000	20/01/4	<input checked="" type="checkbox"/> NO
> 5 µm	2000		
> 10 µm	200		
> 15 µm	100		
> 20 µm	50		
> 30 µm	10		
PHOTO ANALYSIS Mag: 100x Vol: 20 µl Scale: 1 µm = 20 µm 			
REMARKS W A S H E D 1. The recommended CLEANLINESS code is not met. Clean-up maintenance may be warranted. 2. Dotted graph line indicates recommended ISO Code level.			

Análisis de Laboratorio

Procedimiento de Muestreo

Para obtener una muestra de fluido para el conteo y/o análisis de partículas es necesario seguir ciertos pasos que garanticen que la muestra obtenida es representativa del fluido. A menudo, un procedimiento de muestreo equivocado disfraza las verdaderas condiciones de limpieza del sistema. Para obtener una muestra representativa, utilice uno de los siguientes métodos:

I. Para Sistemas que Tienen Válvula de Muestreo

A. Opere el sistema durante, al menos, 1/2 hora.

B. Con el sistema en operación, abra la válvula de muestreo y deje salir de 200 ml a 500 ml (7 a 16 onzas) de fluido para lavar el puerto de muestreo. (El diseño de la válvula de muestreo debería permitir el flujo turbulento a través del puerto de muestreo).

C. Utilice un cilindro de muestreo de boca ancha, previamente limpiado. Quítele la tapa y colóquelo en la corriente de flujo de la válvula de muestreo. NO "enjuague" el cilindro de muestreo con la muestra inicial. Deje al menos una pulgada desde el borde del cilindro sin llenar.

D. Cierre el cilindro de muestreo inmediatamente. Luego, cierre la válvula de muestreo. (Tome las provisiones necesarias para "retirar" el fluido que se derrame al tirar el cilindro de la corriente).

E. Marque el cilindro con la información pertinente: incluya la fecha, número de código del fluido, tipo de fluido, tiempo transcurrido desde el último muestreo (de haberlo).

II. Sistemas Sin Válvula de Muestreo

Son dos los puntos en los que se puede obtener una muestra de un sistema sin válvula de muestreo: en el tanque y en la línea. A continuación describimos el procedimiento para ambos:

A. Muestreo en el tanque

1. Opere el sistema durante 1/2 hora, por lo menos.
2. Utilice un tubo de muestreo pequeño, manual, de bomba de vacío, o una "jeringa de rociado" para tomar la muestra. Introduzca el dispositivo de muestreo en el tanque hasta la mitad del nivel del fluido. Probablemente tendrá que ponerle un peso al extremo del tubo de muestreo. Su objetivo es tomar una muestra de la porción media del tanque. No permita que la jeringa o tubo de muestreo toque los lados del tanque.
3. Ponga el fluido extraído en un cilindro de muestreo aprobado y previamente limpiado como se describió en el ejemplo del método con válvula de muestreo.
4. Tápelo inmediatamente.
5. Márquelo con la información pertinente descrita en el método con válvula de muestreo.

b. Muestreo en línea

1. Opere el sistema durante 1/2 hora, por lo menos.
2. Ubique una válvula adecuada en el sistema, en la que pueda obtener flujo turbulento (es preferible una válvula de bola). De no existir, ubique un conector que se pueda abrir fácilmente para producir flujo turbulento (una T o un codo)
3. Lave el punto de muestreo de la válvula o el conector con un solvente filtrado. Abra la válvula o el conector para permitir un lavado adecuado. (Asegúrese de realizar este paso. No tiene que desechar este primer fluido que se utiliza para el lavado, lo puede devolver al tanque o a un recipiente grande).

Reporte de Laboratorio de Prueba Paso Múltiple

Aditivo antiestática en el fluido de prueba	Modelo Elemento Flujo Int. fab. Fluido	xxxx xx 30 Gpm 10 pulg. agua Mil- H-5606/ Shell Asa-3 98/102f;14.77-15.3 C				Informe de Lab. xxxx Fecha xx Probado por xxx Lote En Línea Conteo						
Caída de presión en el elemento al terminar la prueba	Dif. de Presión Terminal Filtro Limpio Carcasa Elemento NETO Gravimetría del sistema (MG/L). Base: 5.0 Final 11.8	(PSID) 235.0 5.0 3.2 1.8 233.2				Inicial Final Promedio	Fluido de Inyección Grav (MG/L) Flujo (L/Min) 1226.8 7 Puntos 1279.4 Promedio 1253.1 0.453					
	% Neto	Tiempo	Delta P. Elemento Filtrante	Gramos Añadido	Injecc. Flujo	Análisis Distrib. Partículas- Part./H Tamaño (Arriba/Abajo/Beta) Tamaño Partícula 2 3 5 7 10 12						
Información del punto de prueba	Fluido limpio					4.89 8.32	2.22 1.75	1.11 0.44	0.89 0.00	0.22 0.00	0.00 0.00	
% ΔPsi Net o	2.5	25.4	10.8 7.6	14.4	0.451	13,178.00 10,168.00 1.30	6,682.00 2,863.00 2.33	2,678.00 340.30 7.85	1,382.00 39.55 34.9	643.30 3.18 200	436.10 0.23 1,900	
Duración de la prueba (min)	5	31.1	16.7 13.5	17.7	0.455	14,060.00 11,056.03 1.27	7,214.00 3,391.00 2.13	2,822.0 406.48 6.94	1,427.00 35.91 39.7	673.00 1.59 420	463.20 0.23 2,000	
ΔPsi filtro	10	35.8	28.3 25.1	20.3	0.455	13,900.00 10,590.00 1.31	7,207.00 3,274.00 2.20	2,187.00 395.30 7.13	Conteo de partículas aguas arriba			
ΔPsi del elemento	20	39.0	51.6 48.4	22.1	0.453	14,950.00 9,496.00 1.57	7,833.00 2,869.00 2.73	3,201.00 375.00 8.54	Conteo de partículas aguas abajo Punto de prueba de Relación Beta			
Capacidad acumulativa (gramos)	40	42.6	98.3 95.1	24.2	0.455	12,410.00 7,843.00 1.58	6,696.00 2,277.83 2.94	2,857.00 380.58 9.51	1,495.00 38.83 49.8	700.70 1.82 390	474.68 0.46 1,000	
Flujo de Inyección (litros/ min)	80	45.1	191.6 188.4	25.6	0.453	11,420.00 6,152.00 1.86 11,130.00 6,013.00 1.85	6,299.00 1,709.00 3.69 6,136.00 1,690.00 3.63	2,768.00 234.30 11.8 2,717.00 262.50 10.4	1,456.00 32.28 45.1 1,427.00 41.14 34.7	681.10 5.46 120 669.40 8.87 75.5	469.30 2.50 190 460.90 5.23 88.1	
	Razón Beta Mínima:					1.27	2.13	6.94	32.6	75.5	88.1	
	Razón Beta Ponderada:					1.36	2.42	7.97	37.2	220	800	

Razón Beta Mínima para el tamaño de partículas durante la prueba

Razón Beta Promedio Ponderado para el tamaño de partículas a lo largo de la duración de la prueba

Capacidad final (grs):
Aparente: 26.1 Sucio acumulado durante la prueba
Retenido: 25.8 Cantidad calculada de gramos retenidos

1. Coloque el cilindro de muestreo aprobado y previamente lavado bajo la corriente de flujo, según el método con válvula de muestreo descrito anteriormente.

Nota: Seleccione una válvula o conector cuya presión esté limitada a 200 PSIG (14bar) o menos.

El objetivo es contar las partículas presentes en el fluido del sistema.

2. Tape el cilindro de muestreo inmediatamente. Márquelo con la información pertinente descrito en el método con válvula de muestreo.

Independientemente del método utilizado, observe reglas de sentido común. Todo equipo utilizado en el proceso de muestreo debe lavarse y enjuagarse con solvente filtrado. Esto incluye las bombas de vacío, jeringas y tubería flexible.

Si los dispositivos de muestreo están sucios y la muestra no es representativa, las conclusiones serán erróneas y el costo será mayor a largo plazo.

Apéndice

Gráfico de Conversión de Viscosidad	
Cst (Centistokes)	SUS (Segundos Universales Saybolt)
10	46
20	93
25	116
30	139
32.4	150
40	185
50	232
70	324
90	417

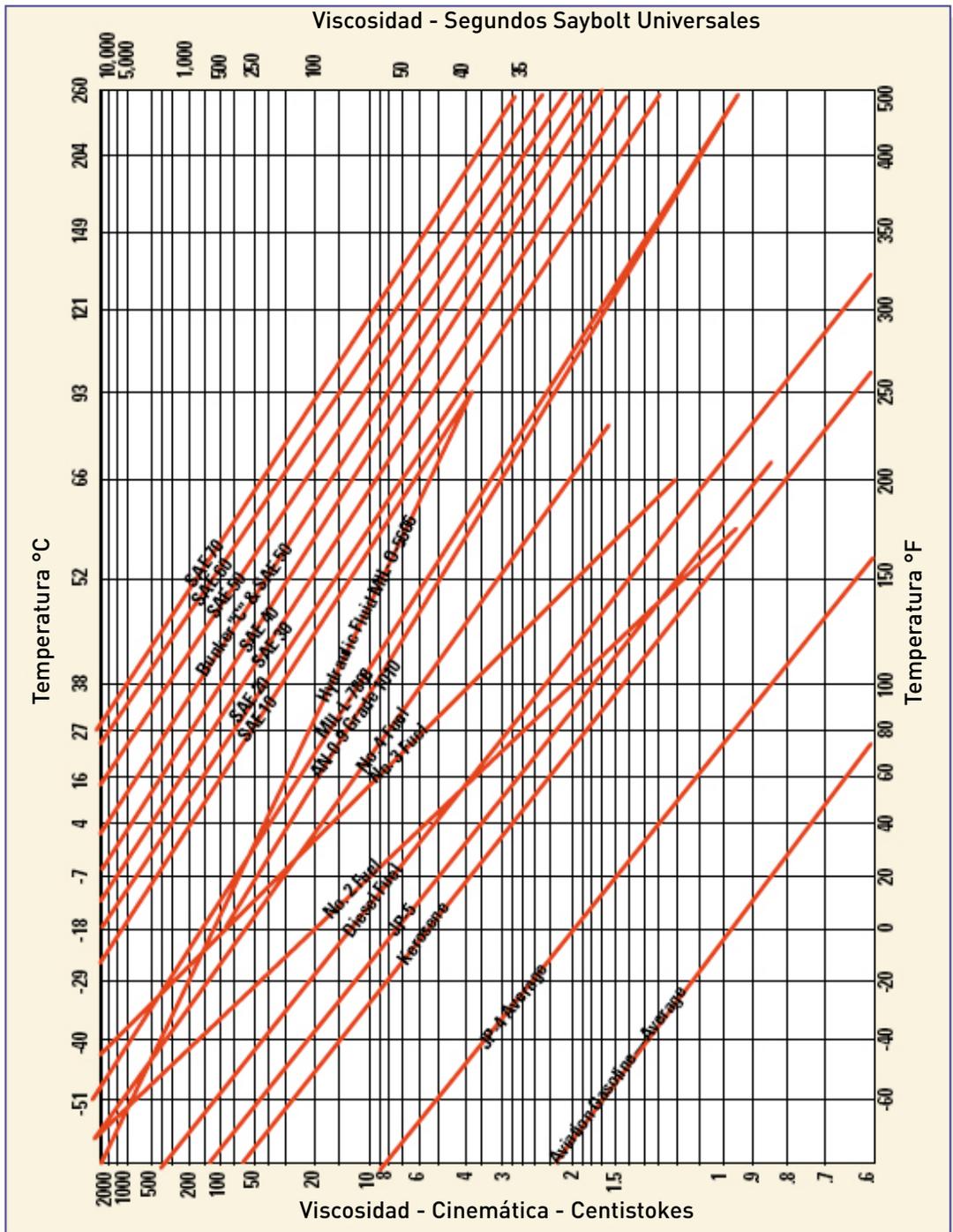
Comparaciones a 100° F (38° C)

Para otras aproximaciones utilice la fórmula: $cSt = \frac{SUS}{4.635}$

***NOTA:** Los segundos universales Saybolt se pueden abreviar SSU.

Tabla de Conversión Métrica		
Para convertir	En	Multiplique por
Pulgadas	Milímetros	25.40
Milímetros	Pulgadas	.03937
Galones	Litros	3.785
Litros	Galones	.2642
Libras	Kilogramos	.4536
Kilogramos	Libras	2.2046
PSI	Bar	0.6804
Bar	PSI	14.5
Centígrados	Fahrenheit	$[\text{°C} \times 9/5] + 32$
Fahrenheit	Centígrados	$[\text{°F} - 32] / 1.8$
Micrones	Pulgadas	.000039
Micrones	Metros	.000001

Viscosidad vs Temperatura



Oficinas de Venta

Toluca, Edo Méx

Av Eje Uno Norte 100
Parque Industrial Toluca 2000
Toluca Edo Méx
CP 50100

Teléfono 722 275 42 00
Fax 722 279 03 16

Monterrey, NL

Boulevard Stiva 350
Parque Industrial Stiva
Aeropuerto Apodaca
Apodaca, NL
CP 66600

Teléfono 81 8288 1515
Fax 81 83864202

www.parker.com

mccotizaciones@parker.com