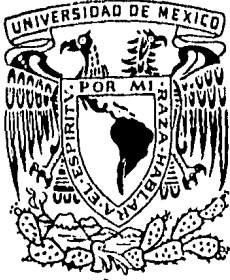


89.
2 ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**DESCRIPCION Y SELECCION DE MEDIOS FILTRANTES
PARA SISTEMAS LIQUIDO-SOLIDO**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A
PETRONIO ESTEBAN REYNOSO MARENCO

MEXICO, D. F.

1985



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

I N D I C E

CAPITULO No. 1

INTRODUCCION

a) OBJETIVOS

b) HISTORIA

c) TEORIA

CAPITULO No. 2

CLASIFICACION DE LOS MEDIOS FILTRANTES

CAPITULO No. 3

PROPIEDADES DE LOS MEDIOS FILTRANTES

CAPITULO No. 4

DESCRIPCION DE LOS MEDIOS FILTRANTES

CAPITULO No. 5

METODOLOGIA DE SELECCION

CAPITULO No. 6

APLICACION DE LA METODOLOGIA

CAPITULO No. 7

CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

CAPITULO No. 8

NOMENCLATURA Y BIBLIOGRAFIA

CAPÍTULO 1

INTRODUCCION

a) OBJETIVOS

Este trabajo está dirigido al Ingeniero Químico y a personas relacionadas con la selección del medio filtrante más óptimo para la filtración de un sistema líquido - sólido.

Es conveniente hacer énfasis en que el medio filtrante es la parte más importante en la separación de sólidos suspendidos en un fluido ya que dicho medio es el que condiciona el tipo de separación como la decantación, evaporación, en donde no se requiere de un medio de separación.

La selección de un medio filtrante requiere del estudio primero: de las características y propiedades físicas y químicas de la suspensión a separar en lo que se refiere al tamaño de las partículas, la concentración, la acidez o basicidad, la temperatura de operación, la viscosidad, etc y segundo de las características y las propiedades de retención, de la resistencia de los medios filtrantes y finalmente de las pruebas que garanticen la obtención de los resultados esperados de la filtración y del equipo utilizado.

Por la gran variedad y uso de los medios filtrantes que de acuerdo con la historia ha ido incrementándose, es conveniente primero hacer una clasificación de éstos de acuerdo a:

- el tipo de material usado
- la forma de fabricación
- las propiedades de retención de las partículas a separar
- los mecanismos de separación

- la resistencia a las temperaturas
- la resistencia a la acidez y basicidad
- resistencia a la presión y abrasión

Con lo que se tendrá una perspectiva mas amplia de los tipos de los medios filtrantes existentes en la industria, sus características y propiedades.

Este trabajo tambien consiste en hacer una descripción de los medios filtrantes mas usuales en la industria para así tener una información más amplia de estos a través de tablas que proporcionan los fabricantes en los que se indican las características y propiedades de los medios filtrantes.

Como ya se dijo anteriormente para formarse un criterio para la selección de un medio filtrante es necesario conocer las características de la suspensión y del medio filtrante. En el caso de no contar con esta información es recomendable hacer pruebas como son la permeabilidad, la retención o bien para corroborar esta información.

Como parte final de este trabajo es el de proporcionar al Ingeniero Químico, una metodología de selección, la cual será de gran utilidad en cierto momento de su carrera y/o vida profesional.

b) HISTORIA

Antes de la existencia del hombre ya se contaba con un medio filtrante natural, constituido por las diferentes capas de tierra y piedras porosas formadas en el espesor de la corteza terrestre que filtraban el agua que caía en la superficie de ésta, formando ríos subterráneos y que regresaban a la superficie.

Conforme el hombre hizo uso de su experiencia, inteligencia y buscando satisfacer sus necesidades, aprovechó los medios filtrantes naturales tales como las fibras vegetales, piedras porosas, arena, carbón, grava, etc. para filtrar agua.

Más tarde con el descubrimiento de la fermentación y conjuntamente con la introducción de los telares, los egipcios fueron utilizando telas para eliminar las partículas indeseables que se encontraban en el jugo de uva. Los Cartaginenses conociendo el descubrimiento de los egipcios lo perfeccionaron con la fabricación del filtro a presión con soportes de plata y bronce perforados, usaron telas tejidas como medios filtrantes y así obtuvieron una buena claridad en sus vinos. Con la expansión del Imperio Romano se fueron utilizando los filtros a presión y perfeccionándolos con cerámicas porosas esto permitió una mejor separación de las partículas.

En el transcurso del tiempo el uso de los medios filtrantes ha ido aumentando de acuerdo a las necesidades de solución de problemas de separación de líquidos y sólidos.

En la actualidad existen varios tipos de medios filtrantes, simples como la arena, grava, etc. y complejos como los cartuchos de fibras fenólicas, aceros sinterizados, las telas de diversos tipos de hilos (naturales o sintéticos) y/o tejidos, o por la combinación de estos

como es el caso de las placas de asbesto celulosa de diferentes fibras.

Por lo que para la selección de un medio filtrante se debe conocer básicamente; las características de la suspensión a separar las propiedades del medio, sus mecanismos de separación y sus limitaciones.

ε) TEORIA

En este inciso se presentan los principios básicos de la filtración y del medio filtrante.

Definición de la filtración

"La filtración es una operación unitaria que consiste en separar las partículas suspendidas en un fluido haciéndolas pasar a través de un medio permeable donde las partículas son retenidas;" para efectuar esta separación es necesario usar una fuerza impulsora que puede ser en tres diferentes formas:

Gravedad.- En este caso la fuerza que se utiliza para que el fluido atraviese el medio permeable es la gravedad (presión atmosférica) dando una diferencia de presión entre la entrada del medio filtrante y a la salida de este.

Presión.- Aquí la fuerza impulsora (presión) es mayor a la atmosférica ejerciendo una presión al fluido para pasar a través del medio filtrante y se retengan las partículas, formando lo que se conoce como torta, obteniendo también una diferencia de presión entre la entrada y la salida del medio filtrante.

Vacio.- En este caso la presión es negativa, donde se succiona el fluido para así hacerlo pasar a través del medio filtrante y así se retengan las partículas que se encuentran en la suspensión. La diferencia de presiones en este caso es negativa.

Definición de medio filtrante

"Es un material permeable cuya función es retener las partículas sólidas, sin que se presente reacción alguna con éste".

El medio filtrante puede ser un material poroso, granular o fibroso por lo que las partículas retenidas ocasionan una resistencia al flujo de la suspensión conforme avanza la filtración esta finalizará cuando se agote el volumen disponible a filtrar o cuando se taponee este.

En un sistema líquido - sólido la retención de las partículas en el medio filtrante puede realizarse por tres mecanismos.

A.- Superficie

Es aquel donde las aberturas del medio filtrante son de menor tamaño que las partículas a filtrar, el taponeamiento del medio filtrante es absoluto y se forma en la superficie lo que se conoce como torta. Como se muestra en la figura 1.1.

B.- Profundidad

Este mecanismo a su vez se divide en dos tipos:

a) En el que a través del espesor del medio filtrante las partículas son retenidas debido a los diferentes tamaños de aberturas que forman los canales del medio filtrante.

b) En este mecanismo las partículas llegan a los canales taponeandolos y ayudando a que las partículas de menor tamaño sean retenidas, formando en el espesor del medio filtrante y fuera de éste,

la torta. Como se muestra en la figura 1.2.

En este tipo de mecanismo los sólidos no son recuperables lo que dan como resultado que algunos medios filtrantes no sean reutilizables, estos medios filtrantes por lo general, son de espesor considerable (aproximadamente 2mm).

C.-Electrostático

Finalmente para este tipo de mecanismo en un sistema líquido-sólido, el medio filtrante se carga eléctricamente o cambia su carga debido a la fricción del fluido con éste y retiene pequeñas partículas cargadas electricamente, que de no ser así éstas pasarían libremente. Como se muestra en la figura 1.3.

Teoría de la filtración

La teoría de la filtración en la actualidad ha recibido una mayor atención en la industria, aunque no se ha utilizado como una base exclusiva para el diseño de filtros, es muy valiosa para interpretar los resultados de pruebas en el laboratorio, con el fin de buscar las condiciones óptimas de separación.

El principio básico de la filtración se basa en:

$$q \propto \frac{\Delta P}{R}$$

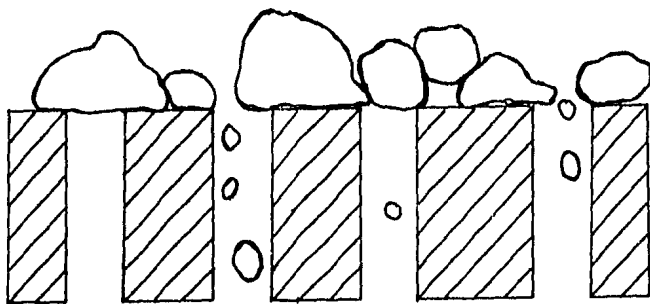


fig. 1.1

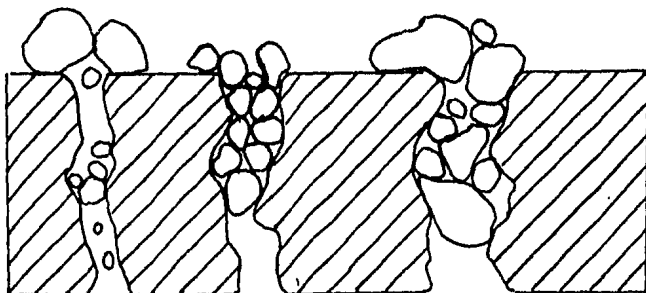


fig. 1.2

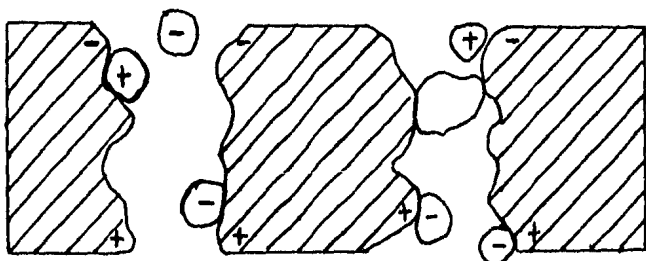


fig. 1.3

Mecanismos de separación de filtración en sistemas líquido sólido

Esta expresión establece que el flujo es directamente proporcional a la diferencia de presión e inversamente proporcional a la resistencia. La resistencia está compuesta por el medio filtrante y la torta (la torta se compone de partículas a granel de formas irregulares las cuales se depositan en el medio filtrante).

Conforme ha ido aumentando la teoría de la filtración se han hecho consideraciones, tales como que los canales que se forman ya sea en el medio filtrante o en la torta ofrecen una resistencia al flujo del líquido como se muestra en la ecuación (2)

$$\frac{dv}{A d\theta} \cong \frac{\Delta P}{\mu (\alpha (w/A + r))} = \frac{2m^1}{m^2 \text{ seg}} \quad (2)$$

La cual expresa el diferencial o índice instantáneo de filtración por unidad de area, como una razón entre la fuerza impulsora, la presión y el producto de la viscosidad por la suma de la resistencia de la torta y la resistencia del medio filtrante.

La velocidad de filtración se puede expresar en términos de la masa de sólidos acumulados (torta seca) quedando como:

$$W = w V = \frac{\rho c V}{1 - mc} = \text{kg} \quad (3)$$

en donde ρ es la densidad de la suspensión, c la fracción en masa de sólidos de la torta en la suspensión y m la

razón de masas de la torta en vía seca.

El trabajo realizado por Poiseuille, basado por la ecuación (1) en el que se introduce que los canales que se forman ya sea en el medio filtrante y en la torta son de forma capilar con un determinado diametro, por el que pasa cierto flujo de líquido a filtrar el cual se encuentra determinado por la ecuación de Reynolds ecuación (4).

$$Re = \frac{4 rH U \rho}{\mu} \quad (4)$$

donde el radio hidráulico del medio filtrante o la torta, es de acuerdo a la porosidad que estos tengan, dada por la siguiente ecuación. (5)

$$rH = \frac{1}{6} \frac{e}{1 - e} D = \quad \text{cm} \quad (5)$$

$$e = 1 - \frac{S}{Sv}$$

Que de acuerdo a estas características se determina la ecuación de Poiseuille, donde el diametro del canal es constante a lo largo y recto quedando la ecuación como:

$$V = \frac{D^2 \Delta P \rho c}{32 \mu L} = \text{m/seg} \quad (6)$$

Quando se efectua una filtración a presión constante de acuerdo con la ecuación (2) se puede integrar, cuando la torta y el medio filtrante son incompresibles, con la relación entre las mediciones

de filtrado y el tiempo total:

$$\frac{\theta}{V/A} = \frac{\mu_a}{2P} \frac{W}{A} + \frac{\mu_r}{P} \quad (7)$$

quedando como;

$$\frac{\theta}{V/A} = \frac{\mu_a \rho c}{2P(1 - mc)} \frac{V}{A} + \frac{\mu_r}{P} \quad (8)$$

Esta ecuación de acuerdo al mecanismo de separación que se efectue puede ser válida para el caso en que la torta se forme en la superficie o en los intersticios del medio filtrante, así para el mecanismo de separación de profundidad se deben usar otras ecuaciones.

El símbolo de α es la resistencia específica promedio de la torta la cual es relacionada con la presión por esta ecuación:

$$\alpha = \alpha' P^s \quad (9)$$

en donde α' es una constante determinada, en gran parte por el tamaño de la partículas que forman la torta o algunos medios filtrantes; s es la compresibilidad de la torta o del medio filtrante, que varía desde cero, cuando son incompresibles (diatomitas, arena, grava) hasta 1.0 cuando son muy compresibles (asbesto).

Cuando la torta se compone de partículas granulares duras, que la hacen rígida e incompresible, un aumento en la presión nos da como resultado ninguna deformación de las partículas o en sus intersticios, de modo que $s=0$ y que al despreciar la resistencia del medio filtrante la ecuación (2) queda como:

$$\frac{dV}{d\theta} = \frac{\Delta P}{\mu \alpha' (w/A)} \quad (9a)$$

por lo que se puede decir que para tortas incompresibles la velocidad de flujo es proporcional al area y a la presión e inversamente proporcional a la viscosidad, a la cantidad total de la torta y a α' .

Por el contrario cuando la torta consiste de partículas extremadamente blandas las cuales se deforman con facilidad, donde s se acerca al valor de 1.0 y despreciando la resistencia del medio filtrante queda la ecuación (2) como:

$$\frac{dV}{d\theta} = \frac{\Delta P}{\mu \alpha' (w/A)} \quad (9b)$$

Estas mismas ecuaciones se pueden aplicar a medios filtrantes tales como: filtro ayudas, carbón activado, arena, grava. Donde la velocidad de flujo ($dV/d\theta$) depende del comportamiento compresibles o incompresibles de estos materiales.

Cuando se efectua la filtración el medio filtrante cumple con un cierto ciclo de oclusión, el cual es determinado por el taponeamiento de sus orificios, que gracias a las investigaciones realizadas por Hermans y Bredes sobre el análisis de flujo de un líquido limpio (ideal) a través de una capa porosa, en la que se tendrá una resistencia constante para una diferencia de presión constante y con el contraste del flujo de una suspensión que contiene partículas sólidas

suspendidas, la cual al filtrarse provoca una resistencia al flujo de la suspensión en la capa porosa, la cual ira incrementándose conforme se acumulen las partículas en ella.

Si se grafica la relación de tiempo contra el volumen de filtrado acumulado a presión constante como se muestra en la siguiente figura 1.4 se observa que cuando se tiene un líquido limpio es una recta, en la que se muestra que se tiene una resistencia constante en el tiempo transcurrido de filtración y en donde para el caso contrario se obtiene una curva, la cual irá cambiando conforme se vaya presentando el ciclo de oclusión en el medio filtrante.

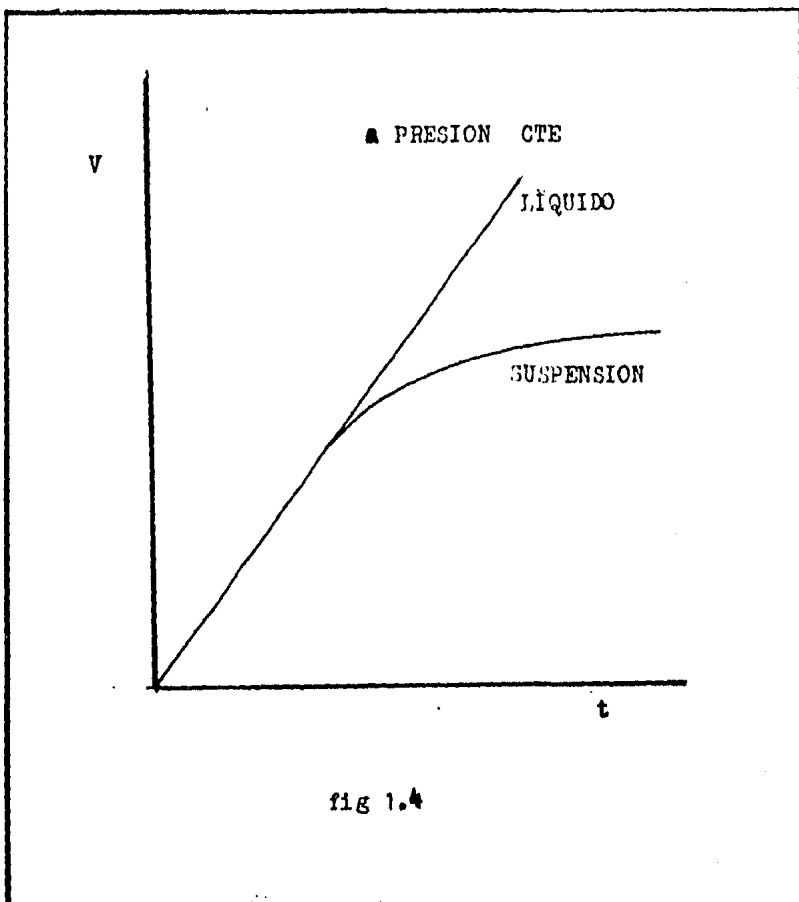


fig 1.4

Hay basicamente dos grandes categorias, dentro de la filtración para su operación.

A. La filtración intermitente ordinaria, la que se caracteriza por ser un ciclo largo, hasta llegar al ciclo de oclusión del medio filtrante, en el cual se interrumpe el flujo para descargar la torta o para efectuar su limpieza.

B. La filtración continua, la que se caracteriza por tener ciclos cortos, donde la torta puede descargarse, mientras el flujo de la suspensión continua.

La categoría que se utilizará para las pruebas de este trabajo, es la filtración intermitente a presión constante.

En la filtración intermitente a presión constante, las variables determinantes en la operación, son el flujo y el volumen de filtrado, quedando constantes la viscosidad μ , la resistencia del medio filtrante r , la resistencia de la torta, la concentración original de la suspensión y la presión, expresadas en la siguiente ecuación (10):

$$\frac{d\theta}{dV} = \underbrace{\frac{\mu R w V}{A^2 P}}_a + \underbrace{\frac{r \mu}{A P}}_b \quad (10)$$

Se puede observar en esta ecuación las características de una recta, la cual se puede emplear para obtener el volumen de filtrado final; si se conoce los datos del flujo mínimo aceptable y del tiempo de filtración deseado.

Donde para comenzar se determinará el flujo final quedando la ecuación como:

$$\frac{d\theta}{dV_f} = a V_f + b \quad (10a)$$

$$V_f = a' (d\theta/dV)_f - b' \quad (10b)$$

$$a' = 1/a = \frac{A^2 \Delta P}{R w} ; \quad b' = b/a = \frac{r A}{R w}$$

y que para determinar el tiempo de filtración deseado se integra la ecuación (10), donde se obtiene una relación entre el volumen total y el tiempo final quedando la ecuación (11a,11b):

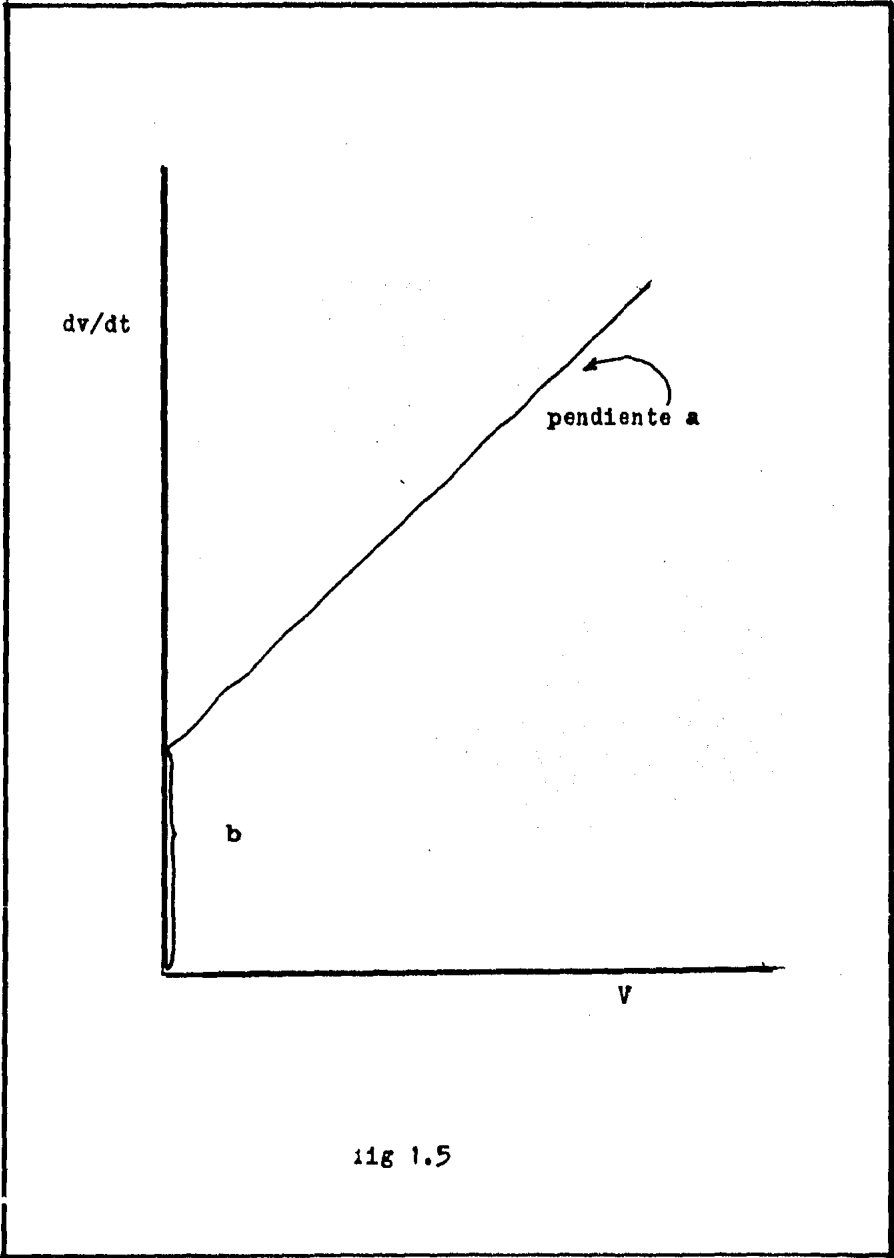
$$t_f = \frac{a}{2} V_f^2 + b V_f \quad (11a)$$

$$V_f = \frac{(2a t_f + b^2)^{1/2}}{a} - b \quad (11b)$$

Cuando se conocen las resistencias del medio filtrante y de la torta se facilita grandemente, obtener el volumen final, pero en el caso contrario al no contar con estas, se grafica la ecuación, dándonos las características de una recta cuya pendiente es "a" y cuya ordenada al origen es "b" como se muestra en la figura 1.5.

La pendiente de la recta es función de la presión como se muestra en la figura 1.6.

Para la selección del medio filtrante es conveniente tomar en cuenta factores que influyen directa o indirectamente en él: por ejemplo la concentración de los sólidos de la suspensión a filtrar ya



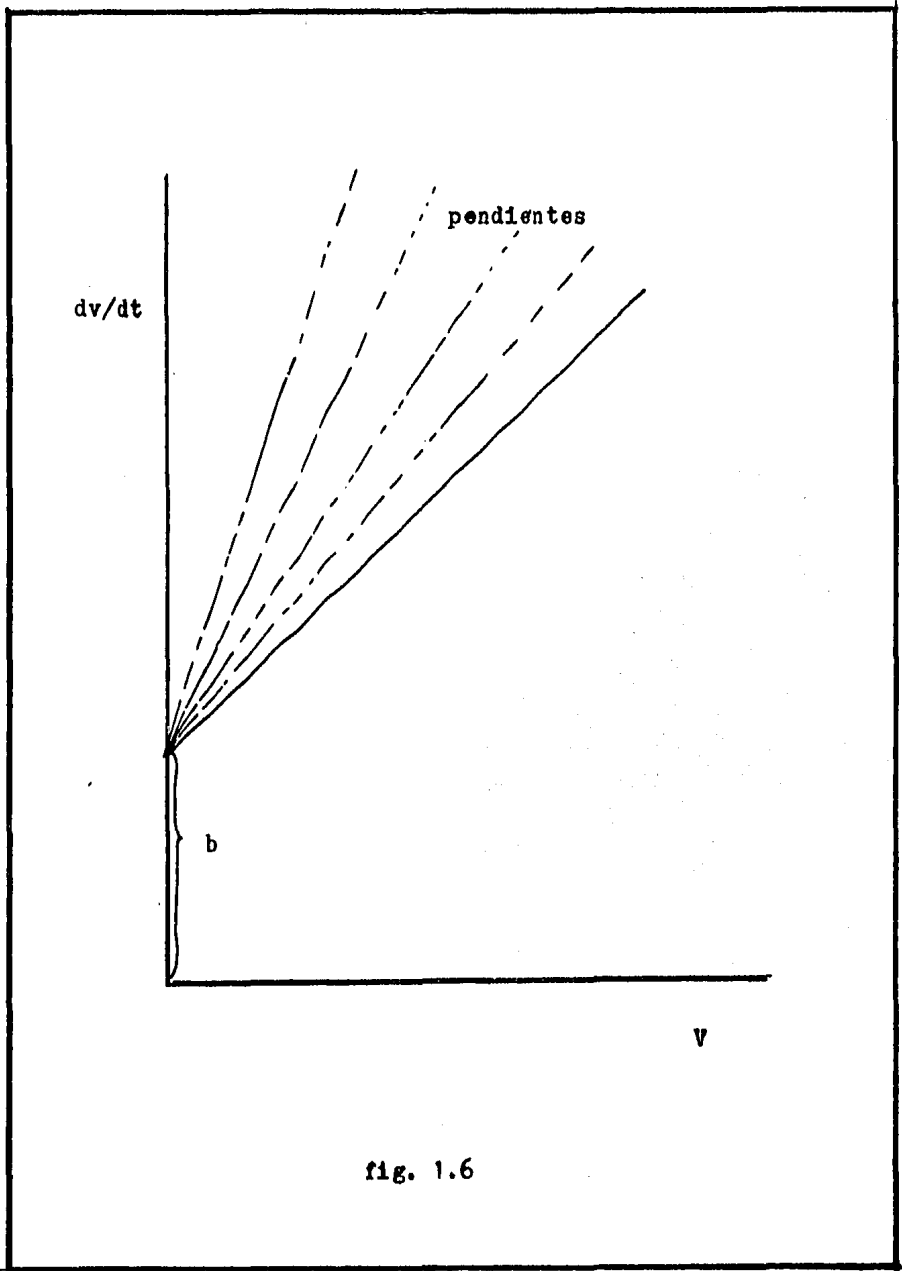


fig. 1.6

que esto en parte determinará la vida de oclusión del medio filtrante, como por ejemplo es la viscosidad del líquido ya que afecta la velocidad del filtrado al pasar a través del medio filtrante y de los sólidos depositados; otro el pH de la suspensión que en consecuencia determinará la resistencia a la acidez o basicidad y finalmente las características de las partículas que determinaran la resistencia a la abrasión.

Un factor importante es el tamaño de las partículas a separar, ya que a su vez determinará el tamaño de abertura del medio filtrante y por tanto sus propiedades de retención; la selección del medio filtrante debe buscar un equilibrio entre un material relativamente abierto que evite taponeamientos y retenga los sólidos y la de un medio relativamente cerrado que evite el paso excesivo de partículas finas y ofrescan una alta resistencia al flujo; en la mayoría de los casos el paso de las partículas se detienen una vez formada la torta ya que esta hará función de retención de otras partículas.

La filtración cumple con tres fines:

1. La recuperación de sólidos y líquidos

Es decir cuando ambos líquido y sólido son el producto deseado en la filtración. El medio filtrante se seleccionará para que cumpla con este fin.

2. Recuperación de sólidos

En este caso se tiene que los sólidos es la parte importante en la filtración, lo que interesa obtener es una torta compacta, que sea fácilmente despredible y contenga un bajo contenido de humedad

3. Recuperación de líquidos

Cuyo objetivo es obtener un líquido con diversos grados de pureza y que bajo ciertas normas dará el grado de clarificación (contenido de partículas en el líquido).

La clarificación puede clasificarse de acuerdo al tamaño de partículas separadas como se observa en la tabla 1.1.

tabla 1.1

tipo de clarificación	Intervalo de separación en micras
Colado	mayores de 50
Clarificación	50 a 10
Pulido	10 a 2
Pulido Ultrafino	1
Esterilización	0.45 a 0.2
Ultrafiltración	menores de 0.1

CAPITULO 2

CLASIFICACION DE LOS MEDIOS FILTRANTES

En este capítulo se dá a conocer la diversidad de medios filtrantes existentes, para así poder hacer una preselección de un medio filtrante tomando en cuenta algunas de sus propiedades y características, las necesidades de la suspensión a filtrar y los resultados esperados.

No se cuenta con una clasificación general de los medios filtrantes debido a la gran variedad de propiedades y características que estos presentan, por lo tanto se harán clasificaciones significativas con las que se puedan obtener una información suficiente para cumplir con el objetivo de este capítulo.

Como se observa en la tabla 2.1 se da una clasificación simple donde se muestra los diferentes materiales de que se dispone en forma natural, fabricados y sintéticos para usarlos directamente como materia prima de otros medios filtrantes. Esto permite ver la gran variedad y disponibilidad de recursos para el uso o fabricación de medios filtrantes

En la tabla 2.2 se presentan los medios filtrantes de acuerdo a los diferentes mecanismos separación tomando en cuenta estos mecanismo y los requerimientos de recuperación de sólidos o líquidos.

En la tabla 2.3 se muestran las resistencias a la temperatura, acidez y basicidad, para los diferentes materiales que se utilizan en la fabricación de los medios filtrantes. En el caso de desear la resistencia de un medio filtrante específico, los proveedores facilitan los datos necesarios, para cumplir con los objetivos de la filtración.

tabla 2.1

Clasificación de los medios filtrantes de acuerdo a su fabricación

NATURALES	gránulos	grava arena diatomita piedras porosas carbón mineral
	fibras	asbesto fibras animales fibras vegetales
FABRICADOS	metalicos	resortes discos aceros sinterizados láminas perforadas mallas metálicas
	fibras	telas o lonas papel filtro placas cartuchos (encordados o aglutinados) fibra de vidrio fibras resinadas fibras sinterizadas
	gránulos	acero sinterizado carbón vegetal cerámica

tabla 2.2

Clasificación de los medios filtrantes de
 acuerdo a su mecanismo de separación

<p style="text-align: center;">SUPERFICIE</p>	<p>láminas mallas partículas sinterizadas papel filtro telas o lonas cerámica vidrio poroso membranas discos alambres</p>
<p style="text-align: center;">PROFUNDIDAD</p>	<p>cartuchos aglutinados cartuchos encordados arena grava carbón activado filtro ayudas fibras de asbesto celulosa fieltros placas de celulosa fibras de vidrio</p>
<p style="text-align: center;">ELECTROSTATICO</p>	<p>asbesto fibra de vidrio</p>

tabla 2.3

Compatibilidades de los medios filtrantes

material	densidad	esfuerzo	abrasión	ácidos	ácidos	álcalis	álcalis	solven-	temp. max.
	relativa	tensión	flexión	débiles	fuertes	debiles	fuertes	tes.	operación
	s.g.	psi 1000							
acetato	1.32	18-24	pobre	B	pobre	pobra	poct	B	180-200
acéflico	1.17	30-54	poco	B	poco	poco	pobre	E	275-300
amimid	1.38	90	B	E	B	B	B	E	428-572
acomid	1.44	400	B	E	B	B	B	E	428-572
CARBÓN	1.5-1.8	1.8	pobre	B	B	B	B	E	1112-1832
algodón	1.54	44-109	poct	poco	pobre	E	E	B	210-240
teftón	2.10	14-31	pobre	E	E	E	E	B	482-536
vidrio	2.5-2.7	313-550	pobre	B	pobre	poco	pobre	E	428-752
metal	4.8-2.7	118-175	pobre	B	B	B	B	B	1100-1700
polietileno	0.92	Bt 11-35	B	E	E	E	E	poco	B 160-175 L 200-220
"	0.95	Lt 30-80							
polipropileno	0.92	30-100	MB	E	E	E	E	poco	190-220
nylon	1.14	62-134	E	poco	pobre	B	B	B	225-275
poliamid	1.04	62	E	poco	poco	E	E	B	195-230
Poliester	1.38	33-168	MB	B	poct	poco	pobre	B	300-350
nyón	1.54	28-88	poco	poco	pobre	E	poct	poco	180-200
lana	1.30	20-29	poco	E	B	poco	pobre	B	180-210
asbestos			poco	poco	B	B	B	B	523
papel	1.54	45	poco	B	B	B	E	B	218
saran	1.69	15-44	B	E	E	E	E	poco	160-180

Envirotech de México

B= bueno

MB= muy bueno

E= excelente

La clasificación de la tabla 2.4 complementa a las clasificaciones anteriores ya que se introduce la propiedad de retención de las partículas, da en intervalos de retención en micras y los mecanismos de separación. Los intervalos de algunos medios filtrantes dependen de las características de fabricación donde estos se detallarán en el capítulo de descripción de los medios filtrantes.

En la tabla 2.5 se muestran los grados de pureza para un filtrado, en determinados intervalos de retención para diferentes medios filtrantes.

Estas son algunas de las clasificaciones con las que se tiene información, aunque se pueden hacer varias clasificaciones por ejemplo de acuerdo a las propiedades tales como la limpieza, rigidez, las cuales se puede observar en el capítulo de descripción de los medios filtrantes.

Tabla 2.4

clasificación de los medios filtrantes de acuerdo a sus propiedades

		medio filtrante	mecanismo	intervalo de retención nominal micras	
METALICOS		Partículas sinterizadas	electrostatico	5 - 100	
		fibras polvo		2 - 60	
		discos		40 - 125	
		resortes		25 - 500	
		alambre		75 - 700	
	mallas	sinterizados		trenza	2 -
				tejido	12 -
				tejido no sinterizado	12 -
	laminas perforadas		depende del tamaño de la perforación		
	desplegadas				
NO METALICOS	FIBRAS	asbesto o celulosa	profundidad electrostatico	0.1-0.25	
		vidrio		0.1-0.25	
		papel filtro	superficie o profundidad	3 - 100	
		placas celulosa		0.1-50	
		fieltro	profundidad	5 - 100	
		empacada		10 - 250	
		telas		25 - 250	
		No tejidos	superficie	10 - 75	
	GRANULOS	cartuchos	aglutinados	profundidad	5 - 150
			encordados		1 - 100
		arena o grava	profundidad	3 - 100	
		carbón activado		0.1-100	
		filtro ayuda		0.1-50	
		plastico sinterizado	superficie	3 - 15	
ceramica		0.2-25			
vidrio poroso	0.1-125				
piedra porosa	5 - 100				

CLASIFICACION DE LOS MEDIOS FILTRANTES tabla 2.5 DE ACUERDO A SU GRAFO DE PUREZA

	colado		clarificación		pulido	pulido ultrafino	esterilización		Ultrafiltración
retención <small>(micras)</small>	50	50	10	10	2	1	0.45	0.2	0.1
100	fibras sintamizadas				5		0.25 asbestos		0.1
60	polvo sintetizado				2		0.25 fibra vidrio		0.1
125	discos		40						
500	Resortes		25						
	mallas		12						
100	papel filtro				3				
	50		placas		celulosa				0.1
100	f. filtros				5				
75	fibras no tejidas				10				
500	telas		25						
100	cartuchos encoñados				1				
150	cartuchos aglutinados				5				
100	arena y grava		30						
100	carbón				activado				0.1
	50		filtro		ayudas				0.1
	25		ceramica						0.2

26

CAPITULO 3
PROPIEDADES DE LOS MEDIOS FILTRANTES

En este capítulo se muestran las diferentes propiedades y pruebas que permiten diferenciar a unos medios filtrantes de otros. Se refieren también a las diferentes características físicas y de operación, donde los fabricantes determinan y reportan en tablas.

Propiedades y Pruebas

Area

Esta es una propiedad básica del medio filtrante, la cual está dada por las crestas y valles que se forman en la superficie de este; esta prueba la realizan los fabricantes por la adherencia de la torta al medio filtrante. (Por lo regular se hacen en filtros verticales).

Compatibilidad

La compatibilidad es la afinidad que debe de tener el fluido y las partículas suspendidas en este con el medio filtrante; es decir, que no debe de haber reacción alguna, ya que de no ser así el medio filtrante pierde varias de sus propiedades.

Los fabricantes proporcionan tablas de compatibilidad de los diferentes materiales utilizados en la fabricación de los medios filtrantes: en caso de no contar con estas tablas o de no tenerlas registradas se recomienda hacerla en forma experimental.

Extractibles

Es una propiedad importante del medio filtrante, en el que se determina el grado de contaminación que sufre el fluido al pasar a través del medio filtrante, esta propiedad se toma en cuenta cuando se requiere obtener fluidos muy puros.

Retención

Se define como la capacidad de un medio filtrante para reducir cierta cantidad del total de sólidos en suspensión de un tamaño de partícula dado, esta retención por lo general es nominal. Se cuentan con dos tipos de retención: una absoluta y otra nominal la primera se refiere a que la eliminación de los sólidos de la suspensión es total; es decir que la retención es de un 100% de un determinado tamaño de partícula y la nominal se considera la que retiene de un 80% a un 90% del tamaño de la partícula a separar.

La retención absoluta se presentan en medios filtrantes tales como: mallas, membranas y láminas perforadas, el mecanismo de separación es de superficie, para los demás medios filtrantes se habla de una retención nominal en los cuales el porcentaje varía conforme avanza la filtración.

En el caso de no encontrar reportados valores de retención para un medio filtrante específico, esta retención se puede determinar experimentalmente mediante pruebas que se describirán a continuación y en donde los resultados se pueden obtener en forma directa o indirecta.

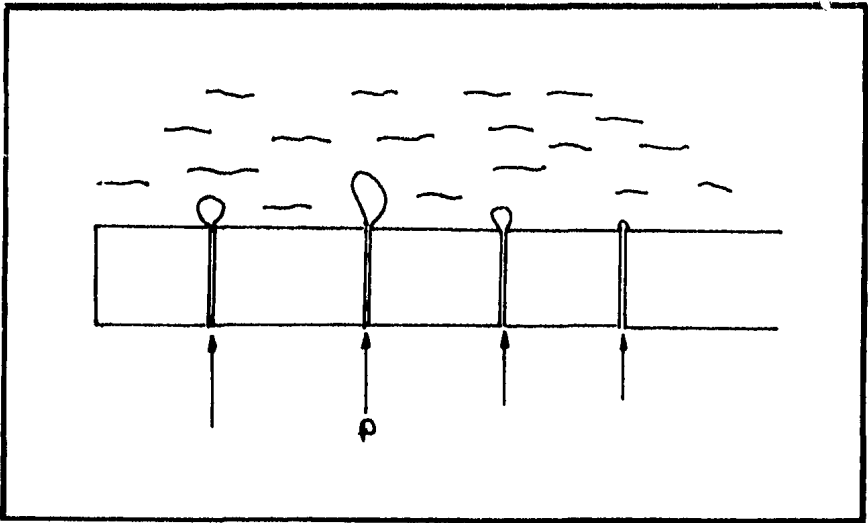
Las pruebas de retención más usuales son:

Arena de Arizona.- Son partículas de un diámetro conocido que se encuentran en suspensión, la cual es filtrada y por diferencia de pesos entre el agregado y el que llega a pasar, se obtiene el porciento de retención de tamaño de partícula.

Esferas de vidrio.- Se utilizan esferas de vidrio de un diámetro dado, las cuales son filtradas y se les determina el paso de las esferas como en la prueba anterior.

Punto de burbuja.- Es el método mas usual y que consiste en medir la presión necesaria para desplazar al líquido de los poros del medio filtrante. La presión leída es inversamente proporcional al tamaño de los poros como se observa en la ecuación (12) y figura 3.1.

$$P = \frac{4 \gamma \cos \theta}{d} \tag{12}$$



Conteo al microscopio.- Consiste en observar al microscopio el tamaño de las partículas retenidas para un medio filtrante dado. Esta prueba es poco usual debido a que el tiempo utilizado para esta, es mayor que en las otras pruebas.

Reto bacteriológico.- Esta prueba consiste en la elaboración de una suspensión bacteriológica de alta concentración y en el tamaño de la bacteria es conocido, el objeto de esta prueba comprobar que no pasan las bacterias cuando fluyen a través del medio filtrante, esta prueba se utiliza solamente para medir la retención de membranas esterilizantes.

Permeabilidad

Es la resistencia al flujo en un medio filtrante la cual depende tanto del tamaño de los poros como del número de poros por unidad de area. En la práctica solo se cuentan los orificios de una parte de la superficie del medio filtrante, la proporción exacta dependerá de las propiedades físicas y/o químicas, así como del método por el que fueron manufacturados.

La medición experimental de la permeabilidad se basa en determinar una caída de presión, cuando se hace pasar un flujo de aire a través del medio filtrante.

Los flujos que se manejan en la filtración por lo general son laminares es decir con Reynolds menores a 2100, regidos por la ley de Poiseuille (ecuación (6)) que considera circulares los canales por los cuales fluye el líquido.

Considerando el area transversal por donde fluye el líquido y multiplicando por la velocidad. Se obtiene el flujo volumetrico como se muestra en la ecuación (13).

$$q = U A = 0.785 U d^2 \quad (13)$$

sustituyendo la ecuación (6) y la ecuación (13) se obtiene la (14)

$$q = \frac{d^2}{32} \frac{P_{gc} A}{L} = \frac{0.0245 d^2 \Delta P_{gc}}{L} \quad (14)$$

Ahora bien, en realidad los canales del medio filtrante no son circulares, sino de diversas formas, por lo que Karman-Kozeny modifican la ecuación anterior de la siguiente manera:

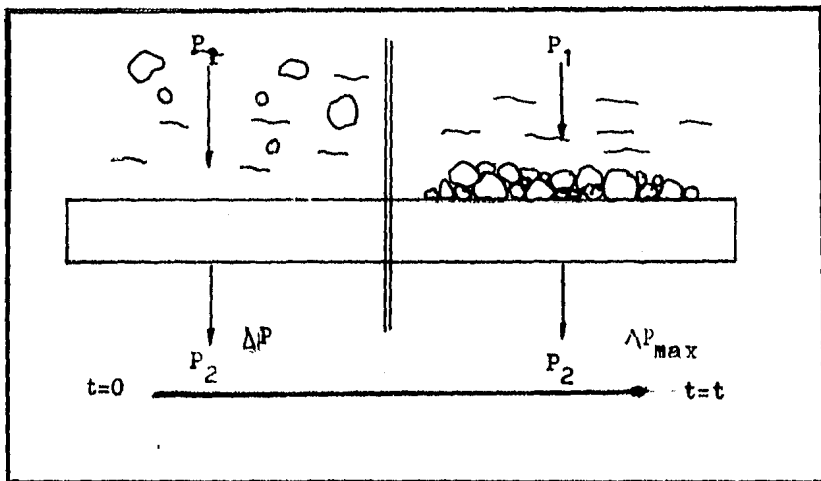
$$q = \frac{e^3}{k S_v^2 (1-e)^2} \frac{A \Delta P_{gc}}{L} \quad (15)$$

Usualmente el primer término y el segundo miembro de la ecuación (15) permanece constante y se considera como el coeficiente de permeabilidad, por lo que el flujo es directamente proporcional a la caída de presión, al area de filtración e inversamente proporcional a la viscosidad del líquido y del espesor de la cama porosa.

$$C_p = \frac{L}{A \Delta P_{gc}} = \frac{e^3}{k S_v^2 (1-e)^2} \quad (15)$$

La presión diferencial máxima (ΔP_{max})

Es la diferencia de presiones entre la entrada y la salida de un medio filtrante limpio, la ΔP es la presión diferencial, pero conforme se obstruye el medio filtrante la presión diferencial comienza a aumentar hasta llegar a un máximo al final del ciclo a ésta se le llama presión diferencial máxima. Como se muestra en la figura 3.2



presión diferencial máxima

fig. 3.2

Porosidad

Es una relación de espacio libre con respecto al volumen total del medio filtrante. Esta prueba es muy inexacta debido a que los poros no son completamente circulares y se tienen ciertas distribuciones nominales, es decir, no se tendrá un tamaño de poro exacto en la superficie del medio filtrante.

Esta propiedad puede sustituirse por la retención, permeabilidad y por la densidad del medio filtrante.

Resistencia a la ruptura logitudinal o transversal

Esta es una medición muy importante ya que se refiere a la homogeneidad en la fabricación de un medio filtrante, se mide por su enlongación y se da en unidades de fuerza (dinas), está es una prueba principalmente para papel filtro y telas.

CAPITULO 4

DESCRIPCION DE LOS MEDIOS FILTRANTES

En este capítulo se describen los principales medios filtrantes utilizados en la industria. Juntamente con la descripción se muestran algunos datos técnicos en tablas las cuales son facilitadas por los fabricantes, donde se observan facilmente algunas de sus pruebas y propiedades, importantes para su selección.

Otros de los puntos importantes en este capítulo es el obtener una relación de costos de fabricación de un con respecto a los otros.

Para comenzar con la descripción de los medios filtrantes se hará de acuerdo a la tabla 2.4, por su fácil identificación.

1.- Metálicos

1.1.- Partículas sinterizadas

La fabricación de este medio filtrante consiste en pequeñas partículas de diferentes aceros como; el inoxidable, al carbón o de aceros especiales, las cuales son sometidas a diferentes condiciones de temperatura y presión de acuerdo, al tamaño de las partículas, al tipo de acero a sinterizar, estas partículas llegan a un remblandecimiento formando un puenteo las cuales al ser enfriadas en ese punto, formando lo que se considera como una esponja rígida.

La forma que presentan principalmente estos aceros sinterizados es el de láminas y cartuchos, los cuales se utilizan generalmente en la filtración de sólidos no compresibles o en líquidos corrosivos, estos son reutilizables si se utilizan agentes químicos que no reaccionen con estos o sino

por retrolavado, ultrasonido o soplado.

En la tabla 4.1 se muestran, algunas propiedades para diferentes tipos de aceros.

tabla 4.1

partículas sinterizadas

Grado	tamaño mínimo de poro micras	retención nominal 98%	esfuerzo mi- nimo a la tensión psi	módulo de elasticidad $\times 10^6$
C	165	55	6,000	1
D	65	22	9,000	1
E	35	12	12,000	1.5
F	20	7	15,000	2.5
G	10	3	15,000	2.7
H	5	2	15,000	3.0

Pall corporation. Ltd.

La desventaja de este medio filtrante, es que su costo de fabricación es muy alto.

1.2.- Láminas perforadas

Son láminas de diferentes materiales según las necesidades, donde el diametro de las perforaciones son función, del tamaño de las partículas a retener.

La retención mínima con que cuenta este medio filtrante es de 75 micras, aunque en la actualidad existen otras técnicas como la del rayo laser, donde se disminuye el diametro de las perforaciones y la retención puede ser menor a la de 75 micras.

Generalmente las láminas perforadas son utilizadas como soporte de otros medios filtrantes como son; filtro ayudas, arena, grava o los núcleos de cartuchos encordados o los de canasta.

1.3.- Mallas metálicas

Para la fabricación de este medio filtrante, se utilizan alambres metálicos dúctiles o de diferentes aleaciones y/o diametros y que de acuerdo al tipo de tejido este determinará el tamaño de partícula a retener. Con este tipo de mallas se obtienen retenciones hasta de una micra y su permeabilidad es alta.

La compatibilidad con sus sustancias corrosivas es buena así como la resistencia a las altas temperaturas (aunque esto dependerá del material usado), presentan una buena superficie para la formación de tortas. Su limpieza de las mallas metálicas es en forma neumática o por retrolavado.

La mallas metálicas tiene dos usos; el primero como ya se dijo como medio filtrante y el otro como soporte de otros por ejemplo de carbón activado, filtro ayudas, asbesto o para sólidos fibrosos en general.

Se cuenta basicamente con cinco tipos de tejidos, los que determinarán la retención de los sólidos.

1.3.1.- Plano

El cual tiene una estructura cuadrada o rectangular con aberturas conocida, con este tipo de tejido las caídas de presión son bajas y el mecanismo de separación es de superficie, la desventaja de su estructura es que no es estable, pero su costo de fabricación es bajo.

1.3.2.- Cruzado

Es muy parecido al tejido plano, la diferencia consiste en que uno de los alambres primero va cruzado sobre dos alambres y después por debajo de otros dos, la ventaja de este tejido, es el de tener una retención similar.

1.3.3.- Trenzado

Este tejido es similar al cruzado, la diferencia consiste en que lugar de usar un solo alambre se utilizan varios alambres dando un tejido similar al de los canastos. Este tejido presenta una resistencia mecánica y con una alta retención de partículas, la desventaja es que sus aberturas no son tan uniformes como en el tejido cruzado.

1.3.4.- Plano Holandés

Los alambres finos de la urdimbre son más largos que los de la trama y estos están muy espaciados pasando sobre y debajo de los de la urdimbre* dando un tejido firme y compacto, con alta resistencia mecánica, con espacios abiertos en forma triangular, por lo que es difícil calcular la retención y los espacios abiertos, salvo por la retención directa de partículas de diámetro conocido.

*conjunto de hilos que se colocan en el telar, paralelamente unos a otros, para formar el pie de una tela.

1.3.5.- Holandés cruzado

Este tejido es muy parecido al plano Holandés, con la diferencia de ser un tejido más denso el cual se logra cruzando un alambre de la trama longitudinal con dos de la trama transversal. La malla más cerrada para este tipo de tejido es de (400 x 2500) con la que se obtiene una retención nominal de 2 micras.

Es fácil el desprendimiento del medio filtrante o de la torta y por su fácil limpieza (retrolavado, vibración, golpe hidráulico o neumático). Su principal uso es como: medio de soporte para el papel filtro, filtro ayudas. La desventaja relativa es su alto costo inicial y que por su larga vida queda compensado.

A continuación se muestra en la tabla 4.2 como la retención son función del número de hilos de la trama y del tipo de tejido ya sea Holandés plano y Holandés cruzado.

tabla 4.2
retención de tejidos plano Holandes y cruzado Holandés

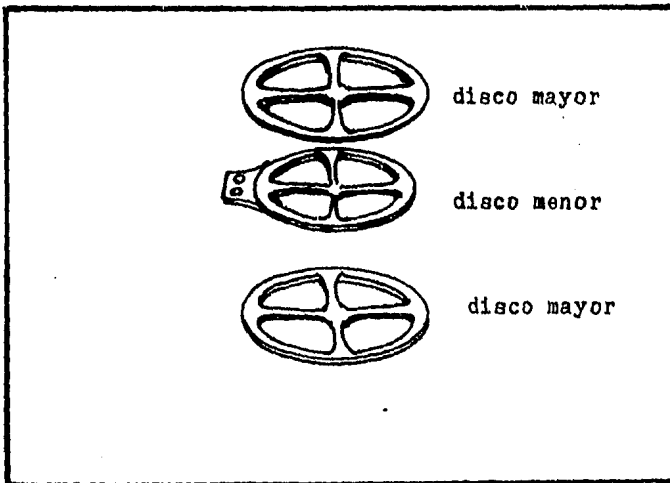
Número de hilos	tipo de tejido Holandés	peso kg/m ²	retención en micras
10x62	plano	0.05	350
12x64	plano	0.037	325
24x110	plano	0.03	140
30x150	plano	0.018	120
50x250	plano	0.018	68
16x200	cruzado	0.03	88
50x700	cruzado	0.013	47
165x1400	cruzado	0.007	17
200x1400	cruzado	0.008	10
400x2800	cruzado	0.042	5

Michigan Wire Cloth Co.

1.4.- Discos

este medio filtrante es de tipo de cartucho y comprende una serie de discos de un espesor calibrado a los cuales se les intercala una serie de discos de menor tamaño llamados cuchillas, estos se empacan en conjunto y se obtiene el cartucho disco.

La retención se localiza entre el disco y la cuchilla. Su principales aplicaciones son para la filtración de líquidos viscosos y líquidos que contengan fibras o sólidos granulares. En la figura 4.1 se muestra la colocación de los discos.



Discos

fig.4.1

1.5.- Resortes

Son resortes localizados en la parte longitudinal de un tubo en el cual al comprimirse se determina el tamaño de las partículas a retener. Aunque es el mas barato de los medios filtrantes metálicos,

estos se deforman facilmente con el tiempo, por lo que su eficiencia en la retención disminuye, la ventaja que presenta es el de ser facilmente limpiables.

2.- No Metalicos

2.1.1.- Fibra de vidrio

Este medio filtrante es muy utilizado en la filtración de gases, el mecanismo de separación es el electrostático, tambien es utilizado en la filtración de líquidos, pero la retención disminuye en una décima parte con respecto a la filtración de gases.

La fibra de vidrio tiene diversas aplicaciones como prefiltro antes del uso de las membranas plásticas o de cartuchos de hilo de fibra de vidrio, para la filtración de sustancias corrosivas y para las altas temperaturas. Se cuentan con tres tipos de fibra de vidrio: La más burda las constituyen las fibras de 6 a 14 micras de tamaño como fibra intermedia con un tamaño de 3,5 a 10 micras y las fibras finas en donde el 95% son de 3 micras y el 5% menores de una micra.

2.1.2.- Fieltros

Este medio filtrante esencialmente es un cojinete, fabricado por el entrelazamiento de fibras sueltas, que por medio de agujas o un agente adhesivo son ancladas a un tejido básico, este medio fil-

trante es utilizado para la filtración de profundidad.

Las propiedades y pruebas de permeabilidad y retención, son función del tipo de aguja, del control de penetración de las agujas, de la cantidad de las capas de fibras ancladas y de las características de la fibra. La porosidad y de la densidad de este medio es función del peso por unidad de area del fieltro, como se puede observar en la tabla 4.3.

Generalmente el fieltro se utiliza para la filtración de líquidos viscosos (pinturas, aceites, etc.) sus principales ventajas son: el costo relativamente bajo y por su reutilización (se puede lavar, retrolavar e incluso se puede remendar), las fibras mas utilizadas para este medio filtrante son: nylon, polipropileno, poliester, nomex, fibra de vidrio y teflo.

tabla 4.3

fieltros					
maerial	clave	peso g/m ²	espesor pulgadas	tejido	permeabi- lidad MCP/p ²
Dacron	101	283	0.026	fieltro	2.0
Dacron	102	283	0.031	fieltro	7.0
Dacron	103	283	0.035	fieltro	17.0
Nylon	301	283	0.030	fieltro	2.0
Nylon	302	283	0.035	fieltro	7.0
Nylon	303	283	0.045	fieltro	13.0

Envirotech de México. S.A. de C.V.

2.1.3.- Telas o lonas

Es el grupo más grande de medios filtrantes debido al gran número de variante que intervienen en su fabricación; con el objeto de poder caracterizar a estos medios filtrantes y por lo tanto se describirán en seguida estas variantes.

A. Forma de la fibra

Que se dividen principalmente en cuatro tipos:

a) Monofilamentos

La fabricación del tejido se hace apartir de un filamento, el cual es recomendable para la filtración húmeda, por ejemplo; para cristales de cualquier tipo, fibras pastosas y de otros materiales semejantes. La desventaja de este tejido es debido a su buena limpieza, en la descarga de la torta.

b) Multifilamentos

El cual consiste de dos o más monofilamentos que se entrelazan dando una cierta regularidad y suavidad, permitiendo la construcción de tejidos cerrados, que dan una retención de partículas finas, estos multifilamentos tienen una gran resistencia a los esfuerzos de tensión; pero presentan la desventaja de que con el tiempo se deterioran.

c) Hebras

Está constituido por fibras cortas que se cruzan formando un hilo que el cual es tejido , este es de una gran permeabilidad. Con los grandes flujos se obtiene una retención máxima de sólidos.

c) Combinados

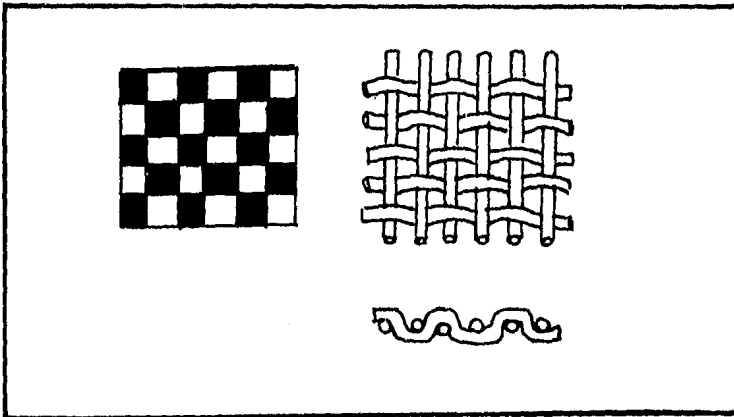
Es la combinación o mezcla de dos o más tipos de hebras, multifilamentos o monofilamentos.

B. Tipos de tejidos

Se cuenta principalmente con tres tipos de tejidos.

a) tejido plano

El tejido plano es el más simple de todos los tejidos, es fuerte y durable. Los hilos van en una sola dirección formando un ángulo recto con otros que van alternando pasando por arriba y luego por abajo, como se muestra en la figura 4.2



tejido plano

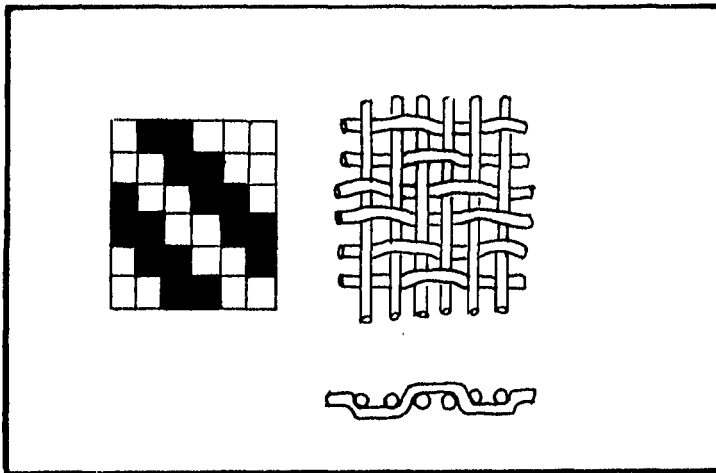
fig. 4.2

El tejido plano es el más barato y se obtiene una alta retención por lo que fácilmente se taponéa, éste tejido es de baja porosidad.

b) tejido cruzado

El tejido cruzado es muy similar al anterior, solo que en uno de sus hilos va cruzado sobre dos hilos y debajo de otros dos, dando un tejido de forma diagonal como se muestra en la figura 4.3.

Con este tipo de tejido se tiene una alta flexibilidad y una mejor resistencia mecánica que en el tejido plano, con menor posibilidad de saturación y una buena permeabilidad.

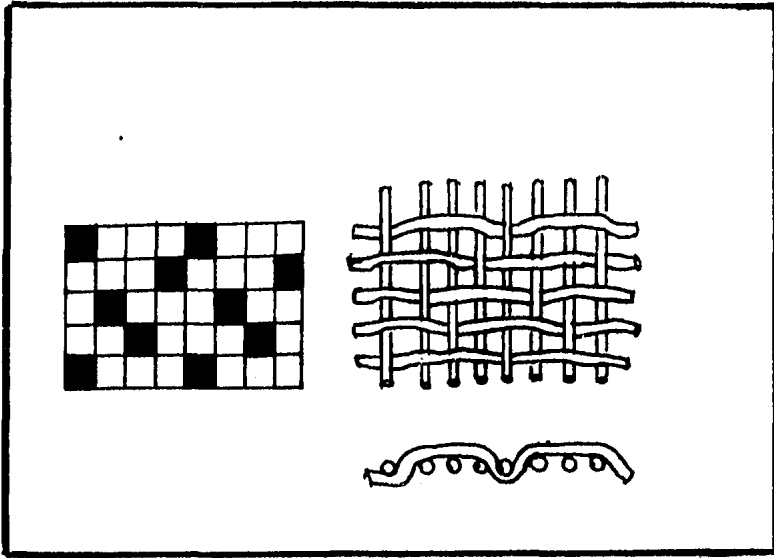


tejido cruzado

fig. 4.3

c) tejido satín o raso

El tejido más complejo, ya que se entrelazan los hilos, obteniendo en forma alternada como se muestra en su superficie lisa, su retención es baja, pero presenta un buen desprendimiento de la torta. Como se muestra en la figura 4.4.



tejido satín

fig 4.4

d) sarga

El tejido es parecido al satinado, tiene una buena resistencia mecánica alta flexibilidad, con poca posibilidad de saturación y de buena permeabilidad.

A continuación se muestra en la tabla 4.4 algunas propiedades clasificadas de bueno (1), regular (2), pobre (3), para estos tipos de tejidos

tabla 4.4

propiedades de los tejidos plano, cruzado, satín

tejido	plano	cruzado	satín
propiedad			
flujo	3	2	1
retención de partículas	1	2	3
descarga de la torta	2	3	1 -
mínima tendencia a cegarse	1	2	3

P&S Filtration Inc. EIMCO

C. Naturaleza de la fibra

En la siguiente tabla 4.5 se muestra, la naturaleza básica de las principales fibras utilizadas en el mercado y su clasificación.

D. Acabado

En el terminado que se le da al tejido, puede ser blanqueado, afelpado acabado con resinas, el acabado determina una cierta propiedad o característica de la fibra.

E. Resistencia

Es una propiedad que debe de tener la fibra con la solución a filtrar y las partículas a separar, en la tabla 2.4 se muestran las principales resistencias que se toman en cuenta para las principales fibras.

tabla 4.5

CLASIFICACION DE FIBRAS TEXTILES

FIBRAS NATURALES			FIBRAS HECHAS POR EL HOMBRE						
VEGETALES	ANIMALES	MINERALES	REGENERADOS			SINTETICOS			
ABACA	PELO	ASBESTO	CELULOSA	PROTEINAS	MINERALES	ACETATOS			
ALGODON	LANA					RAYON	ALBUMINA	VIDRIO	ACRILAN
HENEQUEN						VISCOSA	ALGINATOS	METALES	DACRON
YUTE							KERATINA		NYLON
						ORLON			
						POLIETILENO			
						POLIESTER			
						POLIPROPILENO			
						TEFLON			

F. Número de hilos

Es otra de las variantes que tiene este medio filtrante, donde está afecta directamente en la propiedad de la permeabilidad como se apreciará en las tablas para cada tipo de fibra, que conforme a un mayor número de hilos ya sea en la urdimbre o en la trama transversal, disminuye la permeabilidad y aumenta la retención de las partículas.

A continuación se describen las principales fibras que se utilizan para los medios filtrantes tejidos, algunas de sus propiedades y sus ventajas y desventajas de uso.

Algodón

Está es la fibra mas utilizada como medio filtrante y de gran aplicación debido a su bajo costo. Con está fibra se obtiene un magnífico esfuerzo mecánico, buena resistencia a la abrasión y a la degradación térmica.

Su desventaja es el de ser atacada facilmente por ácidos débiles calientes o concentrados en frio y el enconjimiento del tejido que trae como concecuencia el de que la resistencia cambia. Es la tabla 4.6 se muestra como cambia la pérmeabilidad conforme cambia el número de hilos.

tabla 4.6

clave	peso g/m ²	número de hilos	fibra	tejido	permeabilidad CFM/ft ² a 5' de H ₂ O
1	511	64x38	hebras	cruzado 2/2	2.95
3	511	36x25	hebras	cruzado 2/2	12.63
105	169	-----	hebras	cruzado 2/2	14.0
8	310	48x28	hebras	plano 1/1	4.12
100	131	44x27	hebras	zarga	14.0

Envirotech de México. S.A. de C.V.

Nylon

El nylon es la fibra más utilizada para este tipo de medio filtrante, debido a su alta resistencia a la abrasión y a su tenacidad, está fibra es de un monofilamento continuo y se puede utilizar en las otras tres formas de fibra, presenta una buena resistencia a los álcalis y buen esfuerzo a la tensión. Su superficie rugosa es excelente para la adherencia de la torta. Otra ventaja con la que se cuenta, es el tener una gran elasticidad, la cual es importante ya que el medio filtrante constantemente sufre flexiones. La desventaja es que se degrada con los ácidos minerales concentrados en caliente y los agentes oxidantes. En la tabla 4.7 se muestra la fabricación del medio filtrante.

Poliéster

Esta fibra tiene buena resistencia a los ácidos excepto al ácido nítrico y sulfúrico concentrados; tiene buena resistencia a la mayoría de los agentes oxidantes y trabaja muy bien con la mayoría de los solventes orgánicos; sin embargo los álcalis a altas temperaturas las disuelve. En la tabla 4.8 se muestra la fabricación del

medio filtrante.

tabla 4.7

Nylon

clave	peso g/m ²	número de hilos	fibra	tejido	permeabilidad CFM/ft ² a 5"deH ₂ O
301	490.	66x30	multifi-	plano	5.51
302	230.	54x41	lamente	zarga	24.0
308	920	50x45	"	plano	10.0
305	209	60x42	"	plano	26.72
333	233	35x26	hebras	plano	78.38
401	295	54x39	hebras	plano	7.09

Envirotech de México S.A. de C.V.

tabla 4.8

Poliester

clave	peso g/m ²	número de hilos	fibra	tejido	permeabilidad CFM/Ft ² a5"deH ₂ O	
208	261.	48x37	hebras	zarga	18.0	
211	175	88x58	hebras	plano	17	
216	445	38x31	hebras	zarga	48	
736	113	254x124	multifi-	cruzado	0.8	
737	113	216x218	lamente	"	cruzado	5.0
747	184	112x80	"	cruzado	1.5	

Envirotech de México S.A. de C. V.

Polipropileno

Con la fabricación de esta fibra se está desplazando a las fibras de polietileno y nylon debido a su baja densidad con respecto a las demás fibras lo que dá una mayor area por kilogramo de fibra usada, lo cual repercute indudablemente en los costos. Está fibra cuenta con una buena resistencia a la abrasión y a la flexión. Es practicamente inerte con los ácidos y álcalis excepto con el ácido nítrico.

El polipropileno se obtiene en la forma de monofilamento continuo o hiladura, con esto se permite que su superficie fina tenga una buena descarga de la torta.

Polietileno

Con el polietileno se utilizan las fibras de monofilamento para tejidos de baja densidad y el de multifilamentos para tejidos de alta densidad.

Su resistencia a la abrasión es regular, las tortas que se forman en el tejido son facilmente desprendibles debido a su superficie lisa. Tiene gran resistencia a los solventes orgánicos y los agentes oxidantes a temperatura ambiente, a temperaturas mayores a los 65°C no tiene buena resistencia.

Existe una fibra que se llama polietileno de alta tensión, que es fabricada con una resina básica hecha del etileno la cual se polimeriza a baja presión. El polietileno de alta tensión es muy similar al convencional fibra de polietileno; sin embargo, resiste temperaturas de 90°C. El polietileno de alta tensión tiene una resistencia química superior, a altas presiones y una excelente resistencia a los ácidos orgánicos, minerales, álcalis, solventes orgánicos y a los agentes

oxidantes. En la tabla 4.9 se muestra su fabricación.

tabla 4.9

polietileno

clave	peso g/m ²	número de hilos	forma	tejido	permeabilidad CFM/ft ² a 5"deH ₂ O
801	210	100x36	monofila- mento	plano	300/350
802	263	105x40	"	plano	100/150
803	321	112x48	"	plano	50/80
805	497	72x26	"	satín	400/500
806	380	60x24	"	satín	500/600
807	467	67x28	"	satín	250/300

Envirotech de México. S.A. de C.V.

Acrílico

Esta fibra tiene buena resistencia a la mayoría de los ácidos minerales, orgánicos y agentes oxidantes y excelente resistencia a los solventes orgánicos. Esta fibra se utiliza en forma torcida y en multifilamento de 0.005 a 0.006 pulgadas de diámetro y 47 pulgadas de longitud. Se ha usado satisfactoriamente en la filtración de solventes, pinturas, barnices y aceites minerales. En la tabla 4.10 se muestra su fabricación.

Fibra de vidrio

Se emplean dos métodos para la fabricación de fibra de vidrio, el de fibra de multifilamento y el de hebras. Para el proceso de la

fibra continua la longitud del filamento continuo es de 8 a 15 pulgadas. Esta fibra tiene buena resistencia a la mayoría de los ácidos minerales a altas temperaturas excepto para los ácidos fluorhídrico, el ácido fosfórico en caliente y los álcalis fuertes.

tabla 4.10

Acrílico					
clave	peso g/m ²	número de hilos	forma	tejido	permeabilidad CFM/ft ² a 5" de H ₂ O
504	192	68x42	multifi- lamento	plano	2.74
505	132	58x44	"	plano	9.41
506	385	58x30	"	plano	11.13
516	401	58x36	"	plano	68.20

Envirotech de México. S.A. de C.V.

Saran

Su resistencia a la abrasión y a la tensión se puede clasificar de regular a mala. Aunque tiene una gran resistencia a los ácidos, a la mayoría de los álcalis, excepto el hidróxido de amonio; al igual que el polietileno tiene una gran superficie lisa que permite que la torta se desprenda fácilmente, la temperatura máxima de operación para esta fibra es de 100°C.

Orlon

Es un polímero de acronitrilo, generalmente la fabricación de esta fibra es por multifilamento y por hebras. El polímero de acronitrilo tiene una excelente resistencia a ácidos minerales y es pobre a los álcalis, el orlon es un termoplástico el cual resiste temperaturas de 232°C.

2.1.4.- Cartuchos

Este tipo de medio filtrante, su mecanismo de separación es de profundidad, en este medio filtrante los sólidos no son recuperables, por lo que los cartuchos se consideran como desechables; se tienen dos tipos diferentes de cartuchos:

A. Cartuchos aglutinados

Los cartuchos aglutinados son fabricados con fibras, en las que se les da un arreglo ciclíndrico tubular, obteniendo un gran espesor en la pared, las fibras más utilizadas son las naturales (algodón, lana) o sintéticas (acrílico, poliéster, fibra de vidrio, orlon, rayón) donde estas fibras se le aglutinan con diferentes resinas como puede ser la fenólica, melanina, etc.

El propósito de la combinación de una fibra con una resina es para obtener una mayor resistencia a las altas temperaturas (121°C) a los diversos productos químicos y al esfuerzo de tensión.

La retención de las partículas está dada en función del tamaño de las fibras que se utilicen así como la cantidad de estas. Gene-

ralmente los intervalos de retención nominal para los cartuchos aglutinados es de 150 a 50 micras,

Este tipo de cartuchos se utilizan para la filtración de fluidos que tengan un bajo contenido de sólidos, su variedad de aplicación abarca desde agua potable, agua cruda (viscosidades bajas) hasta aceites, pinturas, emulsiones, barnices (de viscosidades altas). En la figura 4.5 se muestran los cartuchos aglutinados.

Las medidas para este tipo de cartucho por lo general son de 2" a 2 1/2" de diámetro exterior, de 1" en el diámetro interior y de longitudes de 9 3/4" hasta 40".

B. Cartuchos encordados

La fabricación de los cartuchos encordados es con base en las fibras naturales o sintéticas y la forma de la fibra, las cuales son embobinadas sobre un núcleo rígido de metal o plástico perforado, por medio de capas sucesivas de la fibra; se crean cientos de canales en forma de diamantes, donde las partículas micrónicas son atrapadas. Cuando se efectúa el embobinado la fibra es cepillada para obtener una alta eficiencia de retención en la filtración de la suspensión, obteniéndose así un filtro de profundidad ya que la filtración se efectúa a través del cartucho y no solamente sobre la superficie. De esta manera gran cantidad de los contaminantes son retenidos en el elemento, sin que haya un aumento súbito de la presión causada por el taponeamiento en la superficie o a través del espesor. Los intervalos de retención nominal para este tipo de cartuchos va desde 100 micras a 0.5 micras.

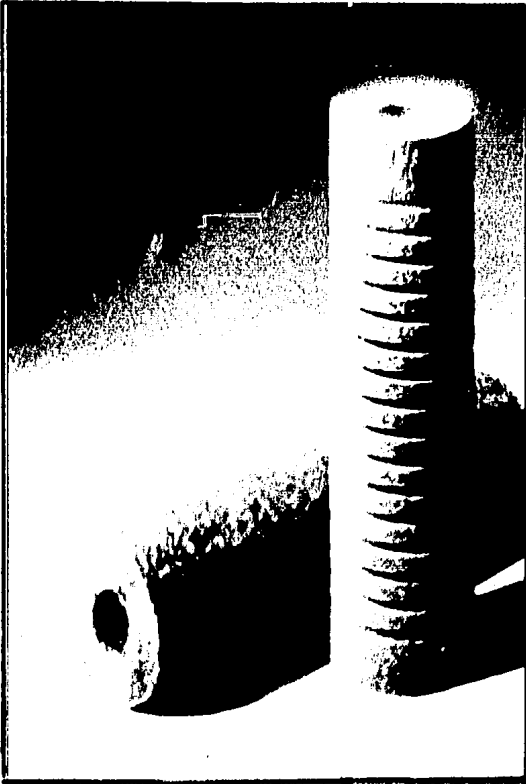


fig 4.5
cartuchos aglutinados

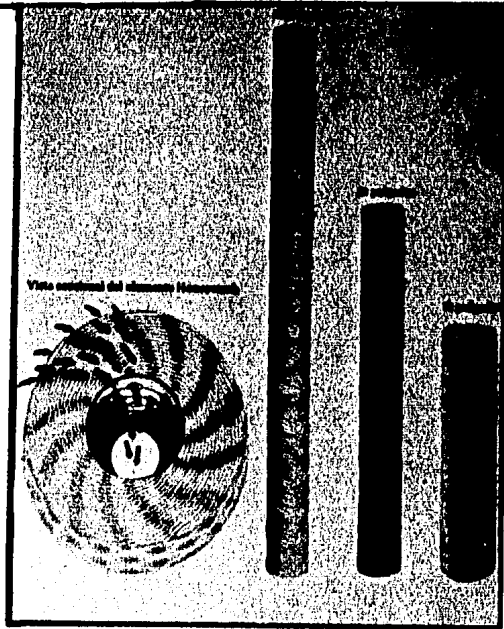


fig. 4.6
cartuchos encordados

Como ya se dijo anteriormente se cuenta con una variedad de fibras y núcleos, los cuales deben de ser compatibles con la suspensión a filtrar. Para la fabricación de los cartuchos se cuentan con fibras como: el algodón, viscosa, rayón, orlon, fibra de vidrio para las altas temperaturas, nylon, poliéster, polipropileno y de núcleos adecuados como lámina estanaada, de acero inoxidable y de propileno. En la figura 4.6 se muestra al cartucho encordado.

2.1.5.- Membranas

Las membranas es el medio filtrante más cerrado y trabaja para el area de la esterelización y ultrafiltración; estas consisten esencialmente en una película muy delgada con poros extremadamente finos y de alta permeabilidad, sin embargo su capacidad de carga es bajísima, con lo que se llega a utilizar en bajas concentraciones.

En la actualidad se cuentan con membranas diferentes materiales como triacetato de celulosa, teflón y celulosa, la aplicación principalmente es para la esterilización de medicamentos, en la de bebidas, en general líquidos que se introducen al cuerpo humano.

En la siguiente tabla se muestran los diferentes materiales con los que se fabrican las membranas, sus propiedades y aplicaciones para cada tipo
tabla 4.11

tabla 4.11

membranas

clave	material	tamaño de poro micras	punto de bur- buja kg/cm ² (psi)	temp. op. max. °C	espesor micras
GA-8		0.2	3.16(45)	93	130
GA-7	triace-	0.3	2.39(34)	93	140
GA-6	tato de	0.45	1.83(26)	93	150
GA-11	celulosa	0.8	0.98(14)	93	150
GA-3		1.2	0.70(10)	93	150
GA-1		5.0	0.28(4)	93	150
V-300		0.2	1.69(2.4)	82	178
V-450	copoli-	0.45	1.27(18)	82	178
V-800	mero	0.8	0.56(8)	82	305
V-1200	acrili-	1.2	0.46(6.0)	82	305
V-300	co	3.0	0.18(3.5)	82	305
HT-100		0.1	5.06(72)	100	110
HT-220	políme-	0.2	2.53(30)	100	130
HT-450	ro aromá-	0.45	1.54(22)	100	130
HT-650	tico	0.65	0.9(13)	100	150
TF-200		0.2	1.06(13)	100	175
TF-450	teflón	0.45	0.49(7)	100	175
TF-1000		1.00	0.14(3)	100	150

Ultrafiltración, S.A.

2.1.6.- Papel filtro

El papel filtro está constituido por incontables fibras de celulosa pura de una longitud de 30 micras las cuales se entrelazan dejando espacios o poros de un cierto tamaño, a estas fibras se les agregan resinas para obtener un cierto control de espesores, compactación y homogeneidad.

El papel filtro es uno de los medios filtrantes más conocidos ya que se utilizan en el laboratorio para pruebas de cuantificación y en la industria se utiliza para la filtración de pinturas, refrescos, productos farmaceuticos, etc.

Sus espesores van de 0.006 a 0.05 pulgadas, el mecanismo de separación es de superficie, la retención nominal que va de 3 a 100 micras, tiene una gran resistencia a los ácidos, álcalis y a la tensión.

Los papeles filtro industriales se dividen basicamente en dos tipos:

-lisos

-crepe o corrugados (donde aumenta su area de filtración por sus crestas y valles)

Los más usuales son los de celulosa blanqueada, aunque que son más baratos que los de sin blanquear. En algunos casos se les agrega otras fibras como; viscosa, fibra de vidrio, para así obtener una mayor retención y resistencia mecánica.

En la siguiente tabla 4.12 se muestra las características del papel filtro a diferentes grados de fabricación.

tabla 4.12

papel filtro

clave	material	retención nominal	resistencia en húmedo
S-913	celulosa blanqueada	1	alta
S-305	"	3	media
S-915	"	4	alta
S-310	"	4	media
S-938	"	12	alta
S-933	"	22	alta
S-917	"	25	alta
S-621	"	30	media
S-252	viscosa	35	muy alta
S-251	viscosa	50	muy alta
S-226	viscosa	100	muy alta

Columbia Filter. Co. de México.

2.1.7.- Placas

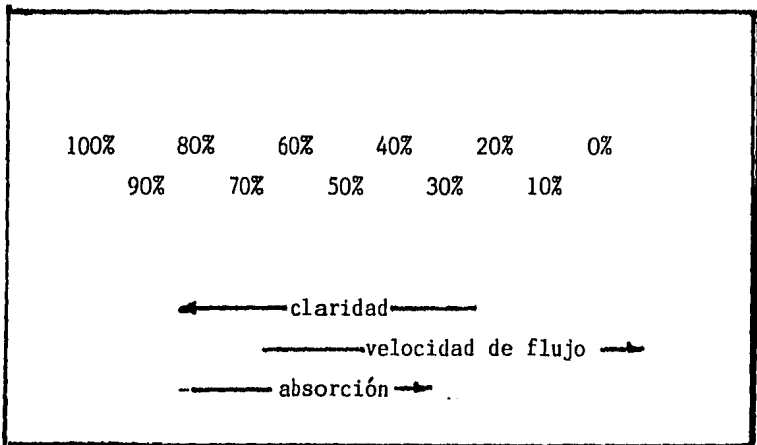
Para la fabricación de las placas se utiliza una combinación de fibras como las de asbesto - celulosa, estas funcionan como pegamento, su mecanismo de separación es de profundidad, los espesores van de 2 a 6 mm.

El asbesto es un mineral que se encuentra en la naturaleza, en diferentes formas, el más adecuado para este tipo de operación es la crisolita (es un silicato de magnesio hidratado) aunque está contiene impurezas las cuales se disuelven con ácidos.

La cantidad de asbesto que regularmente contiene una placa es de un 5 a 45% como se muestra en la figura 4.5, la que junto con la fibrilación y la finura de las fibras son las variantes del tipo de porosidad en la placa.

En la actualidad las placas de asbesto - celulosa, no tienen uso en la filtración de medicamentos, bebidas, en general para las sustancias que entran en contacto con el hombre, ya que provoca ciertas enfermedades.

Se hacen combinaciones como las de asbesto - carbón activado, asbesto - diatomitas, etc. con esto se obtiene, mayor eficiencia en sus propiedades.



flujos relativos de placas de asbesto - celulosa

fig. 4.5

Las principales aplicaciones de estas placas, son para la utilización de prefiltros para pulido ultrafino de vinos, licores perfumes, para la filtración de aceites de transformadores.

2.2 Gránulos

Existen tres diferentes formas para que se utilizan los medios filtrantes granulares.

a) Se utiliza como una precapa de un medio filtrante o de medio de soporte, la función de esta precapa, es evitar el paso de partículas finas las cuales pueden ser retenidas en la precapa y que haya una buena permeabilidad.

b) Capas profundas (arena, grava), es con el objeto de tener en el medio filtrante un mecanismo de separación de profundidad o que al momento de entrar en la suspensión en contacto con el medio filtrante éste absorba el color u olor, por ejemplo carbón activado.

c) En forma de aditivo (filtro ayuda) el cual se encuentra en la suspensión a filtrar, su función consiste en facilitar el flujo de la suspensión, aumentar la porosidad ya sea del medio filtrante o de la torta que se va formando y con el objeto de dar una mayor vida al medio filtrante.

Un medio filtrante granular puede funcionar simultáneamente en estas tres formas.

2.2.1.- Arena grava

El mecanismo de separación de este medio filtrante es exclusivamente de profundidad, donde las eficiencias de sus propiedades son función de la relación de la altura de la cama y del tamaño de las partículas (ya sea de grava o de arena) por ejemplo si se tiene una altura de cama grande y el tamaño de las partículas son pequeñas, se tendrá una mayor retención de sólidos, pero la permeabilidad es baja y una gran dificultad en su limpieza, en el caso contrario donde las partículas son grandes y la altura de la cama es pequeña, se tendrá una buena permeabilidad pero la retención será deficiente. Por lo tanto se debe de encontrar una altura adecuada de la cama y el adecuado tamaño de las partículas, para que sus propiedades tengan una buena eficiencia; hay que hacer la aclaración que con este medio filtrante los sólidos no son recuperables.

En este medio filtrante se utiliza principalmente en la filtración de agua cruda antes de su tratamiento, su limpieza se puede efectuar por retrolavados, por calcinación de los sólidos retenidos, por lo que es un medio filtrante reutilizable.

2.2.2.- Carbón activado

Se utiliza basicamente por dos razones, la primera es el poder utilizarse como un mecanismo de profundidad y la segunda es su propiedad de absorción, se cuentan con dos tipos básicos de gránulos de carbón activado.

granular.- Frecuentemente se utiliza en camas para una filtración de profundidad, donde al igual que en la arena y grava sus propiedades de retención son función de la altura de la cama y del tamaño de la partícula.

polvo.- El cual se puede utilizar junto con un filtro ayuda disueltos en la suspensión a filtrar, en la que se utiliza su propiedad de absorción para decolorar y deodorizar la suspensión.

El carbón activado en la naturaleza se encuentran en dos formas;

mineral.- El cual es tratado con ácidos clorhídrico, fosfórico, luego lavado y después neutralizado, dando una dureza mayor que al carbón vegetal, este carbón activado mineral es reutilizable cuando se trata con vapor después de haber cumplido con su función, una limitante que presenta es que conforme se regenera pierde su propiedad de absorción y que puede llegar a deshacerse.

vegetal.- Este se fabrica de la calcinación del aserrín de la madera y es tratado en la misma forma que el carbón mineral, su fragilidad es muy alta, lo que se reflejará en la filtración ya que al aplicar una cierta presión, el carbón vegetal se fragmenta y puede ser arrastrado con el filtrado, donde su eliminación sería muy difícil.

2.2.3.- Cerámica

La fabricación de este medio filtrante es muy parecida al de los aceros sinterizados, sus propiedades son evaluadas de acuerdo a su resistencia al ataque químico, a las altas temperaturas (1000°C) y su bajo costo.

La cerámica tiene dos diferentes presentaciones; una como platos perforados, con una retención que alcanza a las 2500 micras; la otra de importancia en la industria actual debido a su forma cilíndrica o como cartucho poroso, en la que se obtiene una retención de partículas mas finas como se muestra en la tabla 4.13

tabla 4.13

cerámica

grado	diametro de poro en micras	% porosidad	permeabilidad a 2" de H ₂ O CFM/ft ²
5	20	50	0.4
10	35		3.5
20	60		8.0
30	90		25.0
40	130		35.0
60		47	80.0

Schumacher Filters Ltd.

Su limpieza se puede efectuar por diferentes métodos como; retrolavado, ultrasonido, por agentes químicos y por retrosoplado.

2.2.4.- Filtro ayuda

Los filtros ayudas son materiales finamente divididos los cuales deben ser inertes con la suspensión a filtrar, que no sean compactables, compresibles y que sus partículas ya sean fibrosas o de formas irregulares, que formen una torta porosa de 80% a 90% de espacios libres y así obtener una alta permeabilidad para que retengan los sólidos de la suspensión. Otras de las características que debe de cumplir un filtro ayuda es el de ser ligero.

Los principales filtro ayudas usuales son;

- 1.- Asbesto celulosa
- 2.- Perlita
- 3.- Diatomita

Asbesto celulosa

Estas fibras tambien pueden funcionar en forma independiente pero tienen diferentes propiedades mecánicas; cuando se combinan las fibras tambien se combinan los tamaños de las fibras dando valores satisfactorios en retención, permeabilidad y clarificación.

Perlita

La perlita se forma a partir de la erupción de un volcán, donde la lava es enfriada rápidamente en el agua formando una roca densa y vidriosa, la cual se somete a operaciones de rompimiento, molienda, criba, para así obtener piedras de diferentes tamaños, para luego

calcinarlas y vaporizarlas, en este proceso la perlita aumenta su tamaño en 20 veces.

Debido a su expansión tiene una baja densidad aproximadamente un 20% a 30% menor que las diatomitas; esta expansión se puede observar en la tabla 4.14

tabla 4.14
expansión de la perlita al calcinarla y vaporizarla

Intervalos en micras	0-5	5-10	10-20	20-30	30-50	50-100	100
grados							
CR	3%	4%	8%	6%	19%	34%	24%
1	4	4	10	8	20	30	24
2	7	9	29	12	17	12	14

British Ceca Co. Ltd.

Su limitación es que solo es satisfactorio en un pH de 4 a 9 la perlita se utiliza como precapa de un filtro y puede ser un filtro ayuda.

Diatomita

La diatomita o tierra diatomacea, está compuesta de esqueletos silicosos de plantas acuáticas microscópica que se depositaron en el océano en la era del mioceno.

Las diatomitas crecen en tres diferentes formas; natural, calcinado

y calcinación flux.

Natural

No tiene un tratamiento especial sino que proceden con las siguientes operaciones; molienda, tamizado y secado, quedando con una estructura rígida.

Calcinación

En este caso se calcina la diatomea con el fin de obtener una mayor permeabilidad y se proceden con las mismas operaciones que la natural.

Calcinación Flux

En este caso la diatomita se calcina por medio de un agente fundente como la soda ash cuyo efecto es disminuir su densidad y hacerla más ligera; en un principio la diatomita contiene de un 20 a 40% de agua.

La calcinación de la diatomita provoca un aumento en su tamaño, pero con la misma superficie de contacto, con lo que se obtiene un filtro ayuda de una alta permeabilidad más ligera y de igual porosidad.

El filtro ayuda generalmente se usa a 0.5 kg/m^2 ; donde la preparación para la precapa debe de ser con un líquido limpio, no se recomienda utilizar más de un 5% de filtro ayuda.

La cantidad de filtro ayuda se puede iniciar sobre una relación de de 1:1 (g/l de filtro ayuda : g/l de las impurezas a eliminar) o del 5 al 10% de sólidos contenidos en la suspensión.

Si hay un exceso en la dosificación del filtro ayuda habrá una resistencia al flujo como se muestra en la figura 4.7 ahí se muestra la relación de dosificación de filtro ayuda y al flujo de filtrado.

El filtro ayuda se utiliza principalmente para la filtración de sólidos deformables y en soluciones sumamente viscosas (gels, gomas), sino se usa este filtro ayuda, el medio filtrante disminuye considerablemente sus propiedades de permeabilidad dandose así un fácil taponeamiento.

Cantidad óptima de filtro ayuda para un flujo máximo

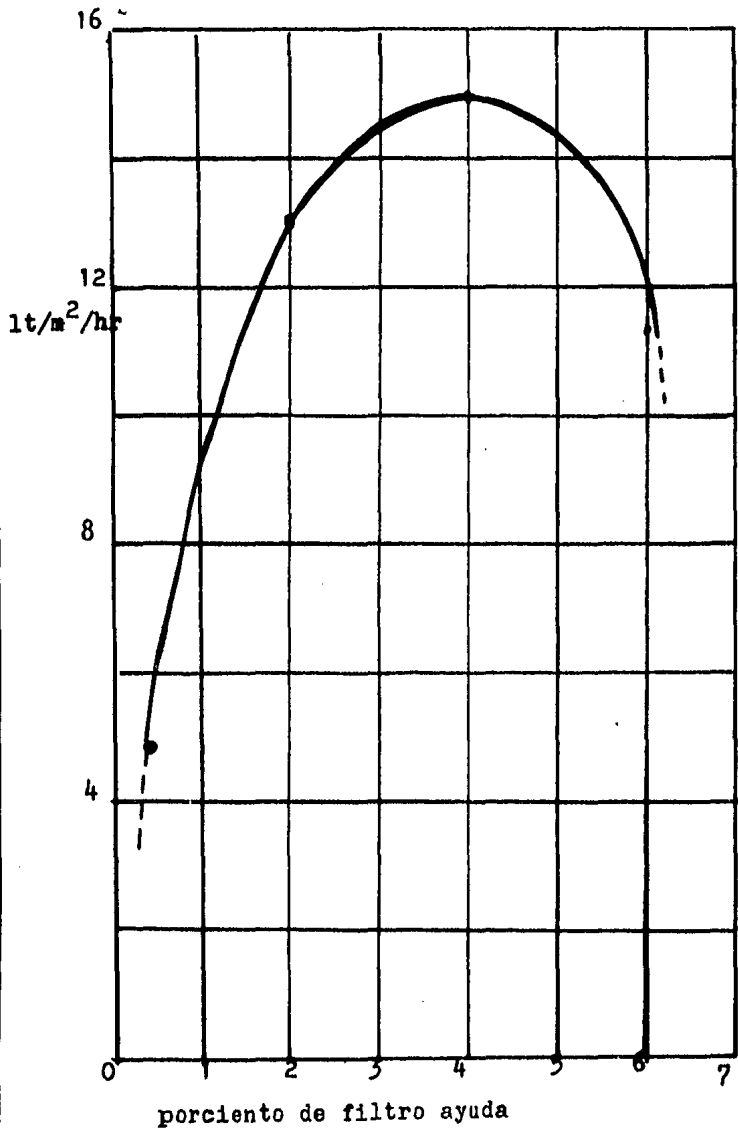


fig. 4.7

CAPITULO 5

METODOLOGIA DE SELECCION

Como ya se dijo anteriormente el medio filtrante es la parte más importante en la filtración, ya que sin este no se podría realizarse dicha operación unitaria.

Al seleccionar el equipo de filtración, es necesario especificar el medio filtrante; esta especificación puede realizarse a través de pasos con una secuencia lógica como se describe a continuación.

1.- Consiste en conocer por separado y con detalle las características del líquido y los sólidos a filtrar. En lo que se refiere a las características del líquido es fundamental conocer; la densidad, la viscosidad, la acidez o la basicidad, la volatilidad, saber si lleva acabo una reacción entre el líquido y los sólidos suspendidos y si es de tipo exotérmica o endotérmica. Es necesario conocer también si el líquido es inflamable, explosivo, inestable si tiene un cierto olor o color y si es tóxico.

De la misma manera las características de los sólidos como: la concentración en peso o en volumen, los tamaños de las partículas, la forma de estas (esféricas o irregulares), si son deformables, rígidas o incompresibles.

2.- Se deben de determinar los requisitos que deben cumplir la suspensión a filtrar como: el porcentaje de sólidos que se requieran separar, cual es el grado de pureza deseado en el filtrado, cual es el grado de humedad conveniente, la uniformidad de los lotes: intermitentes o continuos, si se deben de modificar las características de la suspensión como por ejemplo el color u olor, la toxicidad tanto de los sólidos como del líquido, determinar si alguno de estos o los dos son productos deseados de la filtración, si se deben de eliminar total o parcialmente los sólidos.

3.- Se recomienda tener una muestra de la suspensión que se desea filtrar o contar con alguna que se asemeje a las características de este.

4.- Hacer una preselección de ciertos tipos de grupos de medios filtrantes, utilizando las tablas de clasificación considerando el grado de pureza deseado es decir si se va a realizar una ultrafiltración, macrofiltración, etc. y de acuerdo con las características que tienen los sólidos: concentración , rigidez, forma, etc. tomando en cuenta el mecanismo de separación que se desea utilizar.

5.- Determinar la compatibilidad entre el medio filtrante y la suspensión así como las resistencias a la temperatura, acidez o la basicidad las cuales son las que se conformarán la vida útil del medio filtrante. Con este punto se va delimitando la selección.

6.- Verificar si se cuenta con los medios filtrantes alternativos que cumplan con los requerimientos establecidos y comprobar la facilidad de existencia en el mercado a través de los proveedores o fabricantes.

7.- Hacer pruebas de laboratorio con la muestra a filtrar con el fin de corroborar algunas propiedades tales como la permeabilidad, la retención, velocidad de filtración y el ciclo de oclusión del medio filtrante.

8.- En el caso de tener otras alternativas de selección se les puede hacer un pequeño estudio económico, obteniéndose el costo del medio filtrante.

NOTA: Otro de los puntos importantes, es el de saber si se puede hacer la separación en un solo paso o si se es necesario hacerla en varias etapas con diferentes medios filtrantes colocados en serie; lo que dependerá de la retención de cada uno de estos; por ejemplo si primero, se separa por medio de una macrofiltración y se continúa pasando la suspensión a través, de diferentes medios filtrantes hasta llegar a una ultrafiltración.

CAPITULO 6

APLICACION DE LA METODOLOGIA

En este capítulo se mostrará la aplicación de la metodología propuesta en el capítulo anterior.

Para esto se usará una suspensión de algas cafés conocidas comunmente como sargazo gigante de Baja California Norte; y será considerada como un problema de suspensión.

Ya que se ha enfatizado la importancia de corroborar algunas propiedades o hacer su determinación experimentalmente en el punto siete de la metodología se describirán ampliamente las determinaciones en la siguientes pruebas.

1.- Permeabilidad

2.- Velocidad de filtración (dos líquidos de diferente viscosidad)

3.- Ciclo de oclusión

- La permeabilidad se determinará utilizando diferentes telas filtrantes.
- La prueba de velocidad de filtración se hará utilizando diferentes placas de asbesto celulosa y diferentes papeles filtro.
- La prueba de ciclo de oclusión será con diferentes papeles filtro y telas filtrantes.

Problema:

Separar una suspensión de algas café con una concentración de 1.5 % en volumen y clarificarla en un solo paso. Se desea obtener el filtrado sin color y olor y que la retención de sólidos sea del 80 %.

El filtrado obtenido se someterá a una extracción para obtener un alginato que será usado en la industria alimenticia y/o para la fabricación de medios filtrantes.

Aplicación de la metodología

1º Características físicas y químicas de la suspensión a filtrar.

líquido	sólidos
viscosidad = 1.8 cp/ 23°C	tamaño promedio de las partículas
pH = 7	de 30 micras.
concentración = 1.5 % en vol.	son de forma irregular
no es volátil	son indeformables
no es inflamable	no presentan reacción alguna con
tiene color parduzco	el líquido
olor a pescado	

2º Requerimientos del filtrado y condiciones de operación.

- Se requiere de una retención de 80% de sólidos
- presión de operación de 1 kg/cm²
- clarificación de la suspensión en un solo paso

- eliminar el color parduzco y olor a la suspensión con la adición de carbón activado como decolorante y deodorizante y que no cumpla como un filtro ayuda.

- temperatura de operación de 23°C

3º Disposición de una muestra para pruebas.

Como corroboración de las propiedades y funcionamiento de o los medio(s) filtrante(s).

4º Preselección de medios filtrantes.

Como ayuda de algunas tablas de clasificación del capítulo 2, en el caso de la tabla 2.4, se tienen los medios filtrantes más usuales donde se dan los intervalos de retención, los cuales son útiles para una preselección. En el caso de los metálicos son descartados, primero por la dificultad de adquirirlos en el mercado, por su costo elevado, los intervalos de retención en un cierto tiempo no pueden ser confiables. Para los gránulos también son descartados debido a su no uniformidad en la retención ya que esta propiedad depende de la forma en que sean empacados. En el caso de las fibras en las que se tienen una gran variedad, los medios filtrantes a los que se les puede descartar son las fibras empacadas por la misma razón de los gránulos, como son los fieltros, no tejidos, empacados, asbesto. Otro caso es el de las placas de asbesto celulosa primero debido a que estos medios filtrantes generalmente se utilizan para ciertos grados de pureza: ultrafiltración, esterilización, pulido y pulido ultrafino y en donde la concentración de los sólidos debe ser baja. (± 0.05 % vol.).

En el caso de los cartuchos ya sean aglutinados o encordados, en estos medios la dificultad para realizar las pruebas experimentales es muy grande debido a su costo elevado en la fabricación así como el de contar con equipos adecuados.

Por lo tanto los medios filtrantes más convenientes pueden ser los papeles filtro y telas filtrantes, ya que su propiedad de retención es adecuada y está dependerá finalmente de la forma en que sea fabricado.

5º Compatibilidad.

Con los medios filtrantes preseleccionados se puede observar en la tabla 2.3, si la compatibilidad de la suspensión con el medio filtrante es buena ya que la suspensión a filtrar tiene un pH = 7, se hará énfasis en sus resistencias a la abrasión y flexión por las constantes descargas de la torta.

6º Verificación de la existencia de medios filtrantes.

En el mercado la existencia de los papeles filtro y telas filtrantes a utilizar en el experimento es confiable, debido a que se fabrican en el país y se evitan problemas de importación.

7º Pruebas experimentales.

Estas pruebas permiten corroborar, primero la compatibilidad del medio filtrante, segundo la permeabilidad, tercero su resistencia a las condiciones de operación, cuarto la velocidad de filtración, quinto la retención a las partículas y sexto la del ciclo de oclusión de los medios filtrantes.

A continuación se describirá como determinar:

1.- Permeabilidad.- Se recomienda comprobar la permeabilidad del medio filtrante, ya que los proveedores dan este valor pero con un intervalo de incertidumbre basados en las normas de control de calidad de su fabricación.

1.1.- Descripción del aparato usado en la permeabilidad.

El aparato consiste de un ventilador, cuya velocidad es regulada por medio de un reóstato. Dos manómetros diferenciales, para medir la caída de presión antes y después de una placa de orificio y del medio filtrante. El manómetro para la calibración del aparato usa una columna de pulgadas de agua. El otro manómetro mide la caída de presión del medio filtrante en pulgadas de aceite. En la fig. 6.1 se muestra el aparato para determinar la permeabilidad.

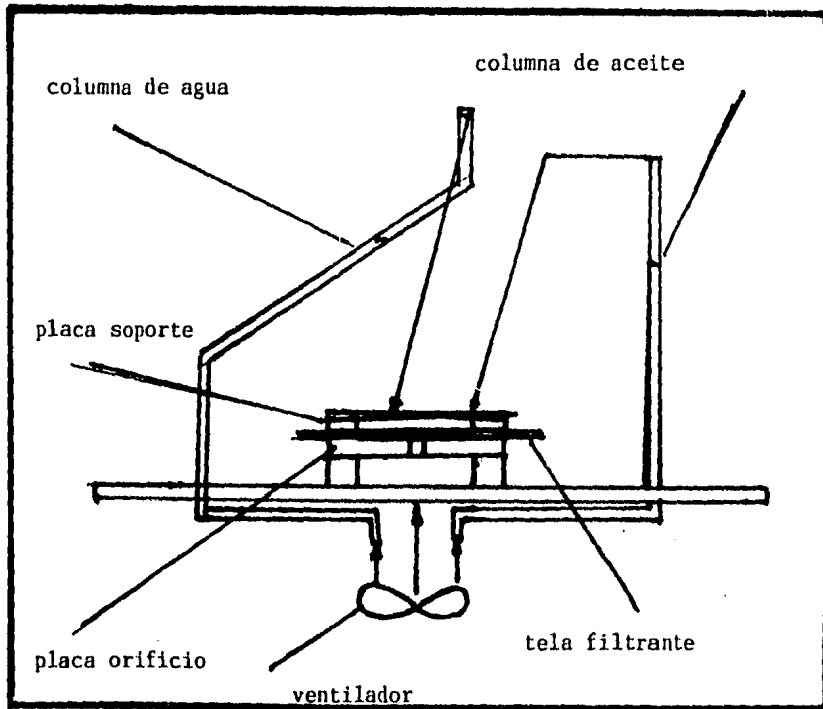


fig. 6.1

1.2.- Procedimiento para la calibración del aparato y determinación de la permeabilidad.

a) Selecciona una placa de orificio de acuerdo primero, con la abertura del medio filtrante y en segundo que la lectura del manómetro de aceite marque entre 1 y 16 pulgadas de aceite. Para medios filtrantes abiertos se debe colocar una placa con diámetro de 4 mm o mayor y de 1 a 3 mm para medios filtrantes cerrados.

b) Una vez seleccionada la placa de orificio, se hace pasar una determinada cantidad de aire, regulada con el reóstato de tal manera que la lectura en la columna de agua sea constante en 5 pulgadas.

c) Se coloca el medio filtrante, se pasa el aire verificando que el manómetro de agua marque 5 pulgadas y se hace la lectura en la columna de aceite.

d) Con está lectura y de acuerdo al diametro de la placa colocada y se hace la lectura en la tabla 6.1.

Los valores obtenidos para las diferentes telas filtrantes se observan en la tabla 6.2 con la que se concluye la existencia de un intervalo de incertidumbre de permeabilidad del fabricante de un 10 % del valor obtenido experimentalmente.

tabla 6.1
Calibración del aparato de permeabilidad

	DIAMETRO DEL ORIFICIO EN MILIMETROS.								
	1.0	1.4	2.0	3.0	4.0	6.0	8.0	11.0	16.0
1	.569	1.20	2.57	6.06	10.8	25.3	47.1	902	187
2	.827	1.73	3.70	8.70	15.4	36.0	66.9	128	265
3	1.03	2.15	4.58	10.7	18.9	44.4	82.2	157	325
4	1.20	2.51	5.33	12.4	22.0	51.4	92.1	181	375
5	1.35	2.84	6.00	13.9	24.6	57.6	106	203	420
6	1.49	3.11	6.59	15.3	27.0	62.3	116	223	460
7	1.62	3.38	7.15	16.6	29.3	68.4	125	241	497
8	1.74	3.62	7.66	17.8	31.1	73.3	135	258	532
9	1.86	3.86	8.16	18.9	33.4	77.8	143	274	565
10	1.97	4.08	8.62	20.0	35.2	82.0	151	289	596
11	2.07	4.29	9.07	21.0	37.0	86.1	159	303	624
12	2.17	4.51	9.49	22.0	38.7	90.0	166	317	652
13	2.27	4.70	9.90	22.9	40.2	93.9	173	330	680
14	2.36	4.89	10.3	23.8	41.9	97.5	179	342	706
15	2.45	5.07	10.6	24.7	43.3	101	186	355	730

PULGADAS DE ACEITE A 21.1 °C
PRESION DIFERENCIAL

tabla 6.2

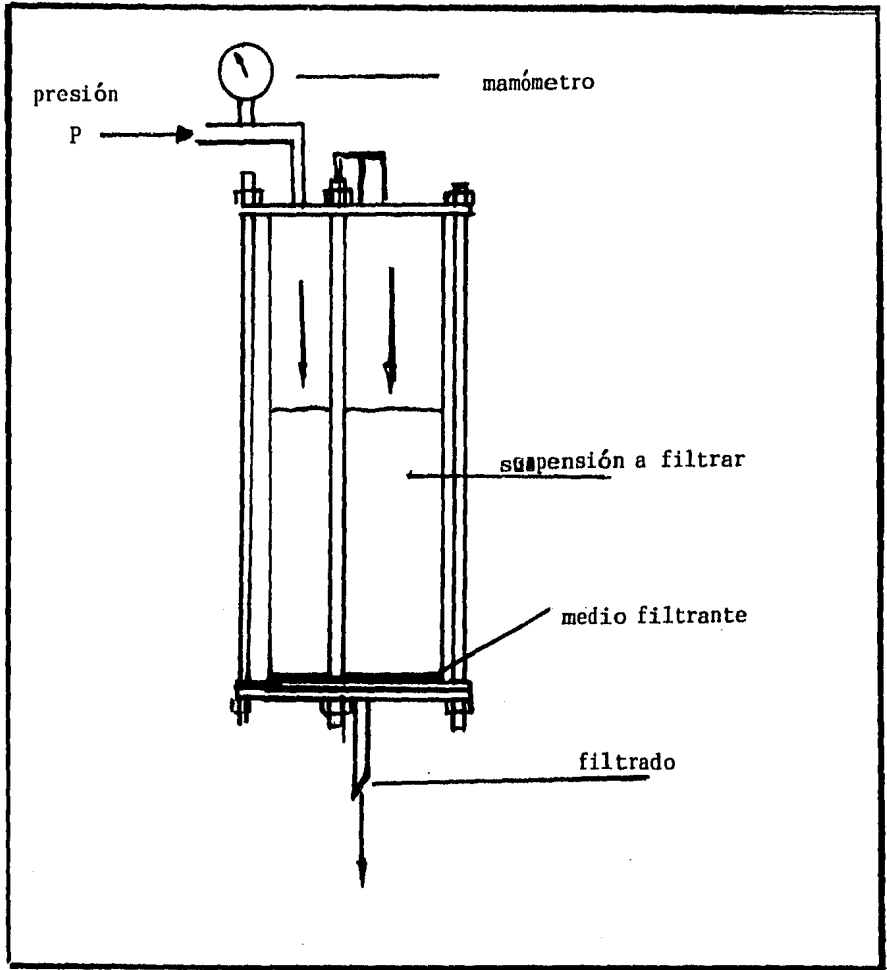
clave	material	peso kg/m	construcción	tejido	permeabilidad fabricante CFM/ft ²	permeabilidad experimental CFM/ft ²
301N	nylon	0.52	66x30	plano	3 - 6	4.9
308N	nylon	0.35	50x45	plano	7 -11	9.2
302N	nylon	0.51	54x41	zarga	20-25	23.0
8 A1	algodón	0.94	48x28	plano	2-4	3.10
100A1	algodón	0.72	44x27	zarga	10-15	13.1
105A1	algodón	0.42	—	satín	15-18	16.9
428PP	polipro- pleno	0.65	50x33	canasta	25-35	27
404PP	"	0.93	48x24	zarga	30-40	36.2
208P	poliester	0.51	48x37	zarga	15-25	26.1
216P	poliester	0.51	38x31	plano	15-25	17.5
211P	poliester	0.24	88x58	zarga	40-50	44.5

2.- Determinación de la velocidad de filtración

Se usaron dos líquidos de diferente viscosidad, uno de viscosidad baja, agua, y otro de viscosidad alta un jarabe.

El aparato en el que se realizó el experimento se muestra en la fig. 6.2, está constituido por un cilindro de vidrio de pared gruesa resistente a altas presiones. Dependiendo del tipo de medio filtrante será la placa de orificios a utilizar como soporte de este. Tiene un manómetro para medir la presión que se ejerce al líquido o suspensión a filtrar dentro del recipiente. La operación del aparato es; primero se coloca el medio filtrante sobre la placa de orificios, después se coloca el volumen del líquido o la suspensión en el recipiente y se cierra herméticamente. Se somete el líquido a una cierta presión de operación, para que la suspensión pase a través del medio filtrante. Se mide el tiempo que tarda en separarse y se determina la velocidad de filtración.

2.1.- La velocidad de filtración usando agua como líquido a filtrar se determinó en diferentes placas de asbesto - celulosa como se muestra en la tabla 6.3.a. Estas placas presentan un mecanismo de separación de profundida y a la presión de operación con la que se hicieron las determinaciones fue de 1 kg/cm^2 . La tabla 6.3.b muestra también las velocidades de filtración para diferentes papeles filtro, cuyo mecanismo de separación es de superficie. Ya que estos medios presentan una mayor abertura, las determinaciones se hicieron a la presión atmosférica.



aparato utilizado para los experimentos , de selección del medio filtrante óptimo

fig. 6.2

tabla 6.3.a

agua			
material	tiempo segundos	volumen de agua en ml	velocidad de filtración en ml/seg
placas de asbesto-celulo sa			
FK-6	43	100	2.32
lab-3	41	100	2.43
FS-4	8	100	12.50
F-7	17	100	5.88
FP-1	7	100	14.28
F-5	3	100	33.33
F-3	3	100	33.33
F-2	3	100	33.33

presión de operación de 1 kg/cm²

tabla 6.3.b

material	tiempo segundos	volumen de agua en ml	velocidad de filtración en ml/seg
papel filtro			
S-913	72	100	1.38
S-305	41	100	2.43
S-310	37	100	2.70
S-938	29	100	3.44
S-917	24	100	4.16
S-933	20	100	5.0
S-915	21	100	4.76

presión de operación la atmosférica

Los valores obtenidos en las tablas anteriores muestra que las placas de celulosa F-2, F-3, F-5 y FP-1 tienen una mayor velocidad de filtración. En papeles filtro las velocidades de filtración son mayores que las de las placas y de estos los de mayor velocidad son: S-915, S-933, S-917 y S-938.

De lo anterior se puede concluir que la velocidad de filtración es función de la abertura del poro y a su vez la abertura del poro determina la retención de sólidos del medio filtrante.

Para medios filtrantes con mecanismo de separación de profundidad, la velocidad de filtración es más baja que en uno de superficie esto se debe a que en este tipo de medios el líquido tiene que atravesar un espesor considerable.

2.2.- La determinación de las velocidades de filtración con los medios

filtrantes se hizo también usando en una solución de 54° Bx. Esta solución se preparó con 720 g de azúcar morena disuelta en 600ml de agua (el contenido de sólidos es despreciable). En esta prueba se considerará la transmitancia como una medida de la clarificación de cada medio filtrante usado.

La velocidad de filtración para cada medio filtrante, su correspondiente valor de transmitancia se muestra en la tabla 6.4.

De los valores obtenidos se pueden obtener varias conclusiones: Primero con respecto a la clarificación, de la placa de asbesto celulosa F-7 presenta un porcentaje de transmitancia de 11.5, es decir una mejor clarificación con respecto a las otras placas. Segundo

tabla 6.4

		referencia	jarabe	
% transmitancia		0	34.5	
material	tiempo segundos	presión de operación en kg/cm ²	%T	velocidad de filtración en ml/seg
placas de asbesto				
F-3	4	1	20	16.25
F-2	4	1	20	16.25
F-5	7	1.5	23	9.28
F-7	30	2.0	14.5	2.46
FS-4	6	1.5	22	10.83
FP-1	3min. 20 seg.	2.0	21	0.325
papel filtro				
S-305	5	1.0	27.5	13
S-933	10	2.0	26	6.5
S-938	10	2.0	23	6.5

en lo que se refiere a la velocidad de filtración las placas F-2 y F-3, presentan una velocidad mayor que la F-7 pero el porcentaje de transmitancia de estos es mayor que el de la placa F-7.

Finalmente con la variable presión de operación, ésta es determinante en la velocidad de filtración como se puede observar en los valores de los papeles filtro. Es decir en el caso de papeles S-933 y S-938 tienen la misma velocidad (6.5 ml/seg) a una presión de 2 kg/cm^2 y el S-305 tiene una velocidad de filtración del doble (13 ml/seg), aunque la presión de operación es de 1 kg/cm^2 .

En cuanto al porcentaje de transmitancia existe poca diferencia en sus valores, aunque el S-938 presentará en realidad una mayor clarificación.

De los valores de estas tablas, se concluye que la velocidad de filtración depende de la viscosidad de la suspensión, de la presión de operación, de la abertura del medio filtrante y finalmente de su mecanismo de separación.

3.- Ciclo de oclusión.

Este es el ciclo de taponeamiento de un medio filtrante, a lo largo de la filtración.

Para finalizar con la aplicación de la metodología, la selección final del medio filtrante se hará considerando los valores de velocidad de filtración, ciclo de oclusión y las características del filtrado.

Para esto se usará la suspensión de algas café y las determinaciones anteriores se harán con los medios filtrantes preseleccionados en el cuarto punto: telas filtrantes y papeles filtro.

tabla 6.5

material telas filtrantes	tiempo seg.	velocidad de filtración ml/seg	clarificación	ciclo de oclusión
8-A	120	0.833	regular	a los 75 ml
301-N	300	0.333	regular	a los 40 ml
308-N	150	0.666	regular	no presenta
100-A	30	3.333	excelente *	no presenta
208-P	240	0.4126	buena	a los 80 ml
216-P	45	2.222	mala	no presenta
105-A	10	10.000	muy mala	no presenta
302-N	120	0.833	mala	a los 80 ml
428-PP	12	8.333	regular	a los 90 ml
404-PP	20	5.000	excelente *	no presenta
900-P	130	0.792	regular	a los 60 ml

papel filtro

S-915	300	0.333	buena	a los 40 ml
S-917	120	0.833	regular	a los 80 ml
S-938	60	1.666	buena	a los 90 ml
S-310	300	0.333	buena	a los 45 ml
S-933	30	3.333	excelente *	no presenta
S-913	300	0.333	regular	a los 30 ml

presión de operación de 1 kg/cm^2

claves de medios filtrantes

8-A
301-N
208-P
404-PP
S-915

material de fabricación

algodón = A
nylon = N
polietileno = P
polipropileno = PP
papel filtro blaqueado = S

excelente = despreciable contenido de sólidos

en el cuarto punto: telas filtrantes y papeles filtro.

El papel filtro consiste en pasar un muestra de 100 ml a presión de operación de 1 kg/cm^2 . Se mide el tiempo que tarda en pasar está muestra y se calcula la velocidad de filtración. Se observa en que volumen empieza a ocluirse el medio filtrante y así se determina el ciclo de oclusión.

En la tabla 6.5 se muestran los valores determinados para los diferentes medios filtrantes.

Tomando en cuenta el ciclo de oclusión, los medios filtrantes 301-N, S-915, S-917, S-310, S-913 y S-938 presentan ciclo de oclusión limitado.

Los que no presentan ninguna oclusión son 8-A, 428-PP, S-917, 216-P, 105-A, 100-A, 404-PP y S-933 de estos, al considerar su velocidad de filtración y la calidad de la clarificación. Se observa QUE 100-A, 404-PP y S-938 son considerados como los más adecuados, además de que se garantiza una retención mayor del 80 % de sólidos requeridos.

8º Análisis económico.

De acuerdo al paso anterior se tienen tres alternativas de selección; la selección final se hará en base en un análisis económico real o relativo. Como no se disponen de datos verdaderos, se considerará el costo de material usado en su fabricación y el costo de fabricación del medio filtrante. Para el caso de las tres últimas alternativas:

100-A, 404-PP y S-933 seleccionadas. el 404-PP es de polipropileno y su costo de fabricaciones mayor al del 100-A, algodón; el tejido de estos dos es zarga (tabla 6.2) y son reutilizables. Sin embargo el papel filtro tiene un menor costo de fabricación a pesar de que no es reutilizable. Por lo tanto, el medio filtrante más óptimo para está operación es el papel filtro S-933.

9º Resultados.

El medio filtrante más óptimo para la filtración de una suspensión de algas café, para la extracción del alginato, y de acuerdo a las características descritas anteriormente es el papel filtro S-933 con el menor ciclo de oclusión, donde su propiedad de retención es eficiente, además su permeabilidad es buena ya que no se ocluye, sus propiedades y su velocidad de filtración es de 3.33 ml/seg, no se ven alteradas a lo largo de la prueba.

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

Por las condiciones actuales del país, el Ingeniero Químico debe contar con la suficiente información técnica proporcionada por los fabricantes o proveedores, con el fin de conocer los medios filtrantes disponibles en el país, el de conocer si su fabricación es muy sofisticada y si puede ser sustituido por otro tipo de medio filtrante o por la combinación de varios buscando el costo más bajo y que donde sus características y propiedades no se alteren fácilmente para cumplir con los objetivos de esta operación.

La descripción de los medios filtrantes y las tablas de clasificación, se han presentado lo más completo posible de acuerdo a la información recopilada y facilitada por los proveedores.

La tabla 2.5 muestra los grados de pureza de los diferentes medios filtrantes; esta tabla es de gran utilidad para determinar primero el grado de clarificación que ofrecen los medios filtrantes y segundo el poder de retención de los mismos. Estas consideraciones son primordiales para la selección del medio. Como no se disponía de esta información resumí en esta tabla, datos proporcionados por diferentes fabricantes.

Para la realización de las pruebas experimentales es necesario y recomendable contar con equipos adecuados para efectuarlas. Estos equipos en ocasiones pueden ser facilitados por los fabricantes de los medios filtrantes con los que se realizan sus pruebas de control de calidad; si no se cuentan con estos, es recomendable que se construya con el objeto de determinar el mayor número de pruebas.

Se debe de tomar en cuenta que algunas pruebas experimentales

no se realizaron debido al costo elevado de algunos medios. Otra limitante fué la difícil adquisición del medio filtrante así como la falta de los equipos disponibles para efectuar pruebas ya que los fabricantes realizan continuamente pruebas de control de calidad para la fabricación de sus medios filtrantes.

La metodología propuesta, se comprueba con la filtración de un problema específico, donde se consideran casi todos los parámetros de los que depende la selección óptima del medio filtrante.

En el último paso de la metodología de selección se considera el costo de fabricación del medio filtrante, en este caso se dieron los costos relativos de fabricación ya que los fabricantes no proporcionaron estos datos. Por lo tanto es recomendable que cuando se efectúe la selección de un medio filtrante, se cuente con el costo real de éste ya que como puede observarse en la resolución de un problema éste es decisivo en la selección final de un medio filtrante.

La aportación de este trabajo, es que el Ingeniero Químico tenga un conocimiento más amplio sobre la selección de un medio filtrante y su decisión sea confiable y adecuada.

Es importante hacer notar que esta determinación es a nivel laboratorio y que es razonable confirmarlas a nivel planta piloto.

Así también las propiedades del medio filtrante pueden alterarse al considerar las características del equipo donde se efectuará la filtración.

Este trabajo sólo considera la selección del medio a nivel de laboratorio, ya que es la primera etapa de selección de cualquier medio filtrante.

PROVEEDORES CONSULTADOS

ALBANY NORDISKA-MEXICO	telas filtrantes, fieltros fibras no tejidas.
COMERCIAL FILTERS CARBORUNDUM	cartuchos aglutinados, cartuchos encordados, fibras no tejidas
COLUMBIA FILTER CO. DE MEXICO, S.A. DE C.V.	placas de asbesto celulosa, papel filtro, filtro ayudas, cartuchos de polipropileno, carbo pads.
ENVIROTECH DE MEXICO, S.A. DE C.V.	telas filtrantes
FILTROTEC, S.A. DE C.V.	telas filtrantes
PFAUDLER, S.A. DE C.V.	cartuchos aglutinados, cartuchos encordados.
SEYMSA SARTORIUS MEMBRANFILTER	membranas, papel filtro
ULTRAFILTRACION, S.A.	membranas, cartuchos, prefiltros papel filtro
U.S. FILTER MEXICANA, S.A.	papel filtro

NOMENCLATURA

- A = area de superficie de filtración en m^2
 α = resistencia específica promedio de la torta en m/kg
 α' = resistencia específica promedio m/kg
a = pendiente de la gráfica 1.5 y 1.6
b = ordenada al origen de la gráfica 1.5 y 1.6
 β = ángulo de contacto en grados
c = fracción en masa de sólidos de la torta en la suspensión
 C_p = coeficiente de permeabilidad
d = diámetro máximo de poro en cm
D = diametro de poro en cm
 $d\theta$ = diferencial de tiempo en seg
 dV = volumen diferencial de filtrado que se recoge en ml
 ρ = densidad de la suspensión en g/ml
e = porosidad
 g_c = aceleración de la gravedad en m/seg^2
 γ = tensión superficial en
k = constante adimensional
m = razón de masas de la torta seca adimensional
 μ = viscosidad g/seg cm
 ΔP = diferencial de presión kg/cm^2
q = flujo volumetrico lt/seg
r = resistencia específica del medio filtrante m^{-1}
R = resistencia de la torta
 Re = Número de Reynolds
rH = radio hidráulico cm
s = compresibilidad kg/cm^2
S = superficie específica de las partículas m^2/m^3
 S_v = superficie específica de la torta m^2/m^3
v = velocidad lineal m/seg
w = masa de sólidos de la torta seca por unidad de volumen kg/m^3