

P.- 21.689

Nº 55228

U.S. Serial Núms 57055,
57056 y 117.647 Case 7380/91/
8130-F

270609



16 ENE 1962

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud

de

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

formulada el 19 de Septiembre de 1961, con el Nº 270.609

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de THE DOW CHEMICAL COMPANY, entidad norteamericana,
establecida en Midland, Michigan, Estados Unidos de América,
por:

" UN PROCEDIMIENTO DE TRATAR SOLUCIONES "

El invento se refiere a un procedimiento para separar agua
de una solución acuosa y/o a un procedimiento para purificar agua
o producir agua purificada a partir de soluciones acuosas, res-
pectivamente. El invento se refiere además a un aparato útil en
5 el procedimiento del presente invento y a elementos membranosos
que forman parte del aparato y a un procedimiento para acoplar
tales elementos membranosos.

Durante mucho tiempo se han usado membranas semi-permeables
para operaciones de ósmosis y de diálisis. Las membranas perm-
10 ten el paso del agua pero, según sea su construcción y tamaño

270609



poro, impiden el paso de iones y otros materiales disueltos en la solución acuosa. Generalmente, la presión osmótica hace que el agua pase a través de la membrana ocasionando la dilución de la solución acuosa hasta que se ha alcanzado un equilibrio. También se ha propuesto invertir este proceso mediante la aplicación, a la solución acuosa más concentrada, de una presión mayor que la presión osmótica característica de la combinación particular de membrana y solución. Fluirá agua en la dirección opuesta, esto es, la solución se hará más concentrada.

La presión osmótica desarrollada por diversas soluciones puede ser sustancial, haciendo así necesaria la aplicación de presiones correspondientemente altas para invertir el proceso. Este factor ha constituido un obstáculo infranqueable en el desarrollo de un proceso comercialmente factible para la concentración de soluciones o para la producción de agua pura a partir de tales soluciones. Para la mayoría de las soluciones iónicas acuosas comerciales, se necesita un mínimo de 7 kg/cm^2 para asegurar la ósmosis invertida deseada. Como la velocidad de transferencia de masa es directamente proporcional a la presión, se ve claramente que se necesitan presiones muchas veces mayores que dicho mínimo para emplear fácilmente la ósmosis invertida. Semejantes presiones altas, cuando se utilizan con membranas de lámina de un solo plano, requieren el empleo de un mecanismo de soporte difícil y costoso o de láminas de respaldo para soportar las membranas adecuadamente. Los miembros de soporte tienden a hacer voluminosos los dispositivos y, en relación con su tamaño y peso, relativamente improductivos. Bien puede ser esta la razón de que la ósmosis invertida o ultra-filtración no haya llegado a ser un procedimiento aceptable comercialmente para la purificación de agua en gran escala o para la recuperación de agua



276019

potable a partir del agua de mar ni para la concentración de di
versas soluciones diluidas en cantidades comerciales.

Estos problemas han sido superados por el presente inven-
to. Ahora es posible utilizar el principio de la ósmosis inver-
5 tida o ultra-filtración para la concentración de soluciones y/o
para la purificación de agua o para la recuperación de agua pu-
ra a partir de soluciones que contienen sales u otros materiales
disueltos, en operaciones de gran escala económicamente factibles.
Esto se realiza por un procedimiento en el que se utilizan fibras
10 finas huecas como membranas. La solución de concentración más
elevada está, o bien dentro de las fibras huecas, y el agua pu-
ra se recupera desde el exterior, o viceversa. Como medio para
llevar a cabo esto, el invento proporciona también un aparato en
el que las fibras huecas están montadas de tal forma que hay por
15 lo menos un camino de paso conectado con el interior de las fi-
bras huecas, y por lo menos otro, al espacio que rodea a las fi-
bras huecas, permitiendo el paso o circulación a través del apa-
rato de, por lo menos, dos corrientes independientes, separadas,
de líquidos acuosos que están separados por las membranas fibro-
20 sas. Las fibras están, ventajosamente, dispuestas en forma de un
haz de fibras que están en disposición sustancialmente paralela
entre sí. El recurso de emplear fibras huecas a manera de mem-
branas permite un aumento muy notable del área de membrana en re-
lación con el espacio requerido, y permite también aumentar la
25 fuerza de empuje hasta la altura deseada, sin ninguna necesidad
de emplear miembros de soporte o respaldo internos y/o de emplear
membranas gruesas o pesadas que rebajarían la eficacia de la ope-
ración. Así, pues, el presente invento proporciona la posibili-
dad de utilizar, con una necesidad de espacio mínima, el área de
30 membrana máxima posible en combinación con fuerzas de impulsión



elevadas y eficaces y con el mínimo de resistencia al paso del agua.

Como se ha dicho, el presente invento se refiere también a una célula o celda de permeabilidad en la que la composición o solución fluida multi-componente se hace pasar alrededor de las superficies de la pared exterior de una multiplicidad de fibras huecas finas sostenidas solamente en sus porciones terminales. Cuando el invento se aplica a ósmosis invertida, el fluido al exterior de las fibras huecas se mantiene a una presión superior a la osmótica específica, según se discutió antes. Cuando interviene la ósmosis directa, tal presión está, por supuesto, ausente.

El aparato y la instalación de acuerdo con el presente invento, proporcionan, como queda dicho, un área de transferencia excepcionalmente grande para un volumen dado de espacio ocupado por el aparato y permiten las condiciones de funcionamiento más eficaces sin peligro de ruptura y la pérdida de eficacia resultante. El pequeño tamaño de las fibras huecas o elementos de membrana de acuerdo con el presente invento permite la formación de haces muy grandes de cualquier número deseado de filamentos, incluso hasta un millón o más, que forman el área de transferencia y que pueden estar contenidos en espacios que tienen secciones transversales no mayores de unos pocos centímetros o así de anchura o área de sección transversal. Así, pues, la relación de área de transferencia a volumen de aparato conseguible por el presente invento es un múltiplo grande de lo que se puede conseguir por las técnicas anteriores. Areas de transferencia o superficies de membrana de tanto como 30 m² o más pueden estar presentes en cada litro de volumen ocupado realmente por la instalación. Esto representa una relación de área de transferencia a volumen de apa



270049

rato que es mayor en un factor de, por lo menos, 30, que un aparato corriente que emplee las membranas planas o membranas macro-tubulares con los elementos de soporte y respaldo requeridos.

5 Las pequeñas dimensiones de la membrana fibrosa hueca aseguran una resistencia mucho mayor de la membrana, a pesar de las paredes extremadamente delgadas, de la que se podría obtener con las membranas de la técnica anterior, que tienen las configuraciones y dimensiones de costumbre. Las membranas fibrosas huecas del presente invento necesitan estar sostenidas, como es evidente, solamente en sus posiciones terminales, cuyo soporte, al mismo tiempo, servirá como barrera que separa las dos trayectorias de flujo de las soluciones muy o poco concentradas, y que permite una división clara entre el flujo de las soluciones o agua, respectivamente, dentro de los filamentos huecos.

15 En los dibujos que se acompañan se muestra un aparato adecuado para llevar a cabo el procedimiento del presente invento y partes esenciales que componen el aparato.

20 La figura 1 es una vista en alzado, cortada, parcialmente en sección, de la estructura general de una realización de una de las células de permeabilidad de acuerdo con el presente invento.

25 La figura 2 es una vista en sección transversal de la célula tomada a lo largo de 2-2 en la figura 1 con la placa de cierre omitida para mayor claridad.

La figura 3 es una vista en sección transversal del extremo de la célula tomada a lo largo de 3-3 en la figura 1.

La figura 4 muestra una realización preferida del cierre extremo para un haz de fibras huecas y

30 La figura 5 es un diagrama de flujo esquemático de una ins

270609



talación de conversión de agua de mar, utilizando el aparato y proceso del presente invento.

Refiriéndonos primero a la figura 1, se muestra la estructura general de una realización de la célula de permeabilidad básica del presente invento. Esta se designa generalmente en su totalidad por la referencia numérica 10. La célula 10 incluye una entrada 11 para el fluido no tratado, que tiene, cuando se utiliza ósmosis invertida, medios tales como una bomba o similar, no representados, para aplicar una presión de fluido deseada al fluido que se introduce por la entrada 11, y una salida 12 para la descarga del fluido tratado, estando situada esta salida en el lado de la caja de la célula opuesto a la entrada 11, entendiéndose que puede haber más de una salida, espaciadas a lo largo del eje de la caja. Se forman salidas adicionales 13,13 para descargar el componente fluido después que ha pasado a través de las membranas permeables de la célula. En el extremo de descarga, las salidas 13,13 son alimentadas por las cámaras de cabecera 14,15. Situada entre las cabeceras 14 y 15 y sosteniendo las mismas está una caja 16. Ventajosamente, la caja 16 es tubular, aunque puede tener otra configuración que se desee. La caja 16 está cerrada herméticamente en su extremo de las cabeceras 14 y 15 por medio de las placas terminales de cabecera 17, 18. Las salidas 13,13 proporcionan una descarga para el fluido acumulado en el interior de las fibras huecas, según se describe en detalle más adelante, mientras que la salida 12 separa los fluidos tratados.

Situados dentro de la caja 16 se encuentran uno o más haces 19 de fibras huecas, finas 20. La naturaleza de las fibras huecas 20 se describe más adelante con más detalle.

Como se muestra más claramente en las figuras 1 y 4, cada

270609



uno de los haces 19 tiene sus partes terminales 21,22 cerradas entre sí y con las paredes de aberturas o pasajes en láminas 17 y 18 por medio de un adhesivo, resina o análogo adecuado, indicado de un modo general con 23. Estos orificios o aberturas están designados como 24. El adhesivo cierra solamente las porciones terminales externas de las fibras entre sí y con las paredes interiores de las aberturas 24. Los haces 19 están, pues, sostenidos en sus porciones terminales solamente por las láminas de cabecera. De esta forma, los extremos abiertos opuestos de las numerosas fibras pequeñas huecas están todos en comunicación fluida con las cámaras de cabecera 14 y 15. Cada una de las fibras huecas 20 en cada haz 19 tiene la misma, o casi la misma, longitud. De igual modo, es generalmente deseable para los otros parámetros dimensionales de todas las fibras huecas en cada haz (es decir, diámetro exterior y espesor de pared) que sean los mismos en cada fibra aunque, si se desea, se pueden utilizar haces de fibras que tengan diámetros exteriores y espesores de pared individuales diferentes. De igual manera, cada uno de los haces 19 tiene, ventajosamente, los mismos parámetros dimensionales que los otros haces, es decir, la misma longitud y diámetros externos, aunque estos últimos pueden también variarse, si se desea, en haces individuales. Así, se verá que cada una de las fibras tiene, ventajosamente, un diámetro interior uniforme o casi uniforme en su totalidad.

Las membranas filamentosas huecas finas necesitan estar sostenidas solamente en sus porciones terminales y las porciones terminales están, ventajosamente, en relación sustancial mutua contigua, como lo están el resto de las longitudes de fibra. El hecho de que se hallan sustancialmente sin soportar en toda su longitud proporciona el área de transferencia máxima inalterada



27-009

16

para un material de membrana dado. Las fibras huecas pueden resistir presiones de muchas atmósferas y su espesor de pared es tan pequeño que presentan una resistencia mínima al paso de un componente fluido permeable.

5 Refiriéndonos a la figura 4, se muestra una realización preferida de un cierre extremo para un haz de fibras huecas 19. La lámina del extremo de cabecera 17 tiene una pluralidad de aberturas, una de las cuales se muestra en 24. Situado en forma deslizable dentro de cada una de las aberturas 24 está un
10 herraje de acoplamiento 25. Un anillo en forma de O, 26, cierra la junta entre la lámina terminal 17 y el acoplamiento 25.

Un haz de fibras huecas 19 está situado dentro del orificio 27 del acoplamiento 25. Las fibras huecas individuales 20, que se muestran en escala exagerada en el haz 19, están cerradas
15 sobre sus porciones terminales exteriores 28 solamente entre sí y al interior del orificio 27 por medio de un material adhesivo adecuado 23, que se muestra a escala exagerada para fines ilustrativos. Para este fin, son especialmente adecuadas las composiciones de epoxi-resina.

20 Una placa de bloqueo de deslizamiento 29, que tiene una pluralidad de aberturas de ajuste 39, está situada en forma deslizable paralelamente a la lámina terminal 17 dentro de la cabecera 14. La lámina de bloqueo 29 se muestra en posición cerrada donde se ajusta a un saliente o soporte 30 sobre el acoplamiento 25. Una lámina de bloqueo deslizable similar 31, se coloca
25 con preferencia dentro de la cámara de cabecera 14 y sobre el lado de la lámina terminal de la cabecera 17 opuesta a la placa de bloqueo deslizable 29.

El bloqueo 31 coopera con el extremo 32 del herraje. Las
30 láminas de bloqueo 29 y 31 se aseguran en forma deslizable a la



273609

lámina final de la cabecera 17 por medio de pernos 38 que se
extienden a lo largo de muescas adecuadas 41 y se enroscan fir-
memente en la lámina terminal 17, según se muestra en la figu-
ra 4. Las cabezas de los pernos 38 tocan las placas de bloqueo
5 a cada uno de los lados de las muescas para asegurar las lámi-
nas en su sitio. Preferentemente, los acoplamientos 25 se in-
sertan en aberturas 24 y se bloquean allí por las láminas de
bloqueo 29 y 31 durante el montaje de la célula de permeabilidad,
aunque también se considera que los medios de accionamiento (no
10 representados) podrían extenderse fuera de la célula por medio
de cierres adecuados, de manera que los bloqueos o cierres se
podrían manejar desde el exterior de la célula.

Las láminas de cierre 29, 31 pueden estar formadas con una
leva u otro medio para situar longitudinalmente de forma ajusta-
15 ble el acoplamiento 25 en las láminas finales 17, 18. O bien,
la totalidad de la lámina terminal puede estar colocada de forma
longitudinalmente ajustable por cualquier medio adecuado, tal co-
mo tornillos de posición 40, como se muestra en la figura 1. De
esta forma, si se desea, se puede variar la tensión sobre los
20 haces de fibras individuales 19, aunque generalmente se prefie-
re evitar la aplicación de fuerza de tracción positiva sobre las
fibras en el haz, con el fin de evitar los inconvenientes de las
roturas de fibra.

Se comprenderá que hay una abertura 24 y un acoplamiento
25 análogos para cada uno de los haces de fibra huecas empleados,
y que la estructura de soporte y cierre final se duplican en la
otra cabecera 15. Esta realización preferida presenta un medio
sencillo para sostener y situar en condiciones de cierre los ha-
ces individuales 19 de fibras huecas. Tal disposición permite
30 que cada haz se pueda retirar individualmente en caso de ruptura

270609



u otra avería en uno de los haces. Cada haz de fibras 19, junto con sus acoplamientos 25,25 unidos terminalmente por medio de un adhesivo en relación de cierre a los fluidos forma un elemento de separación de permeabilidad unitario.

5 Los cierres y soportes terminales que han resultado ser más útiles en el presente invento se muestran en la figura 6 a 8 y se discutirán, junto con un sistema preferido para obtenerlos, con más detalle, más adelante.

10 En las figuras 1 a 3, cada una de las cámaras de cabecera 14 y 15 están formadas con pestañas circunferenciales externas, indicadas en 42 y 43.

15 Estas pestañas cooperan en relación de cierre, cuando el conjunto de la unidad se acopla con las pestañas compañeras 44 y 45 situadas sobre el exterior de la caja 16. Las pestañas están sujetas en relación de cierre por medio de tornillos 46 o análogos.

20 La salida 12 está convenientemente provista de una válvula adecuada 47. Esta válvula puede ser utilizada para controlar la velocidad de retirada del fluido tratado procedente del aparato, para regular la concentración de la solución dentro de la caja 16.

25 Al acoplar el aparato, según se ha descrito hasta aquí, los haces individuales 19 se cierran, según se ha descrito previamente con sus accesorios terminales individuales 25, y estos accesorios terminales se agrupan dentro de las aberturas en una de las láminas terminales 17 ó 18. Esta lámina terminal se coloca luego dentro de su cámara de cabecera apropiada en relación de cierre y los haces con sus porciones finales 25 se llevan a través de la cámara 16. Con las láminas terminales 17 y 18 mantenidas hacia la caja 16 dentro de las cámaras de cabecera, los extremos opuestos de los haces están entonces colocados dentro de

30



270609

16

las aberturas de la otra de las láminas finales. Los cierres de puerta deslizante son movidos para ajustar con los soportes sobre los ajustes 25 para fijarlos a las láminas terminales 17 y 18. Posteriormente las cámaras de cabecera se cierran a la
5 caja por medio de las pestañas y pernos anteriormente descritos y, si se desea, se lleva a cabo un ajuste final de la tensión de los haces 19 por medio de los tornillos de posición 40 o su contrapartida.

En la mayoría de las operaciones en que se utilizan proce
10 sos de permeabilidad la ruptura de una o de un pequeño número, de las membranas individuales empleadas, bien sean de construcción tubular o plana, es causa de una reducción del factor de rechazo del aparato separador, que es tan drástica en su efecto que la totalidad de la instalación afectada se debe parar ordi
15 nariamente para reemplazar la membrana averiada. La ruptura de una sola membrana en una unidad de varias membranas de tipo usual reduce generalmente el factor de rechazo del conjunto en una me
dida bastante mayor que la que se puede tolerar para la mayoría de las separaciones. Así pues, la utilidad de todo el aparato
20 de permeabilidad se interrumpe. Bajo tales circunstancias, el material difundido se debe desechar corrientemente o reciclarlo a través de unidades de trabajo adecuadas. Este no es el caso cuando se utilizan aparatos de permeabilidad de acuerdo con el presente invento. Cada uno de los haces en las unidades de se
25 paración de fluido comprende, como se ha dicho, muchos miles, e incluso millones, de fibras huecas, finas. Por tanto, la ruptu
ra de una sola fibra en un haz produce solamente una caída insignificante en el factor de rechazo de la unidad de separación. Además, como el aparato construido de acuerdo con el presente
30 invento tiende a evitar los factores que ocasionan rupturas en

270609



membranas agrupadas corrientemente, es improbable que se produzca una porción intolerablemente grande de fibras en cualquier haz dado, mientras que la presión aplicada no exceda de la capacidad de diseño de las fibras huecas empleadas. Por supuesto, las células hechas de acuerdo con el invento son capaces de rendir continuamente bajo presión elevada durante periodos de muchos meses, incluso años, sin reducción apreciable del factor de rechazo.

Se ha descubierto que ciertos materiales polímeros, útiles como membranas de permeabilidad, están sujetos a un tipo de agrietamiento por fatiga bajo carga de tensión prolongada. La carga de tensión se produce en fibras huecas cuando la presión se aplica en los orificios interiores.

El presente invento está encaminado particularmente a instalaciones que empleen fibras huecas permeables en las que se desea reducir las probabilidades de agrietamiento por fatiga. La presión de empuje se aplica ventajosamente a las paredes exteriores de las fibras huecas. Cuando la presión se aplica a las paredes exteriores, el material polímero está sujeto a carga de compresión, más bien que a carga de tensión. El agrietamiento por fatiga no se ha observado con materiales polímeros sujetos a carga de compresión. Un análisis de los esfuerzos generados en fibras huecas mostrará la eficiencia relativa de la carga externa e interna, con el fin de determinar qué espesor de pared relativo se requiere bajo carga exterior e interior para que fibras del mismo diámetro resistan la misma presión aplicada, o a la inversa, qué presión relativa puede ser aplicada bajo carga interior y exterior con fibras huecas de igual espesor de pared y diámetro.

Bajo carga exterior, la fibra hueca falla cuando se alcanza en la pared de la fibra el esfuerzo límite cortante. Cuando

se alcanza este esfuerzo, la fibra hueca se aplasta.



Bajo carga interior, la fibra hueca falla cuando se alcanza en la pared de la fibra el esfuerzo último cortante. En este caso, la fibra hueca se rompe.

5 Los materiales polímeros dúctiles, en general, tienen esfuerzos últimos cortantes algo mayores que los esfuerzos límites cortantes.

Frecuentemente, el esfuerzo último cortante es un 20% aproximadamente mayor que el esfuerzo límite cortante. Por tanto, está claro que, para presión aplicada y diámetro de fibra iguales, el espesor de pared de una fibra sujeta a carga exterior debería ser un 20% mayor que el espesor de pared de una fibra sujeta a carga interior, con el mismo margen de seguridad por debajo del fallo.

10 Sin embargo, cuando se hace una fibra hueca permeable de un material polímero que está sujeto a agrietamiento por fatiga bajo carga de tensión prolongada, es mejor aplicar la presión al exterior de las fibras. La ligera pérdida en eficiencia es más que compensada por la menor probabilidad de agrietamiento por fatiga -tiempo con carga de compresión.

15 En el aparato y procedimiento del presente invento, el fluido cuyos componentes se van a separar se coloca, por consiguiente, bajo presión mayor que la osmótica dentro de la caja 16, según se describe más arriba, de manera que el componente permeable pase desde el exterior de las fibras a través de las paredes de ellas y al interior.

20 Una ventaja adicional importante, cuando la presión se aplica al exterior de la fibra hueca, está relacionada con el mecanismo de rotura. Como se describe más arriba, una fibra hueca que está sujeta a presión exterior fallará cuando el esfuerzo



límite cortante se alcance por aplastamiento. Sin embargo, la fibra ya no actuará por más tiempo como una membrana permeable. No habrá ninguna pérdida de fluido directa entre las fases de fluido exterior e interior. Por otra parte, una fibra hueca en la que se aplica la presión interiormente, falla por rotura cuando se alcanza el esfuerzo último cortante.

En este caso, hay una comunicación de fluido directa entre las fases fluida externa e interna. La fuga de fluido directa es perjudicial en muchos procedimientos, de separación por permeabilidad. Aunque, según se explica más arriba, la pérdida de factor de rechazo con una fibra hueca rota en una pluralidad de fibras huecas no es tan grande como la pérdida de factor de rechazo con una membrana uniplanar rota en un aparato de separación ordinario.

Debido al aplastamiento parcial de las fibras huecas como resultado de esta presión externa, y también debido a que se juntan por presión las superficies exteriores de las fibras huecas individuales dentro de cada haz de las células descritas anteriormente, hay un área de superficie algo menos efectiva para separación por permeabilidad que en el procedimiento en que se emplea el sistema invertido.

Sin embargo, en muchas instalaciones, la vida prolongada adicional conseguida por el sistema presente es más aconsejable que la eficiencia aumentada del procedimiento invertido cuando la presión se aplica al interior de las fibras huecas. Esto es particularmente ventajoso cuando se proyecta que instalaciones estáticas funcionen durante un largo período de servicio, y/o cuando es difícil o costoso mantener un control de agitación de la presión aplicada. Las roturas que podían ser ocasionadas por la fuerza aplicada interiormente, se evitan así o se reducen al

23009



mínimo, puesto que, para la mayoría de los materiales, se añade un factor de seguridad de aproximadamente un 50% por la aplicación de presión externa.

5 Otra ventaja de la aplicación de la presión externa se pone de manifiesto cuando se tienen en cuenta los procedimientos en que está presente materia suspendida en el fluido cuyos componentes se van a separar. Cuando se aplican tales fluidos al interior de las fibras huecas bajo presión, existe una posibilidad de atascamiento de las fibras huecas finas por la materia
10 suspendida, a menos que se aplique un filtrado o sedimentación amplios al fluido en un pretratamiento. Cualquier acumulación de tal materia suspendida se puede separar fácilmente de las superficies exteriores de las fibras huecas finas mediante una breve inundación del interior de la caja y de los exteriores de
15 las fibras huecas, o por otros procedimientos corrientes para limpiar filtros, tal como ciclo invertido, etc.

Las células de permeabilidad del presente invento, cuando se utilizan en pluralidad en cualquier instalación de separación dada, pueden conectarse en paralelo o en serie para purificar
20 más el componente separado que pasa sucesivamente a través de las unidades. En semejante batería en serie, las salidas 13,13, de la primera célula están conectadas con la entrada 11 de la segunda célula, etc.

El presente invento ofrece por primera vez, una solución
25 económica práctica, para purificar agua salada o para producir agua potable a partir del agua del mar o de agua salobre, por ósmosis invertida o ultrafiltración, respectivamente. La figura 5 muestra una realización preferida de una instalación de agua de mar que recoge los principios del presente invento.

30 En el diagrama de flujo esquemático de la figura 5, el nú-

270609



mero 33 representa una instalación de pretratamiento de cualquier construcción adecuada conocida, en la especialidad. Tales instalaciones de pretratamiento están compuestas, corrientemente, de varios tanques de sedimentación, otros clarificadores, filtros, unidades de tratamiento bacteriano, etc. El agua de mar se introduce en la planta de pretratamiento 33 y el efluente tratado que sale de la planta 33 se dirige a una bomba de primer tiempo 34. La bomba de primer tiempo es, preferentemente, una unidad de baja presión, conectada directamente por medios mecánicos al eje de salida de una turbina de impulsión 35, que está movida por la energía procedente de la corriente de movimiento de la solución de salmuera residual, después de su recorrido a través del aparato de permeabilidad. Desde la bomba de baja presión 34, la solución salina se carga en una bomba de alta presión de segundo tiempo 36 que está conectada por fluido a la salida de la bomba 34, accionada por un motor eléctrico u otro medio adecuado. La solución salina bajo presión elevada procedente de la salida de la bomba de segundo tiempo 36, está conectada por fluido al lado de la entrada 11 de una célula de permeabilidad 10 o a las entradas 11 de una batería de células conectadas en paralelo 10, similares a las descritas anteriormente. Se descarga agua fresca por las salidas 13,13 y si se desea, se cicla nuevamente a través de una batería de células de permeabilidad adicionales conectadas en serie. La solución salina tratada se conduce desde las salidas 12,12 de la célula o células para accionar la turbina de impulsión 35. La solución de salmuera residual procedente de la turbina 35 se conduce a una zona de vertido que puede ser el mar u otra fuente de agua salina.

En una planta de conversión típica de agua de mar, trazada de acuerdo con el presente invento, siguiendo las directrices

270609



anteriormente explicadas, se puede conseguir fácilmente una producción de 40.000 m³ por día de agua potable contenida en el agua de mar suministrada. Para obtener esta producción, se suministran a la planta de pretratamiento aproximadamente 72 m³ por minuto de agua de mar conteniendo alrededor de un 3,5 por ciento de sal disuelta. Esta solución, después de pasar a través de las bombas, se carga en la tubería de entrada de las células de permeabilidad, a una presión de unos 60 kg/cm². Se retira de las células conectadas en paralelo, agua salobre o no completamente desalada, de la que se ha separado el 95 por ciento del contenido de sal inicial, a una velocidad de 28 m³, aproximadamente, por minuto. La salmuera tratada restante, que fluye de las células a la velocidad de unos 36 m³ por minuto, y a una presión de unos 49 kg/cm², se utiliza para mover la turbina de impulsión. Este resto se conduce luego a la salida de la salmuera sobrante. Si se desea, la solución de salmuera sobrante se puede utilizar como material de partida en una planta de evaporación para soluciones salinas, para recuperar más agua potable y para recuperar la sal contenida en ellas.

Teniendo en cuenta el costo amortizado de las células de permeabilidad y otros componentes de este sistema, así como las pérdidas de energía debidas al sistema de bombeo y a la conversión de energía mecánica en energía térmica que resulta del flujo forzado por la membrana y de la fricción, una planta semejante puede producir agua potable a partir de agua del mar sobre una base económicamente interesante.

La eficiencia y economía de tal planta de conversión de agua de mar está determinada en gran medida por el material de que están constituidas las fibras huecas finas y por las dimensiones de tales fibras.

270609



La elección de los materiales para este y todos los demás procedimientos descritos de aquí en adelante, a los que es aplicable el invento, está, por supuesto, dictada por el proceso separativo particular en que se han de utilizar las células de permeabilidad, incluyendo una consideración de la resistencia que es necesaria para una producción de procedimiento eficiente. Entre otros factores que son determinantes del material elegido para un procedimiento separatorio particular están: resistencia a la reacción química en los componentes fluidos, constantes de permeabilidad selectiva y específica del material para los componentes fluidos elegidos a la concentración elegida, solubilidad o recristalización del material de membrana en uno o más de los componentes fluidos, y costo del material de membrana. Además, el material de membrana elegido para uso en el presente invento debe ser evidentemente apto para ser transformado en fibras huecas de paredes finas.

Cuando el aparato de permeabilidad de este invento se ha de utilizar en el tratamiento de composiciones fluidas acuosas, particularmente en procedimientos relativos a ósmosis, ósmosis invertida o diálisis, están indicados para utilizarlos como materiales de membrana, una variedad de materiales capaces de transformarse en fibras huecas. Tales materiales son generalmente de carácter hidrófilo e incluyen: ésteres de celulosa, tales como acetato, triacetato, formiato, propianato, nitrato de celulosa, incluyendo mono, di- o triésteres y mezclas de tales ésteres; éteres de celulosa, tales como, metilo, etilo, hidroxialcoholo, carboxialcoholo, o análogos, incluyendo éteres de celulosa mixtos; celulosa regenerada; alcoholes polivinílicos; polisacáridos; caseína y sus derivados; y materiales polímeros hidrófilos similares, tales como ciertas formas de polímeros de acrilonitrilo.

270609



Algunos de estos materiales se transforman más fácilmente que otros en fibras huecas, finas. Un material altamente ventajoso para convertirle en fibras huecas para uso en la práctica del invento es triacetato de celulosa. El triacetato de celulosa en
5 forma de fibras huecas tiene excelentes cualidades de permeabilidad, costo bajo, fuerza y resistencia a la acción química o disolvente. Además, la formación de fibra es relativamente fácil con triacetato de celulosa.

Cuando se desee separar componentes orgánicos de fluidos,
10 están indicados los siguientes materiales ilustrativos (los cuales son generalmente de carácter hidrófobo): poliamidas lineales sintéticas, policarbonatos, cloruro de polivinilo y sus copolímeros, cloruro de polivinilideno y sus copolímeros, polímeros de éster acrílico, polímeros de silicóna orgánicos, poliuretanos,
15 polivinil-formales y polivinil-butirales o sus mezclas, polímeros de metacrilato, polímeros de estireno, otras varias poliolefinas o poliésteres o sus mezclas, así como varios derivados de celulosa y polímeros de acrilonitrilo. Particularmente ésteres-éteres mixtos, que son adecuadamente de carácter hidrófobo para muchas
20 aplicaciones.

Cuando se utilizan membranas de fibra hueca en procedimientos separadores de cambio iónico o análogos, el reactivo o reactivos necesarios para producir la separación deseada de cambio iónico o análogo se incorporan preferiblemente dentro del material polímero formador de fibra antes de su formación en fibra
25 hueca. En muchos casos, por supuesto, el tratamiento de las fibras huecas pre-formadas con líquido o por cualquier otro medio para convertirlas en material de cambio iónico proporcionará membranas adecuadas selectivamente permeables.

30 Se pueden preparar fibras continuamente huecas, finas, del



21 0000

18

5 tipo adecuado para uso en la práctica del invento, según el ma-
terial formador de fibra empleado por procedimientos de hilado
húmedo, seco (o de evaporación) y de fusión. Por ejemplo, se
pueden producir fácilmente finas fibras huecas de triacetato de
10 celulosa por un procedimiento de hilado en húmedo en el que el
triacetato de celulosa se disuelve primero en un disolvente ade-
cuado para formar una solución de hilado viscosa; después de lo
cual la solución de hilado se extruye en un baño coagulante a
través del espacio anular que hay en un pequeño orificio anular
15 (hilera). La fibra extruída se coagula o gelifica en la forma
deseada de un filamento de pared uniforme, continuamente hueco.
Antes de usarla, la fibra hueca de triacetato de celulosa se la
va para librarla de disolvente y de cualquier material de núcleo
soluble, si se ha empleado en un baño adecuado para este fin, ven-
20 tajosamente uno que sea de naturaleza acuosa o que esté compues-
to de agua. Corrientemente, es conveniente recoger las fibras
huecas en un tambor u otro medio adecuado de recogida antes de
reunirlas en las células utilizadas en la práctica del invento.

Se puede comprobar fácilmente que, cuanto menor es el es-
20 pesor de pared de la fibra, menor es la resistencia y mayor la
velocidad de transferencia. Por supuesto, que el espesor de pa-
red debe ser suficiente para resistir las presiones operativas a
que se somete a la fibra. Por consiguiente, en tales operacio-
nes de presión baja como diálisis u ósmosis se puede utilizar un
25 espesor de pared menor que en semejantes operaciones de presión
relativamente más elevada como ósmosis invertida.

La presión externa admisible para cualquier fibra hueca uti
lizada en la práctica del presente invento se puede calcular de
acuerdo con la siguiente fórmula:

30

270609



$$\frac{t}{D} = 1/2 \left[e^{P/2s} - 1 \right]$$

5 en la que t es el espesor de pared, D es el diámetro interno, P es la presión externa aplicada y s es el esfuerzo cortante tolerable.

10 Por consiguiente, para un esfuerzo cortante tolerable dado, la relación t/D fija la presión externa tolerable para las fibras huecas, sin tener en cuenta el diámetro. Según esto, como es fácilmente comprensible, fibras huecas de igual relación t/D resistirán la misma presión externa. Así, pues, cuanto menor sea el diámetro de la fibra, menor será el espesor de pared correspondiente que se necesita y menor la resistencia a la penetración.

15 Las dimensiones óptimas para las fibras huecas variarán al go de acuerdo con el procedimiento particular en que se utilizan y variarán también algo de acuerdo con la resistencia última del material que forma la fibra.

20 En general, el espesor de pared uniforme de las fibras debe mantenerse ventajosamente en los límites que van desde 1/3, aproximadamente, a un octavo, aproximadamente, del diámetro exterior de la fibra hueca. También, en general, las fibras huecas deben ser capaces de resistir una presión externa mínima de, por lo menos, unos 7 kg/cm² sin aplastarse. De acuerdo con los parámetros arriba indicados de velocidad de transferencia el diámetro exterior máximo de las fibras huecas no debería, ventajosamente, exceder de 300 micrones. En realidad, unos límites más ventajosos de diámetro exterior están entre unos 10 y unos 50 micrones. El espesor de pared uniforme de las fibras huecas puede oscilar entre un mínimo de 1 micron, aproximadamente, a un máximo de 80 micrones, aproximadamente. El aumento o disminución de

25

30

210609



los límites especificados, conducirá a una probabilidad incrementada de aplastamiento en el lado mínimo y a un descenso en la velocidad de transferencia de masa sobre el lado máximo.

5 Los límites más convenientes de espesor de pared de las fibras huecas para la mayoría de los fines están entre unos 2 a unos 20 micrones con unos límites de trabajo generalmente convenientes y adecuados de desde 1, aproximadamente, a unos 50 micrones.

10 Los límites de dimensiones más satisfactorios para utilizar abarcan fibras huecas que, en realidad, son muchas veces menores que las del cabello humano. Sin tener en cuenta los parámetros dimensionales específicos de las fibras comprendidas en cualquier haz de fibras huecas utilizadas de acuerdo con el presente invento, el área de transferencia de los haces (o de
15 una pluralidad de haces reunidos en las células) se puede estimar en formas análogas a las que figuran en los siguientes cálculos utilizando para fines ilustrativos fibras huecas que tienen un diámetro exterior (O.D.) de 13 micrones, un diámetro interno (I.D.) de 9 micrones, un espesor de pared de 2 micrones,
20 una longitud de 30 centímetros y un tamaño de haz cilíndrico de 2,54 cms. de diámetro.

<u>AREA de transferencia</u>	<u>Instalación "A"</u>	<u>Instalación "B"</u>
1.- Separación de fibra en el haz	2 x O.D.	1,5 x O.D.
2.- Número de fibras en haz	$8,65 \times 10^5$	$1,54 \times 10^6$
25 3.- Area de transferencia por haz	$7,4 \text{ m}^2$	$13,1 \text{ m}^2$
4.- Separación de haces en célula	2 x O.D.	1,5 x O.D.
5.- Area de trans. total por volumen-unidad de célula.	$10,8 \text{ m}^2/\text{litro}$	$34,5 \text{ m}^2/\text{litro}$

30 Como se ha indicado en lo dicho anteriormente, el área de transferencia total por volumen-unidad disponible de un conjunto

270609



de membrana lisa (suponiendo un espaciamiento de membrana no soportada de un milímetro) es, aproximadamente, un metro²/litro.

5 También se debe subrayar que cuando el invento se utiliza para procedimientos llevados a cabo por ósmosis directa y/o diálisis, la ausencia de soporte de los haces de fibras huecas, ex
cepto en sus porciones terminales extremas y la uniformidad de dimensiones a lo largo de toda la longitud de la fibra, proporciona un sistema en el que hay flujo en contracorriente entre el fluido que se va a tratar sobre el exterior de la fibra y el
10 fluido que se trata en el interior de las fibras. Esto asegura una velocidad de transferencia uniforme máxima a lo largo de toda la longitud.

El sistema del presente invento es particularmente adecuado para la separación de disolvente de las papillas, suspensiones y soluciones, particularmente cuando estas soluciones están asociadas con material en forma de partículas. Como ejemplo de
15 tales procedimientos, se pueden mencionar la concentración de suspensiones de látex acuosas, jugos de frutas y verduras y lodo de alcantarilla. Estos procedimientos se pueden llevar a cabo por ósmosis directa y/o diálisis.
20

El fluido que se va a tratar se carga por la entrada 11 de la célula de separación descrita arriba y el fluido tratado sale por las salidas (12). Dentro de las fibras (20) fluyendo en contra-corriente, se encuentra una solución que contiene el
25 mismo disolvente que el material que se va a concentrar. En esta solución, la actividad del disolvente es menor que en el material que se quiere concentrar. Así, pues, se crea un gradiente de actividad y el disolvente fluye por ósmosis desde el exterior al interior de las fibras. Este disolvente se saca después a través de las salidas 13. Por supuesto, el material de
30



que se hacen las fibras huecas debe ser permeable al disolvente y relativamente impermeable a los solutos.

En la práctica del presente invento, la solución disolvente que fluye a través de las fibras es preferible que contenga una sal en solución, de manera que produzca y controle el gradiente de actividad osmótica preferencial. Cuando se utiliza tal procedimiento, la solución de sal en disolvente se carga en una de las cabeceras 14 ó 15 a presión suficiente para mantener una velocidad de flujo a su través y entonces se descarga la solución diluída de la otra de las dos cabeceras.

El siguiente ejemplo que se refiere a la concentración de jugo de naranja, por ósmosis, sirve para ilustrar tal procedimiento utilizando el aparato del presente invento. El uso de este procedimiento para concentrar jugo de naranja tiene netas ventajas sobre los procedimientos de evaporación comerciales actuales, puesto que no incluye elevación de calor, evitando así que se deteriore el concentrado.

Se pone jugo de naranja dentro de la caja de una célula en la que se han formado las fibras huecas de triacetato de celulosa que tienen un diámetro externo de 14,4 micrones, un diámetro interno de 10,0 micrones, y un coeficiente de penetración de agua de $2,5 \text{ por } 10^{-14} \text{ cm/s}$. Se utilizan fibras suficientes para proporcionar un área de transferencia de $2,4 \times 10^5 \text{ m}^2$. Tal célula ocupa, aproximadamente, $6,3 \text{ ms}^3$ donde hay un espaciamiento entre las fibras del doble del diámetro externo.

Una solución de cloruro de sodio al 6% que tiene una presión osmótica de 50 atmósferas aproximadamente, se carga en el interior de las fibras huecas, preferentemente desde la entrada izquierda, según se ve en la figura 1, a una velocidad de flujo de 800 litros por minuto. El jugo de naranja se carga en el interior de la



27 00 15

caja y alrededor de los exteriores, de las fibras a una velocidad de 400 litros por minuto. El jugo de naranja tiene una concentración inicial de azúcar de 11,5 %, aproximadamente y tiene una presión osmótica de 10,3 atmósferas.

5 Con las cargas mencionadas arriba, se obtiene, en el lado de salida de la caja, una velocidad de flujo de 110 litros, aproximadamente, por minuto, de jugo de naranja concentrado, que tiene un contenido de azúcar de 42% y una presión osmótica de 45 atmósferas. La descarga del interior de las fibras huecas tiene

10 una velocidad de flujo de 1.090 litros, aproximadamente, por minuto y una concentración de cloruro sódico de 4,4% y tiene una presión osmótica de 35 atmósferas.

El presente invento utilizado para ósmosis directa combinada con diálisis se ilustra por el ejemplo del riñón artificial

15 siguiente. Este riñón está concebido para retirar urea y sustancias afines de la sangre por diálisis y para retirar agua de edema de la sangre por ósmosis.

El riñón está construido de una célula de acuerdo con las enseñanzas precedentes en la que las fibras huecas están formadas

20 por celulosa regenerada y tienen un diámetro externo de 200 micrones, un diámetro interno de 160 micrones, y una longitud activa de 5,8 cm. Utilizando 5,1 por 10^4 fibras huecas, se proporciona un área de transferencia total de 15.100 cm^2 .

El material de celulosa regenerada es permeable a la urea

25 y sustancias afines y al agua, pero es impermeable a la proteína de plasma y células de sangre. También es impermeable a la sustancia disuelta en la solución que pasa a través de las fibras huecas. Esta solución que se carga en las fibras huecas bajo presión suficiente para originar una velocidad de flujo deseada, es,

30 con preferencia, una solución acuosa a 8% de polietilenoglicol.



La velocidad de flujo de la sangre empleada es 350 mililitros por minuto y la velocidad de flujo de la solución de glicol es 1.750 mililitros por minuto. El producto descargado de la caja estaba compuesto de sangre que tenía un 86% de la urea detectable y sustancias afines separadas de la misma y se separó del mismo agua en una proporción de 40 mililitros por minuto.

El procedimiento del presente invento se puede aplicar con buenos resultados en los tipos generales de operaciones de separación siguiente:

1. Separación de los componentes de soluciones salinas acuosas.

a.- Con fibras huecas osmóticas.

1.- Recuperación de agua procedente de soluciones salinas.

a. Para desalar agua de mar.

b. Para desalar aguas salobres.

2.- Recuperación de sales procedentes de soluciones salinas.

a. Recuperación de cloruro sódico y/o constituyentes secundarios de agua de mar.

b. Recuperación de sales de otras salmueras, incluyendo soluciones de haluros, carbonatos, sulfatos, boratos, y análogos de metal alcalino y alcalino térreo, tales como KCl, KBr, NaCl, Na_2CO_3 , Na_2SO_4 , $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, Na_3PO_4 , NaBr, NaF y CaCl_2 .

3.- Concentración de soluciones salinas industriales y otras soluciones químicas, incluyendo álcalis (por ej., NaOH, KOH, etc.), fertilizantes de amonio y nitratos, líquidos de lixiviación, incluyendo sales de uranio y de las tierras raras, ácido ortofosfórico, fosfatos de sodio, sulfato de cobre (por ejemplo, CuSO_4), glutamatos monosódicos, tiosulfatos sódicos, cromatos sódicos, cloratos sódicos, carbonato de litio, alumbre, sul



270600

fato de aluminio, cloruro amónico, nitrato amónico, y análogos.

4.- Separaciones industriales, incluyendo concentraciones de agua pesada, glicerina, ácido láctico, extractos tánicos, alcohol, fluoruro de hidrógeno, glicoles, etc.

5 B.- Con fibras huecas que tienen enlaces de sustitución de grupo iónico.

1.- Procedimientos de cambio iónico incluyendo:

a. Ablandamiento del agua (por ejemplo, cambio de ion Na^+ por Ca^{++} , etc.)

10 b. Reblandecimiento aniónico.

c. Recuperación de magnesio del agua del mar.

d. Recuperación de álcali (NaOH) a partir de la cal (CaO) y de la sal (NaCl).

15 2.- Exclusión iónica acoplada con ósmosis invertida, incluyendo:

a. NaCl de glicerina.

b. Desmineralización de H_2O o cualquier otro disolvente no iónico de peso molecular bajo.

20 c. Todos los procedimientos separatorios detallados más arriba para materiales iónicos con fibras osmóticas y un procedimiento de ósmosis invertida se pueden llevar a cabo utilizando filtros iónicos.

II.- Separación o concentración de materiales sensibles al calor, independientemente de componentes iónicos:

25 A.- Biológicos:

1.- Materiales médicos:

a. Riñón artificial

b. Soluciones estériles

c. Aislamientos de virus o bacterias

30 d. Fraccionamiento de sangre.

270609



e. Producción de suero.

2.- Materiales farmacéuticos:

a. Concentración o separación de alcaloides, glucósidos, hormonas, vitaminas, vacunas, aminoácidos, antisueros, antisépticos, proteínas, compuestos organo-metálicos, antibióticos.

b. Fermentación continua

B.- Industrias de la alimentación

1.- Concentración de jugos de frutas y verduras naturales, incluyendo: naranja, toronja, uva, manzana, tomate, zanahoria, repollo, apio, etc.

2.- Concentración de soluciones de azúcar.

3.- Concentración de bebidas, incluyendo leche y extractos de: café, té, etc.

15 III.- Separación selectivamente permeable de materias orgánicas:

A.- Separación de materiales que son normalmente azeotropos:

1.- Soluciones alcohol-agua.

2.- Azeotropos ternarios agua-isopropanol-etanol.

20 B.- Mezclas de puntos de ebullición próximo, tales como meta- y para-xilenos, y análogos.

C.- Recuperación de disolventes de solución orgánica.

D.- Separación de contaminantes orgánicos de corrientes de óxido de propanol o etanol.

E.- Fraccionamiento de petróleo.

25 F.- Separación de amoníaco (NH_3) de aminas orgánicas.

IV.- Tratamiento de corrientes residuales industriales incluyendo residuos de materiales radiactivos, pulpas sulfíticas, productos de fisión, desperdicios de fábricas de conservas, etc.

V.- Diálisis:

30 A.- Recuperación de álcali de soluciones de viscosa o de



270609

16 E

mercerización.

B.- Recuperación de ácidos de procedimientos de tratamiento de metal.

C.- Conversión almidón-dextrina.

5 D.- Concentración de leche desnatada.

E.- Separación de sal de soluciones de azúcar.

F.- Diálisis de sangre, de venas, arterias artificiales, etc.

10 Los soportes terminales y cierres que resultaron ser más útiles en el presente invento se exponen con detalle en las figuras 6 a 8 de los dibujos adjuntos. La figura 6 es una vista longitudinal en sección transversal de un elemento separador de permeabilidad, formado de acuerdo con el presente invento;

15 La figura 7 es una vista en sección transversal de una de las porciones terminales del haz de fibras huecas durante el proceso de montaje del presente invento; y

La figura 8 es una vista en sección transversal de la misma porción terminal según queda fabricada finalmente.

20 Refiriéndonos primero a la figura 6, en ella se muestra uno de los elementos de separación por permeabilidad de este invento, señalado en su totalidad por 110. Este elemento incluye una pluralidad de fibras continuamente huecas, finas 111, estando formadas dichas fibras en un haz 112 de fibras de igual longitud, sustancialmente paralelas. En los párrafos siguientes está contenida una descripción más detallada de los parámetros y materiales de las fibras huecas individuales. Tal haz -112- corrientemente comprende por lo menos muchos cientos de las fibras huecas individuales 111. Ventajosamente, cada haz tiene fibras en una cantidad de, por lo menos, mil y, más ventajosamente, hasta un millón o más de tales fibras.

25

30



El haz -112- tiene dos porciones terminales opuestas 113 y 114. Cada una de estas porciones terminales está rodeada por un elemento de acoplamiento o ajuste 115,115, que tiene orificios o pasajes centrales 116,116, dentro de los cuales están colocadas las porciones terminales, 113, 114. Preferentemente, el tamaño del orificio 116, se elige para que sea solo ligeramente mayor que las dimensiones exteriores de las porciones terminales de los haces. Para la mayoría de los fines, se prefiere hacer el exterior de los haces y de los orificios en forma de sección transversal tubular.

Cada una de las fibras individuales 111 está pegada para que cierre de una manera efectiva sobre sus porciones terminales exteriores solamente a las porciones terminales exteriores únicamente de fibras individuales adyacentes y/o a la pared interior 117 del orificio 116, como se indica generalmente en 128. En cualquier caso, aquellas fibras 111 que están en el exterior del haz 112 están pegadas a la pared interior 117. Es importante, para operar de manera satisfactoria, que se realice un cierre efectivo de las porciones terminales exteriores de las fibras.

Aunque puede utilizarse cualquier adhesivo adecuado, tal como los de fenol-aldehidos, cauchos artificiales termoendurecibles, resinas acrílicas u otros adhesivos, orgánicos, líquidos endurecibles, es preferible, generalmente, emplear una epoxi-resina para pegar las fibras. Muchos factores dictan la elección del adhesivo adecuado. Estos incluyen la elección de los materiales para las fibras 111 y para los elementos de acoplamiento 115,115. Además, el adhesivo elegido debe ser inerte a la acción química o disolvente por cualquiera de los componentes del fluido con el que se va a utilizar y, como se indica, debe proporcionar un cierre a prueba de fluido a las presiones y/o tem-



peraturas particulares a las que se ha de someter el aparato de separación por permeabilidad.

Las epoxi-resinas son particularmente adecuadas para el uso indicado, debido a su inercia a los disolventes y la corrosión química y a su facultad de proporcionar cierres a prueba de fluido a las presiones y/o temperaturas elevadas consideradas. El adhesivo 128, cuando endurece, llena los intersticios entre los exteriores de las fibras individuales 111 y entre los exteriores de las fibras individuales y la pared interior 117, en relación de cierre fluido. De esta forma, no puede pasar ningún fluido a través del orificio 116, excepto aquel que pasa a través de los interiores de las fibras huecas.

Los ajustes 115 están provistos en sus superficies exteriores 118-118 de una ranura o canal 119-119 para un fin que se describe más adelante. El haz 112 de fibras huecas 111 con los acoplamientos extremos 115 pegados a él en relación de cierre fluido, forma así un elemento de separación por permeabilidad unitario.

Los elementos de separación del presente invento se pueden fabricar reuniendo una pluralidad de fibras finas continuamente huecas de dimensiones uniformes, sustancialmente iguales, incluso longitud, en un haz 112. En estos haces las fibras están colocadas en relación sustancialmente paralelas con sus porciones terminales 113 terminando en un plano común. Este haz puede tener un elemento elástico o análogo (no representado en el dibujo) colocado alrededor de él para sostener temporalmente las fibras en el haz reunido retirándose este elemento después del montaje final de que se trata más adelante. El haz 112 se enhebra a través del orificio 116, del miembro de acoplamiento 115 con las porciones extremas 132 de las fibras individuales, extendiéndose más

275609



allá de la pared final 131 del acoplamiento 115, según ¹⁵ muestra-
tra en la figura 7. Los exteriores de las fibras se pueden pe-
gar entre sí y con la pared interior 117 del orificio 116, sume-
rgiendo todo el conjunto de la porción terminal del haz 112 y el
5 acoplamiento 115 en un adhesivo adecuado 128, que tenga una com-
posición semejante a la descrita anteriormente, o de manera más
favorable obligando al adhesivo de cierre a entrar dentro del
orificio 116 bajo presión.

10 En cualquiera de estos procedimientos se puede comprobar
que alguna parte del adhesivo inicialmente fluido entrará en los
orificios de las fibras huecas, taponando los extremos. Tal ac-
ción se aumenta probablemente por atracción capilar.

15 Una técnica adecuada para impedir la entrada del adhesivo
en los extremos de las fibras huecas, de manera que evite la po-
sibilidad del taponamiento, es llenar primero (antes de la apli-
cación del adhesivo de cierre) los extremos de las fibras huecas
con un material sólido que pueda ser retirado rápida y fácilmen-
te de allí, después de la aplicación del adhesivo. Ventajosamen-
te, el material separable empleado para el taponamiento temporal
20 de los extremos de las fibras huecas es una sustancia inerte de
punto de fusión bajo, tal como cera o material análogo, que se
puede colocar fácilmente en los extremos de las fibras y, después
de que se ha terminado la operación de pegado, se puede separar
de allí fácilmente mediante una operación de fusión y drenaje.
25 O, si se prefiere, un material que se pueda disolver por un disol-
vente no activo sobre la fibra hueca ni sobre el adhesivo de cie-
rre, para el taponamiento temporal de los extremos de las fibras,
después de lo cual se separa por disolución en el disolvente ade-
cuado.

30 Después de la operación de aplicación del adhesivo, éste

270609

16



se deja endurecer o se le hace endurecer. La operación de endurecimiento se puede producir a temperaturas ambientes o, en el caso de resinas termoendurecibles, a temperaturas elevadas apropiadas. Después de que el adhesivo ha endurecido, los extremos 132 de las fibras 111 que sobresalen de la pared extrema 131 se cortan. Es preferible utilizar una herramienta cortante muy afilada (tal como una que se asemeje a una cuchilla de acero amolada). Tal procedimiento tiende a evitar eficazmente que se aplasten entre sí las paredes cortadas de las fibras.

En casos en que las fibras huecas no se taponan temporalmente con cera u otra sustancia que se pueda separar fácilmente antes de la aplicación del adhesivo, la longitud de las porciones finales 132 que sobresale del extremo 131 y que son cortadas, está determinada por la distancia a que penetra el adhesivo 118 en el interior de las fibras huecas 111. Esta distancia variará de acuerdo con la viscosidad y composición del adhesivo, y con la presión aplicada (si se aplica alguna) al adhesivo. También variará de acuerdo con la composición y dimensiones físicas. Como consecuencia, es un factor que se determina mejor empíricamente en cada caso particular. En cualquier caso, las porciones que sobresalen 132 deberían exceder en longitud a la distancia en que el adhesivo penetra en los orificios de las fibras huecas, de manera que, cuando estos extremos se cortan, las fibras huecas tendrán todas interiores extremos abiertos.

Por supuesto, no hay tal problema cuando los extremos de fibra se taponan temporalmente con cera o producto análogo o una sustancia equivalente, antes de la aplicación del adhesivo, puesto que el llenado temporal de los extremos de las fibras evita el atasco inconveniente de las fibras con el adhesivo que se utiliza. En tales casos, las fibras huecas pegadas necesitan solo

270609



5 tener una longitud suficiente para asegurar su alineación adecuada, en el miembro de acoplamiento 115, cortándose cualquier porción que sobresalga, según se dice más arriba. Después de esto, la cera, o cualquier otro relleno temporal, se separa del extremo de las fibras por fusión y drenaje o por disolución con disolvente.

10 A este respecto, la presencia de una cera temporal o un relleno sólido análogo es también beneficiosa durante cualquier operación necesaria de corte y acabado, que se lleva a cabo, puesto que el llenado temporal tiende a reforzar de una manera aún más positiva las fibras huecas durante el corte, de manera que hasta evita mejor que se aplasten entre sí las paredes de fibras cortadas.

15 En un procedimiento alternativo, conveniente solamente cuando las dimensiones exteriores del haz 112 se aproximan estrechamente a la dimensión interior del orificio 116 y cuando se utiliza una composición adhesiva de viscosidad relativamente elevada el haz reunido de fibras finas huecas se puede sumergir en el adhesivo 128 y seguidamente hacerle pasar a través del orificio 20 116, de manera que haga contacto con la pared 117. El empleo de tal sistema (empleado mejor cuando los extremos interiores de las fibras huecas están temporalmente cerrados con cera u otro agente, según se describe más arriba) depende de que una cantidad suficiente de adhesivo se adhiera al exterior de las fibras de los haces de manera que proporcione un cierre impermeable completo 25 cuando el haz se pasa a través del orificio 116 en relación de conjunto con el acoplamiento 115. Las operaciones restantes en este procedimiento alternativo son idénticas a las que se han descrito arriba: primero, el material adhesivo se hace que se endurezca o fragüe y, segundo, los extremos que sobresalen 132 se 30

16 

cortan.

Hay todavía otra técnica que se puede utilizar para asegurar extremos de fibras libres durante la operación de aplicación del adhesivo y después de ella, que consiste en mantener en posición vertical el haz que se está colocando y llenarlo con un fluido de desplazamiento durante la aplicación del adhesivo. Esto evita que el adhesivo, tal como una epoxi-resina líquida, gotee o llegue hasta dentro de los extremos de las fibras huecas. Semejante procedimiento, por supuesto, evita también cualquier necesidad de taponar temporalmente los extremos de las fibras con cera o materia análoga toda vez que, después de la aplicación y endurecimiento del adhesivo, el fluido de desplazamiento se drena simplemente de las fibras antes de cualquier recorte necesario que pueda estar implicado.

Otra técnica más para evitar el atasco permanente de los extremos de las fibras con el adhesivo durante la operación de aplicación del adhesivo, es purgar las fibras huecas con gas (con preferencia un gas inerte tal como nitrógeno), luego sumergir el conjunto no cerrado 115, con el haz de fibras 112, dentro de la composición de adhesivo líquido empleado continuando, ventajosamente, la purga con gas. El gas contenido en las fibras mantiene el adhesivo fuera de los extremos de las fibras huecas, pero no interfiere con la operación de adhesión verdadera.

Una técnica adicional para agrupar las fibras, que se puede utilizar ventajosamente en muchos casos, consiste en enhebrar el haz de fibras a través de una forma de molde adecuada y colar un ajuste final completo 116 alrededor del haz en el molde, utilizando para el caso cualquier material termoplástico u otro material de moldeo adecuado. Después de esto, por supuesto, los extremos sobresalientes de las fibras huecas en el haz se pueden



5 cortar limpiamente, según se indica más arriba, a lo largo de la
 cara exterior del acoplamiento final formado in situ. Utilizan-
 do cualquiera de los procedimientos arriba citados (o cualquier
 alternativa adecuada) se repite sustancialmente en la porción fi-
 nal terminal opuesta 114. Así se produce el elemento separador de
 permeabilidad unitario del presente invento que consiste, muy ven-
 tajosamente, en un haz de una pluralidad de fibras huecas de igual
 longitud, paralelas, individuales, que tiene los extremos abier-
 tos y que están unidas entre sí y a los accesorios de acoplamien-
 to en sus porciones finales exteriores solamente.

10 El adhesivo utilizado para la unión produce un cierre a
 prueba de fluido entre las fibras adyacentes y entre las fibras
 y las paredes interiores de los accesorios.

15 En los ejemplos siguientes, para fines de funcionamiento
 uniforme y como ayuda en la comparación, se llevaron a cabo las
 pruebas utilizando un haz simple de 350 fibras de fibras de tria-
 cetato de celulosa, cada una de las cuales tenía un diámetro ex-
 terno de unos 45 micrones y un espesor de pared de unos 10 mi-
 cronos. El rendimiento de penetración obtenido en cada ejemplo
 20 es el que se obtuvo del haz de fibra total.

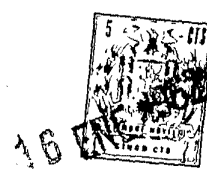
Ejemplo I

	Material	Sidra de manzana
	Presión osmótica	26,5 a 28 kg/ cm ²
	Presión aplicada	29,8 kg/ cm ²
25	Velocidad de penetración	0,04 cc/hr.
	Producto difundido	Blanco, negativo para azú- car, índice de refracción - agua destilada.

30

2 1 3 0 0 3

Ejemplo II



	Material	Café
	Presión osmótica	6,3 kg/ cm ²
	Presión aplicada	14,7 kg/cm ²
5	Velocidad de penetración	0,06 cc./ hr.
	Producto difundido	agua sustancialmente so la; ningún olor; ningún residuo a la evaporación

Ejemplo III

10	Material	Jugo de naranja
	Presión osmótica	14 kg/ cm ²
	Presión aplicada	26,5 kg/ cm ²
	Velocidad de penetración	0,06 cc./hr.
15	Producto difundido	agua sustancialmente so la; trazas muy ligeras de azúcar.

Ejemplo IV

	Material	Solución al 2% de CuSO ₄
	Presión osmótica	6 kg/ cm ²
20	Presión aplicada	16 kg/ cm ²
	Velocidad de penetración	0,4 cc / hr.
	Producto difundido	claro como el agua; fac tor de rechazo 99,4 por ciento Cu.

Ejemplo V

25	Material	NH ₄ NO ₃ al 2%
	Presión osmótica	12,3 kg/ cm ²
	Presión aplicada	22,4 kg/ cm ²
	Velocidad de penetración	0,13 cc/hr.
30	Producto difundido	98,4 por ciento de re- chazo de NH ₄ y de NO ₃

270609



Ejemplo VI

5	Material	glicina al 2%
	Presión osmótica	4,5 kg/cm ²
	Presión aplicada	15 kg/cm ²
	Velocidad de penetración	0,8 cc./hr.
	Producto difundido	60 por ciento de rechazo de glicina.

Ejemplo VII

10	Material	Látex de 70 % de estireno-30 % de butadieno, que tiene un tamaño de partícula promedio de unos 0,3 micrones, diluido al 5% de sólidos.
	Presión osmótica	2,8 kg/cm ²
	Presión aplicada	18,2 kg/cm ²
	Velocidad de penetración	0,7 cc./hr.
15	Producto difundido	Claro como el agua; la prueba de turbidez indica 99% de rechazo de látex.

Ejemplo VIII

20 Se realizaron ensayos de penetración en soluciones de cloruro sódico acuosas utilizando lo mismo un haz de fibras de pared gruesas relativamente grandes con una velocidad de penetración relativamente baja, que un haz mayor de fibras de pared más delgada, pequeñas.

Los resultados fueron los siguientes:

- 25 1. Prueba de penetración con fibras de pared gruesas relativamente grandes, que dan una velocidad de penetración baja:
- | | |
|------------------------|---------------|
| a. Número de fibras | 9 |
| b. Diámetro externo | 290 micrones. |
| 30 c. Diámetro interno | 150 micrones. |

270609



d. Longitud	20,32 cm.
e. Solución de alimentación	NaCl al 1 %.
f. Presión osmótica	7 kg/cm ²
g. Presión aplicada	21 kg/cm ²
h. Velocidad de penetración	0,0015 cc/hr.
i. Producto difundido	97 % de rechazo de NaCl.

5

2. Prueba de penetración con un haz mayor de fibras

de pared delgada, pequeñas:

a. Número de fibras	1500
b. Diámetro externo	48 micrones
c. Diámetro interno	32 micrones
d. Longitud	30 cm.
e. Solución de alimentación	NaCl al 1%
f. Presión osmótica	7 kg/cm ²
g. Presión aplicada	36,4 kg/cm ²
h. Velocidad de penetración	1,28 cc/hr.
i. Producto difundido	97 % de rechazo de NaCl.

10

15

20

De igual forma, se pueden llevar a cabo satisfactoriamente numerosas operaciones de diálisis utilizando el sistema del presente invento.

Ejemplo IX

Se recupera sosa cáustica (NaOH) de un licor de expresión de viscosa utilizando como solución de alimentación un licor que contenga 16,5-17 por ciento en peso de NaOH y 1,5 -2,5 % en peso de hemicelulosa.

25

30

El haz de fibras utilizado se hace de triacetato de celulosa y contiene alrededor de un millón de fibras huecas individuales que tiene cada una de ellas parámetros dimensionales equiva



lentes a los descritos en la segunda parte del ejemplo precedente. El licor de alimentación se fuerza contra los exteriores de las fibras bajo una presión forzada de aproximadamente 7 kg/cm^2 .

5 El producto difundido recogido del interior de las fibras contiene alrededor de 8-9 por ciento en peso de NaOH y solamente alrededor de 0,06 a 0,08 por ciento en peso de hemicelulosa.

Aunque es difícil correlacionar completamente los resultados significativos de las pruebas de los sistemas del presente invento, en relación con los sistemas de la técnica anterior, se puede decir, en general, que las pruebas de diálisis comparativas basadas en el mismo período de tiempo indican que los sistemas del invento son mucho más eficaces y satisfactorios que los procedimientos y dispositivos que se venían utilizando hasta ahora en esta técnica.

15 Debe advertirse que, en cada una de las pruebas que sirven de ejemplo, la presión utilizada como fuerza de empuje fué solo ligeramente más elevada que la presión osmótica inherente. Experimentos posteriores llevados a cabo siguiendo cada una de las ilustraciones citadas han proporcionado los mismos resultados generales en la separación de agua salina discutida anteriormente. Por tanto, se obtiene producto difundido que tiene por lo menos la misma calidad cuando se utilizan fuerzas de empuje mayores in dependientemente del sistema fluido que se está empleando.

25 Esta solicitud que corresponde a la presentada en E.U.A., el 19 de Septiembre de 1960, bajo los Núms. 57.055 y 57.056, y el 16 de Junio de 1961, bajo el Núm. 117.647, se acoge a los be neficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

NOTA



Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

5 1º.- Un procedimiento de tratar soluciones por ósmosis o ultrafiltración con ayuda de membranas semipermeables, caracterizado porque se emplea una multiplicidad de finas fibras huecas en calidad de membranas.

10 2º.- Un procedimiento según el punto 1º, caracterizado porque se hace pasar un fluido que tiene una pluralidad de componentes a contacto con la pared exterior o la interior de una multiplicidad de fibras continuamente huecas que están abiertas por lo menos en un extremo y que son permeables a por lo menos uno de los componentes del fluido, mientras cada una de dichas
15 fibras es soportada solamente en sus partes terminales, con lo cual se obtiene un gradiente de presión uniforme por toda la longitud no soportada de dicha fibra.

20 3º.- Un procedimiento según el punto 1º y/o 2º, caracterizado porque se aplica presión a la solución más concentrada y se mantiene la presión a un nivel mayor que la presión osmótica que existe en el sistema.

 4º.- Un procedimiento según el punto 3º, caracterizado por que la solución que es sometida a la aplicación de presión es hecha pasar por el exterior de las finas fibras huecas.

25 5º.- Un procedimiento según cualquiera de los puntos 1º a 4º, caracterizado porque la solución es una solución acuosa.

 6º.- Un procedimiento según cualquiera de los puntos 1º a 5º, caracterizado porque la solución es agua de mar o agua salobre.

30 7º.- Un procedimiento según cualquiera de los puntos 1º



a 6º, caracterizado porque la solución es un zumo natural, tal como zumo de frutas.

5 8º.- Un procedimiento según el punto 7º, caracterizado porque se hace pasar como segundo fluido independiente una solución salina a través del sistema.

9º.- Un procedimiento según cualquiera de los puntos 1º a 8º, caracterizado porque las fibras huecas contienen además constituyentes permutadores de iones.

10 10º.- Un procedimiento según cualquiera de los puntos 1º a 9º, caracterizado porque se hace pasar un fluido que tiene una pluralidad de componentes, a contacto con las paredes exteriores de una pluralidad de fibras de extremos abiertos continuamente huecas que son permeables a por lo menos uno de los componentes del fluido, mientras se soportan dichas fibras en sus partes ter
15 minales solamente, y se hace pasar simultáneamente a través del interior de dichas fibras huecas un segundo fluido que contiene el mismo disolvente que dicho primer fluido, y se aumenta el gra
diente de actividad osmótica entre el exterior y el interior de dichas fibras disolviendo un compuesto soluble en dicho segundo
20 fluido.

11º.- Un procedimiento según cualquiera de los puntos 1º a 10º, caracterizado porque se separa agua potable de agua de mar o de agua salobre, empleando como material de la membrana fibras huecas que no son permeables a las sales disueltas en el agua y aplicando una presión sobre el agua de mar, que es superior a la
25 presión osmótica oponente.

12º.- Un procedimiento según el punto 1º, caracterizado porque se utiliza la energía cinética del efluente de residuo tra
tado que ha pasado por las fibras o por el exterior de las fibras para accionar una bomba que a su vez se emplea para crear por lo
30

menos parte de la presión.

270609



13º.- Un procedimiento de tratar soluciones.

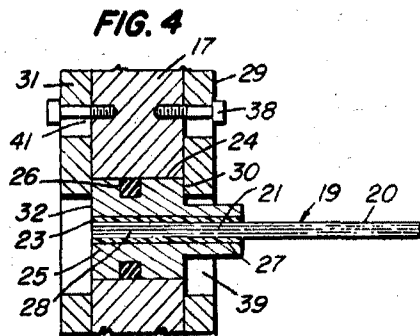
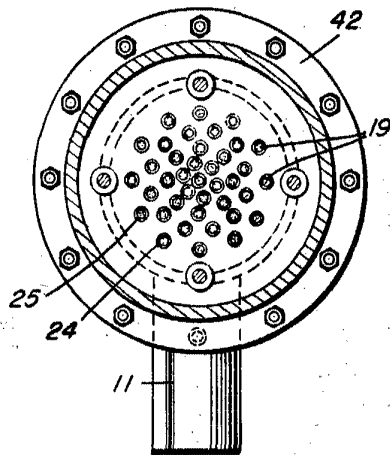
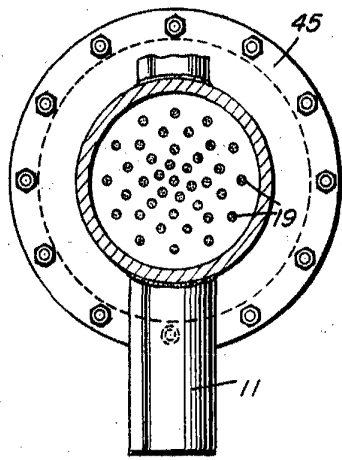
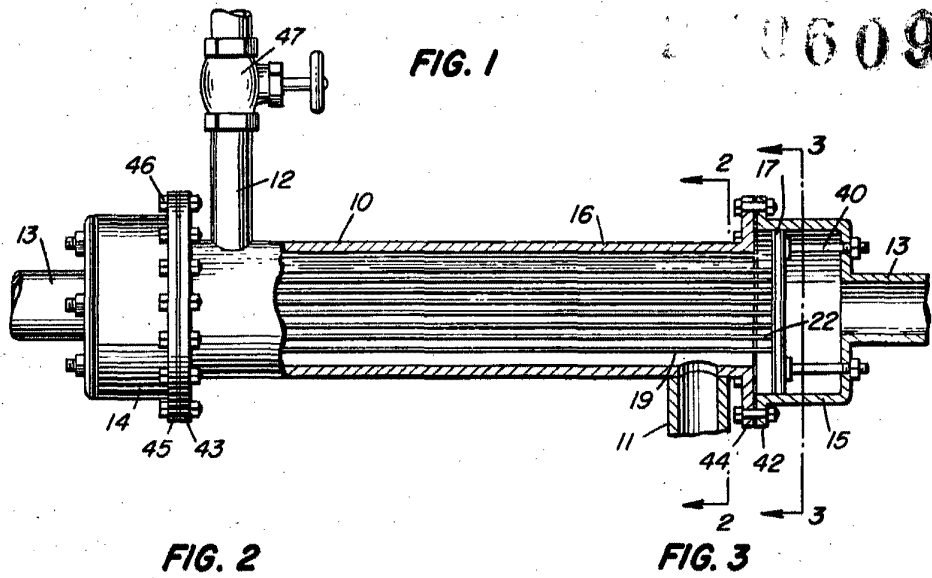
5 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, re-
presentado en los dibujos que se acompañan y con los fines que
se han especificado.

Esta Memoria consta de cuarenta y tres hojas escritas a
máquina por una sola cara.

Madrid, 16 ENE 1962

P.A.

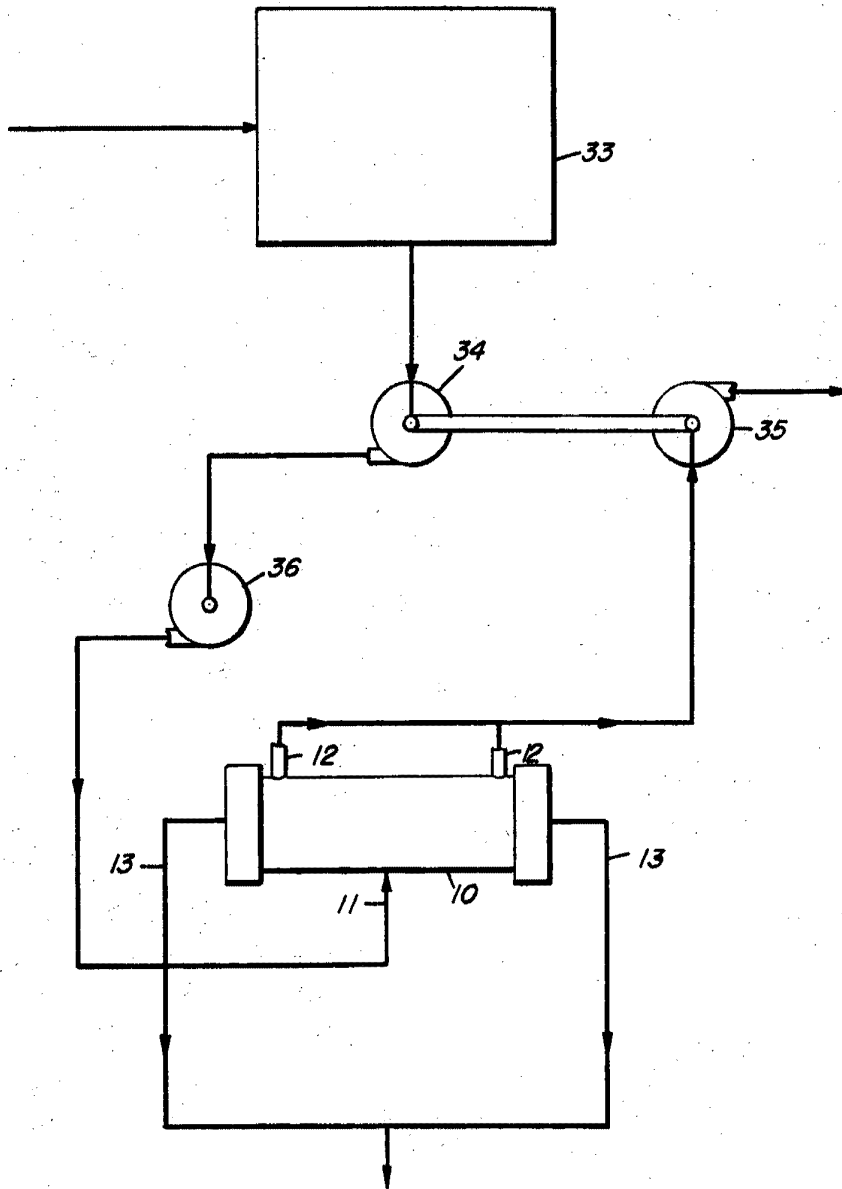
10 Alberto de Elzaburu
Por Poder.





270609

FIG. 5



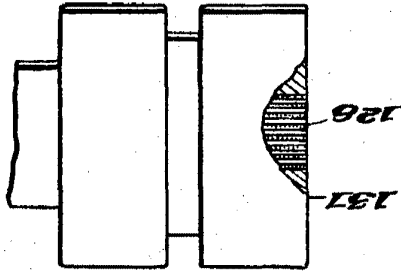


Fig. 8.

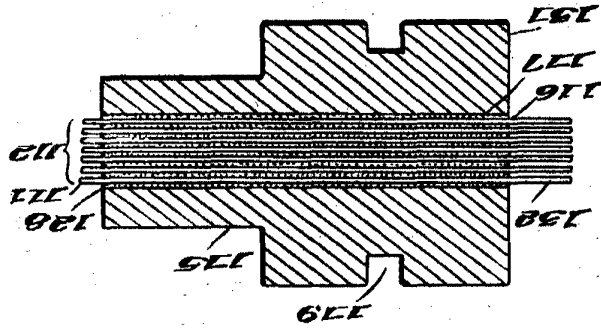


Fig. 7.

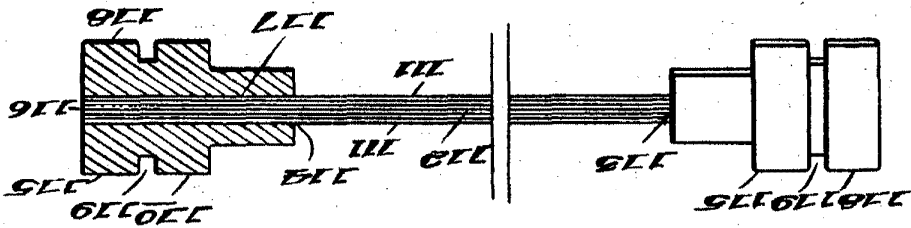


Fig. 6.

