



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 336 659**

51 Int. Cl.:

C02F 1/44 (2006.01)

B01D 61/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02771946 .7**

96 Fecha de presentación : **31.10.2002**

97 Número de publicación de la solicitud: **1440041**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.07.2004**

54

Título: **Aparato y método para producir agua purificada que tiene pureza microbiológica elevada usando un conjunto de membrana de ósmosis inversa.**

30

Prioridad: **05.11.2001 US 330966 P**

73

Titular/es: **Bionomics Ltd.
177 Viewbank Crescent
Oakville, Ontario L6L 1R3, CA**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
15.04.2010

72

Inventor/es: **Smith, Steven, D.**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
15.04.2010

74

Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 336 659 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aparato y método para producir agua purificada que tiene pureza microbiológica elevada usando un conjunto de membrana de ósmosis inversa.

Campo técnico

Esta invención se refiere a un sistema de purificación de agua que incorpora un conjunto de membranas de ósmosis inversa de doble paso para filtrar el agua pretratada y a un método de funcionamiento de dicho sistema.

Técnica antecedente

En la Fig. 1 se ilustra un sistema de purificación de agua típico de la técnica anterior. El agua de suministro se pretrata en 20 y se suministra a un primer depósito de almacenamiento 22 antes del calentamiento en un intercambiador de calor 24 a una temperatura de funcionamiento de la membrana especificada, típicamente a 25°C. El equipo de pretratamiento, que se basa en la calidad del agua potable de origen, típicamente comprende un filtro multimedia para eliminar el material en forma de partículas, un agente de reblandecimiento para eliminar las incrustaciones de minerales, un filtro de carbono para eliminar el cloro/cloraminas o un sistema de inyección de agentes químicos que usa un agente químico de tipo bisulfito, posiblemente una estación UV para destruir bacterias, y prefiltros (de 1-10 μm) para eliminar el material en forma de partículas antes de que el agua entre en el sistema de ósmosis inversa. Después de algunas adiciones químicas 26, el agua se suministra a un conjunto de membranas de ósmosis inversa 28 y el agua purificada se trata con luz ultravioleta en una primera estación UV 30, se desioniza en la estación de desionización 32, se trata en una segunda estación UV 34 y se pasa a través de un primer filtro de esterilización 36 antes de suministrarse a un segundo depósito de almacenamiento 38. El agua se extrae del segundo depósito de almacenamiento 38 en diversos puntos de uso indicados, en general, por el número de referencia 40 después de un tratamiento apropiado que incluye una tercera estación UV 42, un segundo filtro de esterilización 44 y un segundo intercambiador de calor 46 para mantener temperaturas ambientales. El agua procedente del segundo depósito de almacenamiento 38 también se recircula a través de un sistema de ozonización 48 con una bomba 50 para reducir el desarrollo de bacterias. Un diseño de control microbiano alternativo puede incluir un intercambiador de calor para la desinfección periódica por calor.

En la Fig. 1 se observará que el exceso de agua rechazada del conjunto de membranas de ósmosis inversa 28 se extrae a través de la bomba 52 para recircularse al conjunto de membranas de ósmosis inversa 28 mientras que el resto del agua rechazada se envía al desagüe. El funcionamiento del sistema se controla con el controlador lógico programado (PLC) central indicado en 54.

El sistema es bastante complicado ya que tiene muchas tecnologías para la monitorización y el control. La mayoría de estos tipos de sistemas se construyen a medida debido a la variabilidad del agua de origen y las complejidades de las diferentes demandas de producción. Con la estrategia actual en la industria, un operario humano no puede controlar y monitorizar todas las variables a un nivel satisfactorio. Esto necesita un sistema de control PLC caro. El sistema PLC también se diseña a medida debido a las consideraciones anteriores. La complejidad de este sistema impone largos tiempos de entrega para el suministro del equipo. Una vez que el equipo está puesto en su sitio, se emplea un proceso largo para ajustar todas las tecnologías con el fin de mantener la calidad de agua deseada. Deben realizarse una limpieza y desinfección regular en el equipo para asegurar la integridad microbiana. Debido a la diversidad y complejidad del equipo empleado, el mantenimiento es alto. Si falla una pieza del equipo, se detiene el proceso de producción de agua. Dependiendo de la localización del fallo, puede ser necesaria la desinfección del equipo o el sistema antes de ponerlo de nuevo en servicio. Esto representa una pérdida del tiempo de producción. La complejidad del equipo impone una investigación y ensayo minuciosos antes de proporcionar el sistema para la producción. Se necesita un gran aporte de energía para templar el agua (aumentar la temperatura a 20-25°C) para alimentar el sistema y satisfacer las especificaciones de la membrana de ósmosis inversa. Además, se requiere un alto consumo de energía y una gran cantidad de mano de obra para mantener el sistema dentro de las especificaciones. El porcentaje de recuperación de agua o el rendimiento es bajo, siendo típicamente de 60 a 75 por ciento de la demanda del sistema.

Los microorganismos, específicamente las bacterias, forman biopelículas, que es un polímero orgánico extracelular (de naturaleza polisacárida). Las biopelículas también pueden incorporar iones metálicos divalentes que pueden formar una estructura de red consistente en masa orgánica e inorgánica. Esta estructura protege a los organismos de los agentes químicos de la desinfección y limpieza. Una vez que se desarrolla esta formación dentro de un sistema es muy difícil eliminarla.

El depósito de almacenamiento es un caldo de cultivo de microorganismos a menos que se aplique un sistema de ozonización. Esta opción requiere una gran cantidad de capital y tiene gastos asociados de funcionamiento y mantenimiento. Además, el ozono es una sustancia peligrosa que requiere precauciones de seguridad apropiadas. El ozono es una sustancia añadida al agua purificada para controlar la integridad microbiana. En sistemas que no emplean ozono, los microbios sedimentarán sobre la superficie del depósito debido al poco movimiento del agua (sin velocidad) y producirán una biopelícula. Los organismos que flotan libremente (planctónicos) se reproducirán y contaminarán el sistema de distribución. La biopelícula protegerá a los organismos de la desinfección química y permitirá su reproducción. Se reducirá la eficacia de la desinfección química. Los sistemas que emplean desinfección con calor requieren gran cantidad de capital y energía y no eliminan la biopelícula.

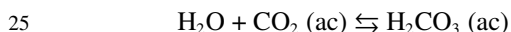
ES 2 336 659 T3

El sistema de purificación de agua típico de la técnica anterior no está diseñado para impedir el crecimiento de microbios. La estrategia ha sido permitir el aumento de la población microbiana hasta un cierto intervalo en cuanto al número, y después la limpieza y/o desinfección del sistema, reduciendo de esta manera la población microbiana. Los procedimientos microbiológicos requieren un periodo de incubación de aproximadamente dos días o más antes de la enumeración. El retraso de los resultados puede hacer que el sistema esté fuera de la especificación en cuanto al número de microbios antes de la limpieza y desinfección. Como alternativa, se realiza un régimen de limpieza y/o desinfección programado de alta frecuencia para reducir la posibilidad de que el número de microbios supere la especificación. Esta estrategia requiere mucha mano de obra y energía e impide el uso del sistema mientras se están realizando los procedimientos. El diseño de la técnica anterior no reduce o impide intrínsecamente el crecimiento de microorganismos durante el proceso de purificación de agua.

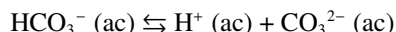
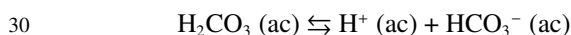
En la técnica anterior se han descrito diversos intentos de regular la conductividad del agua de alta pureza producida. Un problema importante identificado en un sistema de ósmosis inversa de doble paso es la dificultad para rechazar gases tales como el dióxido de carbono. El dióxido de carbono presente en el agua de alimentación pasará a través de las membranas de primer paso y las membranas de segundo paso formando ácido carbónico y los productos de la ecuación en equilibrio correspondientes, lo cual tiene como resultado una mayor conductividad del agua producida. Este fenómeno se considera negativamente por la técnica anterior, ya que el aumento de conductividad se percibe como una reducción de calidad.

Las siguientes ecuaciones expresan la formación de ácido carbónico y el equilibrio:

Formación de ácido carbónico



Equilibrio de ácido carbónico



En varias patentes de Estados Unidos, de las que algunas se describen a continuación, se describen métodos que se han intentado para eliminar el dióxido de carbono. En los documentos US 4.574.049 y US 5.997.745 se añade un agente alcalino entre el primer y segundo paso para convertir el gas dióxido de carbono en carbonato que se rechaza por las membranas de segundo paso. En el documento US 5.766.479 se usa la adición de un material alcalino antes del primer paso junto con un ácido en el segundo paso con o sin un módulo de separación de gas-líquido. En las patentes de Estados Unidos 5.156.739 y 5.670.053 se describe la eliminación de gas por contactores de membrana permeable a gas hidrófoba. En los documentos US 5.338.456 y US 5.250.183 se explica la eliminación por un descarbonador de circulación forzada y un desgasificador al vacío. En el documento US 5.925.255 se describe la eliminación por un descarbonador de circulación forzada/inducida antes o después de un sistema de ósmosis inversa de dos pasos. Una solución descrita en el documento US 6.258.278 es tratar primero el agua de alimentación con una resina aniónica de base fuerte y posteriormente eliminar el dióxido de carbono para mantener un alto valor de pH de 6 a 9,5. Los documentos US 6.080.316 y US 6.126.834 describen el uso de inyecciones cáusticas para ajustar el pH del agua suministrada que se controla por un PLC basándose en las medidas de resistividad del agua producida. Estas patentes más otras describen un proceso de eliminación de CO₂ o métodos para impedir el transporte del CO₂ al agua producida. Estas patentes consideran negativamente el aumento de conductividad debido a la presencia de CO₂ en el agua producida.

La patente de Estados Unidos 4.773.993 describe un aparato para purificar y dispensar agua con medios que impiden el estancamiento, que comprende una bomba de alta presión, una unidad de ósmosis inversa, un abrillantador y una línea de circulación.

El documento DE-A-3106772 describe un sistema de ósmosis inversa de un solo paso en el que el infiltrado procedente de un módulo de ósmosis inversa se distribuye a un usuario o se recircula a un depósito atmosférico donde se añade dióxido de carbono al agua. El depósito está localizado aguas arriba de una bomba en tándem que suministra el agua al módulo de ósmosis inversa. El sistema de ósmosis inversa emplea un sistema de circulación auxiliar cuando el sistema de purificación está apagado.

Los sistemas de purificación de agua de la técnica anterior típicamente están diseñados para producir el agua purificada a una velocidad definida. Normalmente se basan en la demanda de volumen máximo de agua requerido durante un periodo de tiempo (hora, turno, día o número de máquinas de diálisis, etc.). Para conseguir esta velocidad puede dimensionarse un depósito de almacenamiento para proporcionar esta velocidad máxima con un volumen mínimo de tampón de aproximadamente 20 por ciento. Los sistemas no pueden variar su velocidad de producción en más de un pequeño porcentaje de la velocidad original diseñada.

ES 2 336 659 T3

El objeto de la invención es proporcionar un mejor medio para producir agua que satisfaga las especificaciones del Agua Purificada y Agua para Inyección definidas por la Convención de la Farmacopea de los Estados Unidos Inc. (definida, pero sin limitación, en la edición actual XXV) y las especificaciones del agua para diálisis definidas por la Asociación Americana para el Avance de la Instrumentación Médica (AAMI).

5 La invención proporciona un medio para purificar agua que suministra el agua purificada al punto o puntos de uso para permitir que el agua se extraiga inmediatamente a petición. El agua que no se usa inmediatamente se recicla y se repurifica para asegurar la calidad continua.

10 Otro objeto de la invención es proporcionar agua purificada directamente al punto o puntos de uso sin la necesidad de un sistema de almacenamiento y distribución. El medio para proporcionar el agua directamente al punto de uso es una parte integral del proceso de purificación.

15 El objetivo de la invención es proporcionar agua purificada que tenga un número muy bajo de microbios. Otro objeto más de la invención es proporcionar un medio para purificar agua, que no conduzca al desarrollo de microorganismos dentro del proceso de purificación.

20 Además, el objeto de la invención es proporcionar un medio para eliminar microorganismos que pueden desarrollarse dentro del proceso de purificación.

El objeto de la invención también es proporcionar velocidades de producción variables para satisfacer los requisitos variables de la demanda. Además, esto ahorra energía y agua.

25 Otro objeto de la invención es proporcionar un medio para autolimpiarse el sistema de purificación de incrustaciones de minerales y microorganismos.

Otro objeto más de la invención es permitir que el sistema se autopurgue de agua purificada que no satisface los parámetros de conductividad o temperatura.

30 Los objetos de esta invención incluyen la disposición de un sistema de purificación de agua que puede hacerse funcionar para producir agua de alta pureza con una inversión reducida de capital y con menores costes de funcionamiento.

35 Descripción de la invención

La invención se describe en las reivindicaciones 1 a 13. La desinfección y limpieza del sistema se realizan controlando el pH de forma que normalmente es ácido a diferencia de los sistemas de la técnica anterior, y esto se hace de forma natural sin ninguna adición de ácido por medio del mantenimiento de una concentración elevada de dióxido de carbono en solución, concentrándose el dióxido de carbono en el infiltrado a partir de un conjunto de membranas de ósmosis inversa usado para purificar el agua. Para aumentar el pH a valores neutros para los usos finales o reducir la conductividad del agua purificada en lo aportado por el CO₂, puede añadirse una base o puede dejarse que se escape el dióxido de carbono de la solución.

45 Descripción de los dibujos

Para entender mejor la invención, a continuación se describen realizaciones ilustrativas de un sistema de purificación de agua haciendo referencia a los dibujos adjuntos en los que:

50 La Fig. 1 es un diagrama de flujo esquemático que muestra un sistema de purificación de agua típico de la técnica anterior que incluye un conjunto de membranas de ósmosis inversa de un solo paso y un sistema de distribución que incluye un depósito de almacenamiento;

55 La Fig. 2 es un diagrama de flujo esquemático que muestra un sistema de purificación de agua fuera de la invención y que incluye un conjunto de membranas de ósmosis inversa de doble paso con puntos de uso y que funciona a una temperatura baja;

60 La Fig. 3 es un diagrama de flujo esquemático que muestra un sistema de purificación de agua fuera de la invención y que incluye un conjunto de membranas de ósmosis inversa de doble paso con puntos de uso y que funciona a una temperatura elevada, o que se va a hacer funcionar en frío y que se va a desinfectar periódicamente con agua caliente;

65 La Fig. 4 es un diagrama de flujo esquemático que muestra un sistema de purificación de agua fuera de la invención y que incluye un conjunto de membranas de ósmosis inversa de doble paso con puntos de uso y que funciona a una temperatura baja, y que tiene una vuelta de bucle de serpentina después del sistema de purificación para la circulación continua en el bucle;

ES 2 336 659 T3

La Fig. 5 es un diagrama de flujo esquemático que muestra un sistema de purificación de agua fuera de la invención y que incluye un conjunto de membranas de ósmosis inversa de doble paso con puntos de uso y que funciona a alta temperatura y que tiene una vuelta de bucle de serpentina para recircular el exceso de infiltrado no usado en los puntos de uso;

5

La Fig. 6 es un diagrama de flujo esquemático que muestra un sistema de purificación de agua fuera de la invención y que incluye un conjunto de membranas de ósmosis inversa de doble paso con puntos de uso y que funciona tanto a alta temperatura como a baja temperatura;

10

La Fig. 7 es un diagrama de flujo esquemático que muestra un sistema de purificación de agua fuera de la invención que es similar al sistema dibujado en la Fig. 2 pero que incluye pequeños módulos de desgasificación para extraer muestras de una fracción del agua producida;

15

La Fig. 8 es un diagrama de flujo esquemático que muestra un sistema de purificación de agua fuera de la invención que es similar al sistema dibujado en la Fig. 2 pero que incluye un módulo de desgasificación grande para eliminar el CO₂ de todo el agua producida.

20

La Fig. 9 es un diagrama de flujo esquemático que muestra un sistema de purificación de agua de acuerdo con la invención que es similar al sistema dibujado en la Fig. 2 pero que incluye un módulo de desgasificación grande para eliminar el CO₂ de toda el agua producida en asociación con un eductor para devolver el CO₂ al sistema aguas arriba de un primer conjunto de membranas de ósmosis inversa;

25

La Fig. 10 es un gráfico que muestra la reducción de pH a lo largo del tiempo del agua que circula sobre membranas de ósmosis inversa de primer paso cuando el sistema está funcionando en un modo de reposo o de circulación;

30

La Fig. 11 es un gráfico que muestra la reducción de conductividad a lo largo del tiempo del agua que circula sobre membranas de ósmosis inversa de primer paso cuando el sistema está funcionando en modo de reposo o de circulación;

35

La Fig. 12 es un gráfico que muestra la reducción de alcalinidad a lo largo del tiempo del agua que circula sobre membranas de ósmosis inversa de primer paso cuando el sistema está funcionando en modo de reposo o de circulación.

Mejor modo para realizar la invención

40

La invención se describe en las reivindicaciones 1 a 13.

45

En su realización más sencilla, un sistema de purificación de agua de acuerdo con la invención e indicado en general por el número de referencia 81 en la Fig. 9, tiene agua purificada (infiltrado) extraída directamente del proceso de purificación en los puntos de uso indicados en general por el número de referencia 62 sin ningún almacenamiento previo en un depósito o en localizaciones en las que el agua se estanca y es susceptible de crecimiento bacteriano.

50

El agua de alimentación se suministra a un pretratamiento apropiado en 64 y opcionalmente tiene su pH ajustado a un valor básico por medio de la adición de hidróxido sódico (NaOH) en 66, después de lo cual se pasa a través de una primera estación de tratamiento con radiación ultravioleta 68 antes de bombearse con una bomba 70 de velocidad variable a un primer conjunto de membranas de ósmosis inversa 72.

55

El infiltrado procedente del primer conjunto de membranas de ósmosis inversa 72 se suministra a un segundo conjunto de membranas de ósmosis inversa 74 y su infiltrado se pasa a través de una segunda estación de tratamiento con radiación ultravioleta 76 antes de extraerse en diversos puntos de uso 62, cuando sea necesario. El exceso de agua infiltrada no usada en los puntos de uso 62 y una parte importante del agua rechazada del primer conjunto de membranas de ósmosis inversa 72 y todo el agua rechazada del segundo conjunto de membranas de ósmosis inversa 74 se recicla a través del primer conjunto de membranas de ósmosis inversa 72 después de pasar a través de la primera estación de tratamiento con radiación ultravioleta 68. La estación esterilizadora de tratamiento con radiación ultravioleta 68 se usa para reducir la carga microbiana que entra procedente del agua de origen pretratada y el agua de circulación antes de entrar en el conjunto de membranas de ósmosis inversa de primer paso 72 mientras que la segunda estación esterilizadora de tratamiento con radiación ultravioleta 76 se usa para destruir los organismos que finalmente se hayan desarrollado en el lado aguas debajo de la membrana del segundo conjunto de membranas de ósmosis inversa 74.

60

La invención se caracteriza por la ausencia de un depósito de almacenamiento, que en caso contrario proporcionaría un sustrato fértil para el crecimiento microbiano y la contaminación del infiltrado. Esto es posible por medio de una selección de diseño apropiada de la capacidad de suministro para mantener una velocidad mínima aproximada de 3 pies/seg. (1 metro/seg.) y normalmente de 5 a 7 pies/seg. (2 metros/seg.) y haciendo funcionar el sistema para mantener el infiltrado en circulación. Se sabe que una velocidad mínima para mantener un estado de flujo turbulento continuo dentro de la tubería es de aproximadamente 3 pies/seg. (1 metro/seg.). Convenientemente, el mantenimiento de una velocidad turbulenta mínima reducirá el crecimiento de microorganismos e impedirá la formación de biopelículas en las paredes de la tubería del punto de uso.

65

ES 2 336 659 T3

La velocidad de producción del sistema se diseña basándose en la demanda de extracción esperada y el tamaño apropiado de la tubería de serpentina con la velocidad correspondiente. Suponiendo una velocidad media en la tubería de 1,8 m/seg. (6 pies/seg.), pueden construirse sistemas con los siguientes tamaños comunes de tuberías:

5	Tubería de 1/8" (3,0 mm)	0,2 US gpm (0,85 Lpm)
	Tubería de 3/16" (4,8 mm)	0,5 US gpm (2,1 Lpm)
10	Tubería de 1/4" (6,2 mm)	0,9 US gpm (3,8 Lpm)
	Tubería de 3/8" (9,6 mm)	2,0 US gpm (8,5 Lpm)
	Tubería de 1/2" (12,5 mm)	3,6 US gpm (15,0 Lpm)
15	Tubería de 3/4" (19,0 mm)	8,0 US gpm (34,0 Lpm)
	Tubería de 1,0" (25,4 mm)	14,5 US gpm (60,0 Lpm)
20	Tubería de 1,25" (32,0 mm)	23,0 US gpm (95,0 Lpm)
	Tubería de 1,5" (36,0 mm)	32,0 US gpm (135,0 Lpm)
	Tubería de 2,0" (51,0 mm)	60,0 US gpm (240 Lpm)
25	Tubería de 2,5" (64,0 mm)	90,0 US gpm (380 Lpm)
	Tubería de 3,0" (76,0 mm)	130 US gpm (550 Lpm)
30	Tubería de 3,5" (90,0 mm)	180 US gpm (750 Lpm)
	Tubería de 4,0" (100 mm)	230 US gpm (950 Lpm)
	Etc.	

35

Primero debe descubrirse la demanda máxima requerida en los puntos de uso 62. Como ejemplo, se requieren 30 US gpm (120 Lpm) en el punto de uso en una base continua. Para mantener una velocidad mínima aproximada de aproximadamente 3 pies/seg. (1 metro/seg.) en la vuelta de bucle, un sistema tendría que producir 2 veces la cantidad continua necesaria en el punto de uso. Esto obligaría a un bucle de distribución de 2 pulgadas (51 mm) y una velocidad de producción media de aproximadamente 60 US gpm (240 Lpm).

40

La invención típicamente se diseña con una superficie específica del primer paso que tiene de 1,5 a un máximo de 3 veces la superficie específica de las membranas de segundo paso, pero más habitualmente 2 veces. Idealmente, el flujo de la membrana de primer paso (caudal por unidad de superficie específica y por unidad de tiempo) está en un intervalo de 10 a 20 galones por pie cuadrado por día (de 406 a 812 litros por metro cuadrado por día). El flujo de alimentación de agua a las membranas de primer paso típicamente es un mínimo de 3 veces la velocidad de producción media desde el conjunto de ósmosis inversa de segundo paso 74 para proporcionar un elevado flujo transversal que reducirá la obstrucción de las membranas.

50

Ejemplo

Se descubrió un fenómeno que producía dos efectos. El sistema generalmente se hace funcionar en dos modos de operación diferentes. El "modo de producción" se define cuando se está extrayendo agua del sistema. El "modo de circulación o reposo" de operación se produce cuando no se está extrayendo agua en los puntos de uso. Todo el agua, excepto el agua rechazada, se recircula y se repurifica. Un sistema del mismo diseño que se muestra en la Fig. 2 se hizo funcionar durante 30 minutos en modo de producción (agua extraída del sistema) en diferentes niveles de recuperación del producto (80%, 90% y 95%) y después se puso en un modo de reposo o circulación que tenía los mismos niveles de recuperación. Osmonics Inc. fabricó las membranas de poliamida, denominación de modelo AK8040, usadas en el sistema.

60

El suministro de agua corriente primero se sometió a un reblandecimiento y después de descloró usando un sistema de inyección de bisulfito, antes de un sistema de filtro de cartucho de 5,0 micrómetros. El agua de alimentación tenía un pH de 7,2, una conductividad de 340 μ S/cm y una alcalinidad de 119 ppm (en forma de CaCO_3).

65

ES 2 336 659 T3

Después de un periodo de estabilización de la producción de 30 minutos, se recogieron muestras del agua circulante suministrada a las membranas de primer paso para determinar el pH, la conductividad y la alcalinidad en función del tiempo para cada nivel de recuperación del producto. Las Figs. 10, 11 y 12 muestran el efecto del modo de circulación a lo largo del tiempo para la reducción del pH, conductividad y alcalinidad respectivamente.

5 La conductividad del agua de circulación, que consistía en la nueva agua que entraba en el sistema, la mayor parte del agua reciclada del rechazo del primer paso, toda el agua rechazada del segundo paso y toda el agua del producto, se redujo a menos de la mitad de la conductividad del agua de alimentación que entraba. Además se observó un
10 segundo efecto que producía una reducción correspondiente en el valor de pH (véase la Fig. 10) con la reducción de conductividad. El pH se redujo a un valor inferior a 6,5 cuando la conductividad del agua de recirculación se redujo por debajo de la mitad de la conductividad del agua de alimentación. La velocidad de autodemstración del efecto estaba en proporción a los sólidos totales disueltos en el agua reciclada. La reducción significativa en los tres parámetros a partir de los valores en el modo de producción estaba bastante por debajo de los valores del agua
15 corriente de alimentación, lo que demuestra la capacidad de autolimpieza de la invención cuando se hace funcionar en el modo de circulación.

El agua del producto de ósmosis inversa de segundo paso en las tres condiciones de operación, es decir, a niveles de recuperación del producto de 95%, 90% y 80% tenía constantemente un valor de pH inferior a 5,5.

20 La invención se caracteriza adicionalmente porque las membranas de ósmosis inversa tienen la propiedad bien conocida de producir un infiltrado con contenido de dióxido de carbono disuelto. El sistema de purificación de agua 60 se hace funcionar para producir un infiltrado ácido durante la producción y los tiempos normales cuando no se extrae agua de los puntos de uso en 62 (modo de reposo), aumentándose la acidez en el infiltrado, y en el sistema, en parte permitiendo que el pH se reduzca como resultado de la presurización del agua para mantener el dióxido de
25 carbono en solución.

Es deseable una condición ácida para eliminar la fracción inorgánica de las obstrucciones de las superficies de las membranas y para reducir la formación de incrustaciones. Los minerales tales como los carbonatos de calcio y magnesio que se disuelven y se mantienen en solución se envían al desagüe. Además, el alto nivel de ácido dentro
30 del sistema se infiltrará a través de las membranas y se distribuirá a lo largo del sistema desinfectando todo el sistema de ósmosis inversa y las tuberías del punto de uso. Los microorganismos tienen un intervalo de pH óptimo en el que se desarrollan. Este intervalo idealmente está comprendido entre pH 6,5 y 7,5. Cuando el pH se desplaza hacia arriba o hacia abajo de estos valores, la alcalinidad o acidez se vuelven tóxicas para los organismos. Los organismos que se encuentran comúnmente en el agua de origen (es decir, Pseudomonades) no crecerán en condiciones ácidas.
35 De hecho, las condiciones ácidas a un pH de 5,5 e inferior destruirán los organismos sensibles a ácidos. El área de mayor preocupación en el sistema de ósmosis inversa es las pantallas separadoras de producto del segundo paso. Los fabricantes de membranas de ósmosis inversa no se atribuyen la esterilidad del agua infiltrada. Afirman que habrá un rechazo > 99% de microorganismos. El primer paso en teoría eliminará > 2 logs y el segundo paso rechazará aproximadamente 2 logs. El problema que se ha observado es que los organismos finalmente crecen y, los que pasan la
40 primera fase, infectan la segunda fase. Los organismos que crecen en la segunda fase finalmente pasarán al infiltrado de la segunda fase. Debido a la construcción intrínseca del diseño de las membranas de ósmosis inversa, los organismos empiezan a crecer en el lado del infiltrado de segundo paso de las membranas. Ésta es la mayor área de infección que contribuye directamente a la contaminación del agua producida. Los organismos después se caen en el agua e infectan las tuberías aguas abajo. En esta invención, las condiciones altamente ácidas después del segundo paso,
45 aproximadamente un pH de 5,5 o inferior, impiden eficazmente el crecimiento o destruyen los organismos que se han desarrollado en los separadores del infiltrado de segundo paso.

De esta manera, la invención permite una autodesinfección sin estaciones periféricas para filtros de esterilización adicionales y sistemas de ozonización típicos de la técnica anterior. La invención puede mantener un estado indeseable
50 para impedir el crecimiento de microorganismos y limpiar los depósitos de minerales cuando al sistema no se le exige que produzca agua para un proceso. La capacidad de esta invención para producir un agua de producto de bajo pH, particularmente en el lado del infiltrado del segundo paso, destruirá los organismos sensibles a ácidos e impedirá el crecimiento de microorganismos. Lo más deseable es que la invención funcione en estas condiciones.

55 La capacidad de reducir la conductividad y el pH del agua en modo de circulación permitiría el funcionamiento de la invención sin el uso de un agente de reblandecimiento de agua en el pretratamiento. No se necesitaría un agente de reblandecimiento en el pretratamiento para reducir la dureza del agua en condiciones en las que el agua de alimentación tiene una dureza de baja a moderada y no se exige que el sistema produzca agua para un proceso en una base continua. El modo de circulación o reposo limpiará la membrana del material recogido durante el modo de producción.
60

El estado actual de la técnica de las membranas ha desarrollado dos tipos diferentes de membranas: acetato de celulosa (CA) y compuesto de película fina (TFC) que se emplean comúnmente en la purificación de agua. Cada membrana tiene sus ventajas e inconvenientes. La membrana de CA no es susceptible al cloro pero es susceptible a las condiciones básicas (alto pH). Las membranas de TFC no son susceptibles al alto pH pero son susceptibles al cloro.
65 Las membranas de TFC requieren la eliminación de cloro - normalmente por inyección de carbono o bisulfato. El carbono permite el crecimiento de bacterias que contaminarán el sistema. Si se usa carbono debe eliminarse con calor (agua caliente o vapor que aumenta el coste del equipo y los costes de operación). Las dos membranas tolerarán un bajo pH. Un sistema que use membranas de CA no necesitará ninguna forma de pretratamiento (sin eliminación de

ES 2 336 659 T3

cloro, y sin inyección de agente de reblandecimiento/ácido/anti-incrustaciones) distinta de un filtro de tipo cartucho mecánico para la eliminación del material en forma de partículas. Un sistema que usa membranas de tipo TFC no requerirá reblandecimiento/inyección de ácido/anti-incrustaciones pero requerirá un medio para eliminar el material en forma de partículas y los halógenos. El sistema de TFC podría incorporar un sistema ultravioleta de destrucción de cloro para destruir el cloro (es decir, como el producido por Aquafine o Trojan). El sistema ultravioleta se colocaría justo delante de la bomba. El agua acidificada ayudaría a impedir la acumulación de incrustaciones de minerales en los manguitos de cuarzo que forman parte del sistema ultravioleta y que afectarían a la intensidad global de la radiación ultravioleta en el agua. La radiación ultravioleta también inactivaría a los microorganismos que se introdujeran en el agua de alimentación y potencialmente cualquiera que proceda del sistema de distribución.

10

No se necesitan intercambiadores de calor para templar el agua de alimentación para el funcionamiento de este dispositivo. Es bien sabido en la técnica de la purificación de agua con membranas que según se reduce la temperatura, aumenta la viscosidad del agua y viceversa. La viscosidad del agua afecta directamente a la velocidad de producción de las membranas de ósmosis inversa. Puede ser tan alta como una reducción en la capacidad de producción de > 2% por cada grado C por debajo de 25°C (25°C es la temperatura de clasificación de flujo estándar de los fabricantes de membranas). A 5°C, la reducción en la velocidad de producción puede exceder 40% a la misma presión especificada. Cuando se reducen las temperaturas del agua para mantener la misma velocidad de producción, se necesita un aumento de presión correspondiente. Los sistemas de purificación de agua que incorporan la invención no usan intercambiadores de calor para templar el agua por las siguientes razones:

15

- a. La superficie específica de la membrana en el diseño se aumenta para compensar las pérdidas de producción debidas a la temperatura.
- b. Es deseable desde un punto de vista microbiológico mantener una temperatura baja dentro de la ósmosis inversa y el punto de uso y la tubería de retorno para reducir la velocidad de crecimiento de los microorganismos.
- c. Puede ahorrarse una cantidad significativa de energía si no se temple el agua a 25°C.

25

La selección de membranas de ósmosis inversa y el diseño del proceso de esta invención evitan la necesidad de templar el agua de alimentación. Los programas de modelado de los fabricantes de membranas (es decir, Osmonics y Dow) determinarán la mejor selección de membranas para la calidad iónica del agua producida ya que están relacionados con la temperatura del agua suministrada. Puede emplearse una combinación de superficie específica y tipos de membranas para obtener la calidad iónica y la velocidad de producción deseadas. La energía de calentamiento representa una contribución significativa a los costes de operación en los sistemas de la técnica anterior y puede ser tan alta como de 50% durante los meses de invierno en los climas del norte.

30

Normalmente no se emplean intercambiadores de refrigeración en el diseño de este dispositivo. El agua rechazada de las membranas de primer paso y el agua extraída en los puntos de uso actúa como sumidero de calor para el sistema. Típicamente se observa un aumento de aproximadamente un par de grados centígrados entre la temperatura de alimentación y el agua del producto que vuelve desde los puntos de uso. La acumulación de calor dentro del sistema se basa en el porcentaje de recuperación, el volumen de extracción con la velocidad de reciclado y la temperatura de operación máxima permisible de las membranas. Los sistemas basados en almacenamiento acumulan calor de la bomba y las pérdidas friccionales dentro del sistema de distribución. Estos sistemas emplean intercambiadores de refrigeración para mantener la temperatura normalmente entre 20 y 25°C, que es una temperatura ideal para el crecimiento microbiano. En condiciones de altas velocidades de recuperación donde las aguas de origen son intrínsecamente cálidas (climas tropicales), puede emplearse un intercambiador de refrigeración con esta invención. La localización del intercambiador estaría en la alimentación o en el sistema de circulación dentro del dispositivo (antes de la bomba y las membranas), asegurando de esta manera un menor coste de capital ya que no es necesario el diseño sanitario como ocurre con los sistemas basados en almacenamiento.

35

40

45

Se apreciará que el agua producida a alta temperatura o el agua que no satisface la especificación de conductividad se enviará automáticamente al desagüe. Se establece una velocidad de rechazo normal en el sistema normalmente comprendida entre 2 y 50% de la velocidad de producción del producto o una recuperación de 50-98%. El agua rechazada que va al desagüe y el agua producida extraída actúan como sumideros de calor para eliminar el calor del sistema que se acumula debido a los caballos de vapor de la bomba y la fricción. Un sensor de conductividad/temperatura 14-18 mide la calidad del agua producida en la línea de suministro de agua purificada en los puntos de uso 62 (línea de producto) o en la tubería de retorno de vuelta al conjunto de membranas de ósmosis inversa 72. Si el agua excede cualquiera o los dos límites, se abre una válvula automática que forma parte de un conjunto de rechazo 73 en la línea de rechazo para enviar el agua adicional al desagüe. Esto actúa purgando el sistema de agua que no está dentro de la especificación. Después de haber restablecido la calidad, la válvula automática 73 se cierra para que el sistema vuelva a las condiciones de operación normales.

50

55

Un variador de frecuencia (VFD) está asociado con el motor que controla la bomba 70 y se usa para el control hidráulico dentro del sistema. Un medidor de flujo con un sensor 12, 16 en la línea de agua producida y/o línea de retorno al punto de uso monitorizará el caudal del producto. El sensor o sensores (12, 16) transmitirán una señal al

60

65

ES 2 336 659 T3

variador de frecuencia para aumentar o reducir la velocidad del motor de la bomba 70. El VFD permitirá el funcionamiento de un sistema de purificación de agua de acuerdo con la invención desde un mínimo de 3 pies por segundo (1 metro por segundo) hasta una velocidad máxima recomendada de 9 pies por segundo (2,7 metros por segundo). Se entenderá que el sistema está diseñado para el funcionamiento continuo de forma que el agua nunca quede estancada.

5 Si se superan los 10 pies por segundo (3,0 metros por segundo) se puede producir un golpe de ariete dentro del sistema. Esto equivale a una velocidad de producción de tan sólo 50% de la velocidad media diseñada hasta un máximo de 150% de la velocidad media diseñada. El VFD se emplea para diferentes condiciones de operación y razones:

10 a) Durante la extracción, el sensor de flujo de la vuelta del bucle 16 detectará una reducción del flujo. Esto aumentará las revoluciones por minuto (RPM) de la bomba 70 para aumentar la presión aplicada sobre los conjuntos de membranas de ósmosis inversa 72, 74 que a su vez producirán más agua para compensar el volumen extraído. Esto también mantiene el requisito mínimo de velocidad de 3 pies por segundo (1 metro por segundo) en la línea de retorno.

15 b) En climas del norte, las fuentes de agua pueden variar en temperatura dependiendo de la estación, particularmente si el agua de origen procede de una fuente superficial (lago, río o depósito). El VFD automáticamente controlará la velocidad de producción basándose en el flujo del producto, independientemente de la temperatura y la viscosidad del agua. La variación de temperatura no afectará a la velocidad de producción.

20 c) Pueden realizarse ajustes temporales para un aumento o reducción de la demanda de agua. Las velocidades de producción pueden modularse dentro de parámetros definidos. Un establecimiento manual del VFD puede fijar la velocidad de producción desde un valor tan bajo como 50% de las RPM de la bomba hasta 100% de su intervalo, que produciría un intervalo de producción de 50% a 150% de la velocidad de producción media diseñada.

25 d) El mantenimiento de la velocidad en la tubería del punto de uso de idealmente 3 pies por segundo (1 metro por segundo) pero no superior a 6 pies por segundo (2 metros por segundo) durante los tiempos de reposo, cuando no se extrae agua del sistema, reducirá el consumo de agua y las necesidades de energía para ahorrar energía. Esto también reduce la posibilidad de que se sedimenten microbios sobre las paredes de la tubería que finalmente formarán biopelículas y contaminarán el sistema.

30 e) En el caso de un fallo de energía, el VSD reiniciará el sistema de forma suave. Cuando se restaure la energía, la bomba 70 iniciará una rampa lenta para llevar el sistema hasta las especificaciones de operación aumentando las RPM a la velocidad de operación. Esto impide los choques hidráulicos, con lo que se reduce el desgaste y la ruptura en el sistema y en el equipo del punto de uso asociado. El sistema se autorregulará para volver a producir la calidad y cantidad de agua deseada.

35 f) Se usa durante la limpieza *in situ* (CIP) del sistema. El impulsor de frecuencia se fijaría a aproximadamente 50 por ciento de la frecuencia máxima del motor, y además se abrirían las válvulas que regulan la presión negativa en las líneas de recirculación. Esto produce una buena velocidad de flujo dentro del sistema a bajas presiones. Durante la CIP, es deseable mantener una alta velocidad a través de las membranas a bajas presiones para levantar el material depositado de la superficie de la membrana. Los agentes químicos limpiadores pueden dosificarse al sistema con una neutralización química apropiada en el rechazo del primer paso.

45 Puede conseguirse eficacia de energía con el uso de bombas sumergibles. El agua que se está bombeando enfría el motor. Esta energía calorífica del motor de la bomba y la fricción se recoge por el agua a través del sistema de distribución y ayuda a reducir la viscosidad del agua, lo cual aumenta la velocidad de producción a una presión especificada. Esto a su vez ahorra costes de energía en caballos de vapor de la bomba.

50 Durante todo el proceso se usan consideraciones de diseño sanitarias. Se usa al menos una bomba 70 para aplicar presión al primer paso. La presión residual del primer paso se usa para alimentar al segundo paso. Éste es un diseño más sanitario que una bomba para el primer paso y una segunda bomba para el segundo paso. Además, la bomba 70 se localiza en el lado contaminado del proceso de purificación, que está aguas arriba del primer conjunto de membranas.

55 Si tiene que reemplazarse una bomba 70, no se requiere la desinfección de las tuberías del proceso y del punto de uso 62 como en la técnica anterior típica. Además, podría añadirse una bomba de reserva al sistema, podrían rotarse las articulaciones de movimiento de la bomba existente sobre la segunda bomba muy rápidamente para reducir el tiempo de inactividad.

60 La invención puede hacerse funcionar para regularse por sí misma para mantener la calidad y cantidad de agua producida con sólo 2 sensores, una combinación de sensor de conductividad/temperatura (14, 18) y un sensor de flujo (12, 16). No se necesita ningún otro control para permitir que el sistema se autorregule. El sensor de flujo (12, 16) proporcionará la retroalimentación para que el VFD mantenga la velocidad y la tasa de producción. El sensor de conductividad/temperatura (14, 18) regulará la válvula automática localizada en el conjunto rechazado 73 para enviar

65 agua de alta temperatura o conductividad al desagüe que limpiará el sistema rápidamente y mantendrá el equilibrio hidráulico.

ES 2 336 659 T3

El sistema puede hacerse funcionar con controles muy sencillos. No se necesita un controlador lógico programado (PLC) o sistemas de control patentados para el funcionamiento.

La invención puede adaptarse a diversas calidades de agua de origen de hasta aproximadamente 2.000 mg/l de sólidos totales disueltos (TDS) con respecto a la técnica de membranas existente. Pueden realizarse ajustes en el porcentaje de recuperación en el sistema para asegurar la calidad del agua final producida (de 50% a 98%). Además, pueden elegirse diferentes membranas que tengan diferentes características de rechazo para ayudar a la calidad de agua final. Según avanza la tecnología de las membranas, pueden emplearse membranas con mayor rechazo para usar este dispositivo con un agua de origen de incluso mayor contenido de TDS. En los casos en los que el agua de origen supera las directrices de funcionamiento recomendadas, como se especifica por los fabricantes de las membranas, puede emplearse un pretratamiento apropiado, como el diseñado por los especialistas en la técnica de la purificación de agua.

Los sistemas de ósmosis inversa de dos pasos típicos de la técnica anterior normalmente se diseñan para funcionar con una recuperación total de 50-60%. La recuperación típica para este diseño es de 80% a 98% durante el modo de producción. El porcentaje de recuperación dependería de la temperatura del agua de origen y del nivel de sólidos totales disueltos.

Cuando la recuperación del sistema, en el modo de producción, está por debajo de 90%, pueden aumentarse a 90-98% cuando se hace funcionar en modo de circulación o reposo usando una válvula automática adicional en el conjunto de rechazo 73. La válvula automática se cerraría una vez que se ha iniciado el modo de reposo para reducir la cantidad de agua enviada como agua de rechazo.

Convenientemente, el agua acidificada que circula sobre las membranas de primer paso 72 durante el modo de circulación o reposo también ayuda a la reducción del cloro y las cloraminas.

Los sistemas de la técnica anterior han empleado un proceso denominado alimentación directa que no usa un depósito de almacenamiento. Esencialmente consiste en un tubo de distribución desde la salida del proceso de purificación que suministra agua purificada a los puntos de uso. Algunos sistemas emplean una línea de retorno desde los puntos de uso hasta la entrada del proceso de purificación. Esto permite la circulación del agua cuando no se pide por los puntos de uso. Típicamente, en este tipo de diseño se determina la velocidad de demanda en el punto de uso. La velocidad de producción de los sistemas se diseña para satisfacer esta demanda con un 10-20 por ciento adicional. Esta invención emplea un concepto diferente de la técnica anterior. El propósito de esta invención es proporcionar agua purificada cuando se requiera (punto de uso) pero como un punto de extracción directo dentro del lado de alta pureza de los procesos de purificación de la invención. El agua se obtiene como una extracción directa de agua recién purificada de la invención. A diferencia de la técnica anterior, la tubería hasta el punto de uso y la vuelta al conjunto de membranas es una parte integral del proceso de purificación. La velocidad de producción de la invención típicamente es el doble que la de la demanda de eliminación. Las condiciones hidráulicas son diferentes de la técnica anterior para mantener las velocidades dentro del proceso de purificación. Además, se necesita un bajo equilibrio de sólidos totales disueltos, agua y dióxido de carbono en el volumen de agua que se devuelve al conjunto de membranas en una base continua.

El estado natural del sistema es hacerlo sin un ajuste del pH para obtener las ventajas del CO₂ en el modo de producción y circulación. La conductividad del agua producida se elevará debido al gas CO₂ disuelto, que forma ácido carbónico y a su vez contribuye a la conductividad. En aplicaciones en las que se va a mantener una conductividad especificada para determinar el contenido máximo permisible de sólidos totales disueltos sin la interferencia de la conductividad aportada por el CO₂, el gas CO₂ puede retirarse en una corriente de muestra de producto de bajo volumen. Una corriente de muestra del agua producida procedente de la salida de las membranas de segundo paso antes del bucle, o del agua que vuelve desde el bucle, o de ambos sitios, puede pasarse a través de un pequeño módulo de membrana de desgasificación 59 (por ejemplo, Liqui-Cel por Celgard o similar) antes de un detector de conductividad 14, 18 como se muestra en el sistema de purificación de agua 61 de la Fig. 7. El sensor de conductividad 14, 18 después registraría sólo la conductividad aportada por los sólidos totales disueltos (es decir, análisis de conductividad online USP Fase 1).

Cuando existe la necesidad de producir agua de una conductividad reducida, puede añadirse hidróxido sódico u otro álcali adecuado al agua de alimentación en 66 para convertir el CO₂ en carbonato, que se rechazará por las membranas, produciendo agua de producto de menor conductividad. En el mercado están disponibles sistemas adecuados para el ajuste del pH en condiciones de flujo variable tales como los fabricados por Prominent Fluid Controls. En este caso, sería necesario un agente de reblandecimiento en el pretratamiento para impedir una formación de incrustaciones más rápida en las membranas en condiciones alcalinas. En estas condiciones, un mecanismo temporizador o una inactivación manual de la bomba de inyección de NaOH 66 producirá un bajo pH en el sistema y bucle de distribución para conseguir autolimpieza y desinfección, durante las horas bajas de producción. Este estado también puede conseguirse entre los requisitos de extracción durante la producción normal. El estado normal será mantener un pH bajo. Cuando se necesita agua, un cambio por los puntos de uso activará la bomba de NaOH 66 para llevar el pH dentro del intervalo deseado (aproximadamente 8,3 en las membranas de primer paso) para proporcionar agua de una menor conductividad. Después de la extracción, la bomba de NaOH 66 se inactiva de nuevo para mantener un estado de limpieza y desinfección de ácido.

Como alternativa, el gas CO₂ puede retirarse del agua incorporando un módulo de desgasificación de dióxido de carbono tal como un contactor de membrana (por ejemplo, Liqui-Cel por Celgard o similar) para aumentar el pH de nuevo a un valor especificado y deseado y también para reducir la conductividad en los puntos de uso cuando sea necesario. Un contactor de membrana 55, puesto en el lado del infiltrado del segundo paso, antes del tratamiento con radiación ultravioleta, eliminará el gas CO₂ como se muestra en el sistema de purificación de agua 71 de la Fig. 8. La eliminación del gas reducirá la conductividad y aumentará el pH de nuevo al valor especificado y deseado. El módulo de desgasificación puede conectarse con una fuente de gas de arrastre o puede aplicarse vacío en el módulo para eliminar el CO₂ del agua producida. Otra alternativa es permitir que el gas salga del agua purificada después de extraerse del sistema. Una vez que se ha liberado la presión, el CO₂ se desprenderá naturalmente del agua reduciendo la conductividad y aumentando el pH.

Un sistema 81 mostrado en la Fig. 9 de acuerdo con la invención comprende un eductor 8 conectado a un contactor de membrana, que está localizado después del segundo paso y antes del sistema ultravioleta. Un eductor 8, colocado en una línea de agua desde la descarga de la bomba 70 y conectado a la entrada de la bomba, y que tiene la línea de vacío del eductor conectada al contactor de membrana 55 elimina gas CO₂ del agua producida y lo introduce en el agua de alimentación. Esto reducirá la alcalinidad en el agua de alimentación, reduciendo las incrustaciones en las membranas y reduciendo el pH dentro del sistema antes del contactor para impedir el crecimiento microbiano.

Cuando los puntos de uso requieren agua caliente o la membrana seleccionada para uso en los conjuntos de membranas de ósmosis inversa 72, 74 se hace funcionar a temperaturas superiores (70-80°C), continua o periódicamente para destruir las bacterias, los sistemas de radiación ultravioleta 68 y 76 pueden reemplazarse por intercambiadores de calor identificados por los números de referencia 78, 80 respectivamente en la realización del sistema de purificación de agua 82 mostrado en la Fig. 3. Los demás componentes por lo demás son similares a los del sistema de purificación de agua 60 de la Fig. 2 y se identifican por números similares. El segundo intercambiador de calor opcional 80 se dispone para controlar la temperatura del infiltrado antes de alcanzar los puntos de uso indicados en 62 para aumentar o mantener altas temperaturas del agua, por ejemplo, en agua para inyección, para enfriar el agua para otros usos finales o para desinfectar el bucle y el equipo asociado unido al bucle del punto de uso. En dichos sistemas, se apreciará que los costes de operación serán mayores debido a los costes de energía asociados con el calentamiento del agua. Por lo tanto, se reducirán las ventajas del coste de operación mencionadas anteriormente descritas haciendo referencia a la Fig. 2.

Tanto el sistema 60 como el sistema 82 de las Figs. 2 y 3 pueden modificarse para crear sistemas 86, 88 como se muestra en las Figs. 4 y 5 en las que se añade una vuelta de bucle de serpentina en la que se extrae el infiltrado a través de la bomba 84 dispuesta para evitar los conjuntos de membranas de ósmosis inversa primero y segundo 72, 74. La colocación de los sistemas 86, 88 en modo de reserva, en el que la bomba 70 se hace funcionar durante unos pocos minutos cada hora, para lavar los sistemas, reducirá los requisitos de agua globales para conservar el agua mientras se mantiene una velocidad mínima de agua en la tubería del punto de uso que inhibe la formación de biopelícula e impide el estancamiento de agua.

En la Fig. 6 se ilustra un sistema híbrido 90 de los sistemas 60 y 82 donde el primer conjunto de membranas de ósmosis inversa 72 se hace funcionar a una temperatura baja y está asociado con una estación de radiación ultravioleta 68 aguas arriba y el segundo conjunto de membranas de ósmosis inversa 74 se hace funcionar a una temperatura elevada y está asociado con un intercambiador de calor 92 aguas arriba y una bomba 94 dispuesta entre el primer conjunto de membranas de ósmosis inversa 72 y el segundo conjunto de membranas de ósmosis inversa 74. Se dispone un segundo intercambiador de calor 80 opcional para controlar la temperatura del infiltrado antes de alcanzar los puntos de uso indicados en 62.

Se observará que el infiltrado procedente del segundo conjunto de membranas de ósmosis inversa 74 se extrae por la bomba 94 para volver a través del intercambiador de calor 92 al segundo conjunto de membranas de ósmosis inversa 74 mientras que el agua de rechazo del segundo conjunto de membranas de ósmosis inversa de segundo paso 74 se divide en dos fracciones que suministran a los dos conjuntos de membranas de ósmosis inversa de primer y segundo paso 72, 74.

El infiltrado del conjunto de membranas de ósmosis inversa de primer paso 72 también tiene una fracción que se recicla a través de la estación de radiación ultravioleta 68 y su agua de rechazo se divide en dos fracciones, una que va al desagüe mientras que la otra se recicla a través de la estación de radiación ultravioleta 68.

Aplicabilidad industrial

En el uso, se apreciará que un sistema de purificación de agua construido de acuerdo con la invención proporciona enormes ventajas en cuanto al coste. Los costes de capital son significativamente menores, proporcionando ahorros del orden de 30 a 50% con respecto a los sistemas de la técnica anterior que incluyen un depósito de almacenamiento de agua. Los costes de operación también se reducen en 20 a 50%, siendo los ahorros atribuibles a un menor consumo de energía y a una menor mano de obra para la limpieza y desinfección. Más ventajosamente, un sistema construido de acuerdo con la invención produce agua con una alta pureza microbiológica sin la infraestructura asociada con la desinfección con agua caliente y la desinfección con ozono.

Índice de signos de referencia

	8	eductor
5	12	sensor de flujo
	14	sensor de conductividad/temperatura
	16	sensor de flujo
10	18	sensor de conductividad/temperatura
	20	pretratamiento de agua de alimentación
15	22	depósito de almacenamiento
	24	intercambiador de calor
	26	adiciones de agentes químicos
20	28	conjunto de ósmosis inversa de un solo paso
	30	primera estación ultravioleta
25	32	estación de desionización
	34	segunda estación ultravioleta
	36	primer filtro de esterilización
30	38	segundo depósito de almacenamiento
	40	puntos de uso
35	42	tercera estación ultravioleta
	44	segundo filtro de esterilización
	46	segundo intercambiador de calor
40	48	sistema de ozonización
	50	bomba
45	52	bomba
	54	controlador lógico programado
	55	módulo de desgasificación de CO ₂
50	59	módulo pequeño de membrana de desgasificación
	60	sistema de purificación de agua (Fig. 2)
55	61	sistema de purificación de agua (Fig. 7)
	62	puntos de uso
	64	pretratamiento de agua de alimentación
60	66	ajuste del pH
	68	primera estación ultravioleta
65	70	bomba de velocidad variable
	71	sistema de purificación de agua (Fig. 8)

ES 2 336 659 T3

	72	primer conjunto de membranas de ósmosis inversa
	73	conjunto de rechazo
5	74	segundo conjunto de membranas de ósmosis inversa
	76	segunda estación ultravioleta
	78	intercambiador de calor
10	80	intercambiador de calor
	81	sistema de purificación de agua (Fig. 9)
15	82	sistema de purificación de agua (Fig. 3)
	84	bomba
	86	sistema de purificación de agua (Fig. 4)
20	88	sistema de purificación de agua (Fig. 5)
	90	sistema de purificación de agua (Fig. 6)
25	92	intercambiador de calor
	94	bomba
30		
35		
40		
45		
50		
55		
60		
65		

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de purificación de agua (81) que tiene:

5 una entrada de agua de alimentación;

dos conjuntos de filtros de ósmosis inversa (72, 74) para recibir agua de alimentación de la entrada de agua de alimentación;

10 recibiendo un conjunto de filtros de ósmosis inversa de primer paso (72) agua de alimentación de la entrada de agua de alimentación y recibiendo un conjunto de filtros de ósmosis inversa de segundo paso (74) agua purificada del conjunto de filtros de ósmosis inversa de primer paso (72),

15 incluyendo el sistema además un sistema de reciclado de agua de rechazo para reciclar el agua de rechazo del conjunto de filtros de ósmosis inversa de primer paso (72) y el conjunto de filtros de ósmosis inversa de segundo paso (74) al conjunto de filtros de ósmosis inversa de primer paso (72);

20 un sistema de distribución de agua purificada para distribuir agua purificada a puntos de uso (62) y para devolver agua purificada a al menos uno de dichos conjuntos de filtros de ósmosis inversa (72, 74) para purificar continuamente el agua y asegurar la pureza microbiológica en dicha agua purificada, estando acoplado el sistema de distribución de agua purificada a al menos uno de dichos conjuntos de filtros de ósmosis inversa (72, 74) sin ningún almacenamiento o depósito de agua intermedio e, incluido en dicho sistema de distribución de agua purificada:

- 25 - una bomba de velocidad variable (70) para bombear el agua de alimentación a dichos conjuntos de membranas de ósmosis inversa para crear una presión de agua suficiente en el sistema de distribución para mantener el dióxido de carbono en solución y producir un medio ácido;
- 30 - medios para el ajuste del pH y la conductividad (56) del agua purificada que deja el conjunto de filtros de ósmosis inversa de segundo paso (74), estando adaptados dichos medios para el ajuste del pH para eliminar gas dióxido de carbono del agua purificada, y
- 35 - un eductor (8) acoplado a dichos medios para el ajuste del pH (55) y a la bomba (70) para devolver el gas dióxido de carbono al suministro de agua de alimentación para dicho conjunto de membranas de ósmosis inversa de primer paso (72).

2. Un sistema de purificación de agua (81) de acuerdo con la reivindicación 1 que tiene un sensor de flujo (12, 16) para controlar la velocidad de flujo de agua en el sistema de distribución de agua purificada y acoplado a la bomba de velocidad variable (70).

3. Un sistema de purificación de agua (81) de acuerdo con la reivindicación 1 que tiene un sensor (14, 18) para medir la conductividad y la temperatura del agua y acoplado a un conjunto de agua de rechazo (73) para liberar el agua rechazada procedente del sistema cuando se exceden las especificaciones de conductividad y temperatura.

4. Un sistema de purificación de agua (81) de acuerdo con la reivindicación 1 que tiene un primer sistema de tratamiento con radiación ultravioleta (68) dispuesto para tratar el agua que entra en el conjunto de filtros de ósmosis inversa de primer paso (72) y que tiene un segundo sistema de tratamiento con radiación ultravioleta (76) dispuesto para tratar el agua purificada que deja el conjunto de filtros de ósmosis inversa de segundo paso.

5. Un sistema de purificación de agua (81) de acuerdo con la reivindicación 1 que tiene medios para ajustar el pH (66, 55) del agua de alimentación dispuesto para tratar el agua que entra en dicho al menos un conjunto de filtros de ósmosis inversa (72, 74) para regular el pH y la conductividad del agua purificada que sale de dicho al menos un conjunto de filtros de ósmosis inversa (72, 74).

6. Un sistema de purificación de agua (81) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la bomba (70) tiene un intervalo de autorregulación para variar las velocidades de producción del agua purificada entre 50 y 150% de una velocidad de producción nominal en respuesta a la demanda de agua purificada en los puntos de uso (62).

7. Un sistema de purificación de agua (81) de acuerdo con la reivindicación 1 en el que la bomba (70) se puede hacer funcionar manualmente para variar las velocidades de producción de agua purificada entre 50 y 150% de una velocidad de producción nominal en respuesta a las demandas de agua purificada en los puntos de uso (62).

8. Un método para hacer funcionar un sistema de purificación de agua (81) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se mantiene una velocidad mínima de 1 metro/seg. (3 pies/seg.) en el sistema de distribución de agua purificada para producir condiciones de flujo turbulento que impiden la contaminación por microorganismos.

ES 2 336 659 T3

9. Un método de acuerdo con la reivindicación 8 para hacer funcionar un sistema de purificación de agua de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el caudal de agua de alimentación que va al conjunto de ósmosis inversa de primer paso (72) es al menos tres veces la velocidad media de producción desde el conjunto de ósmosis inversa de segundo paso (72) para reducir la obstrucción de las membranas de ósmosis inversa en dicho conjunto de ósmosis inversa de primer paso (72).

10. Un método de acuerdo con la reivindicación 8 para hacer funcionar un sistema de purificación de agua (81) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la bomba (70) regula las velocidades de producción de agua purificada a través de dicho al menos un conjunto de filtro de ósmosis inversa (72, 74) en respuesta a la demanda de agua purificada en puntos de uso (62).

11. Un método de acuerdo con la reivindicación 8 para hacer funcionar un sistema de purificación de agua (81) de acuerdo con la reivindicación 1, con lo que el pH del agua suministrada al conjunto de ósmosis inversa de primer paso se mantiene por debajo de 7,0 durante un modo de reposo o circulación para autolimpiarse las membranas de depósitos minerales.

12. Un método de acuerdo con la reivindicación 8 para hacer funcionar un sistema de purificación de agua (60, 61, 71, 81, 82, 86, 88, 90) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el agua purificada tiene un pH reducido por debajo de 5,5 durante un modo de operación de reposo para asegurar la pureza microbiológica en el agua purificada.

13. Un método de acuerdo con la reivindicación 8 para hacer funcionar un sistema de purificación de agua de acuerdo con la reivindicación 1, donde el sistema se hace funcionar continuamente de forma que el agua nunca queda estancada.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

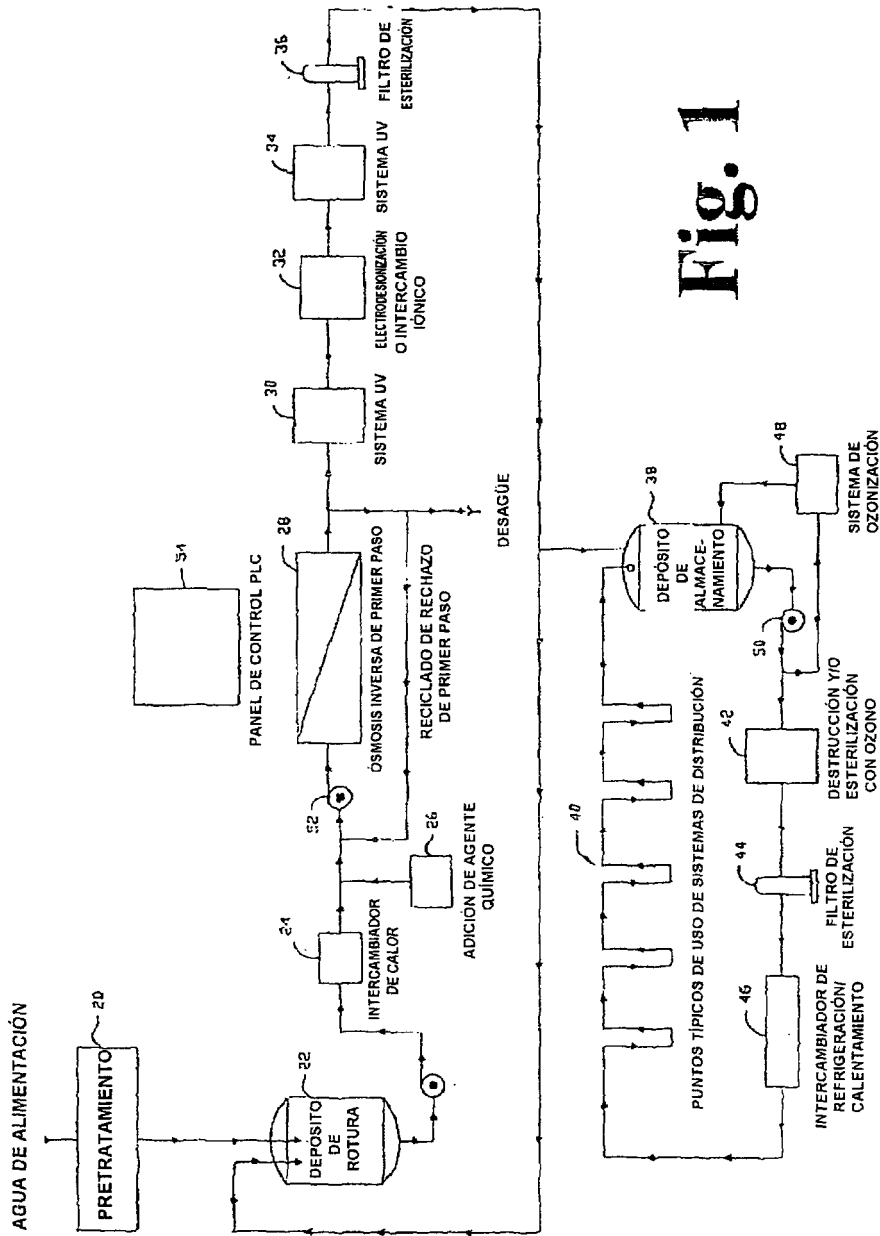


Fig. 1

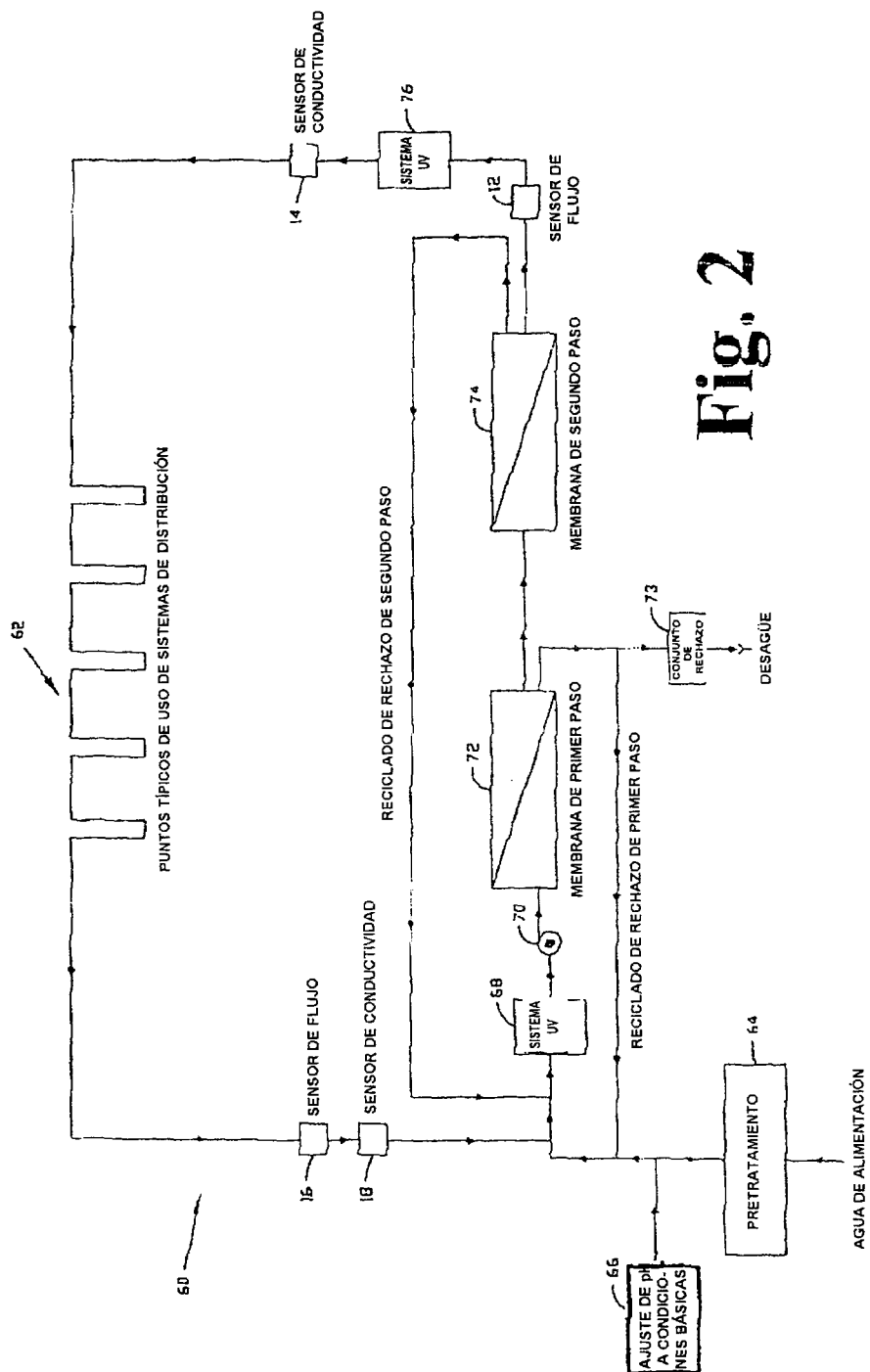


Fig. 2

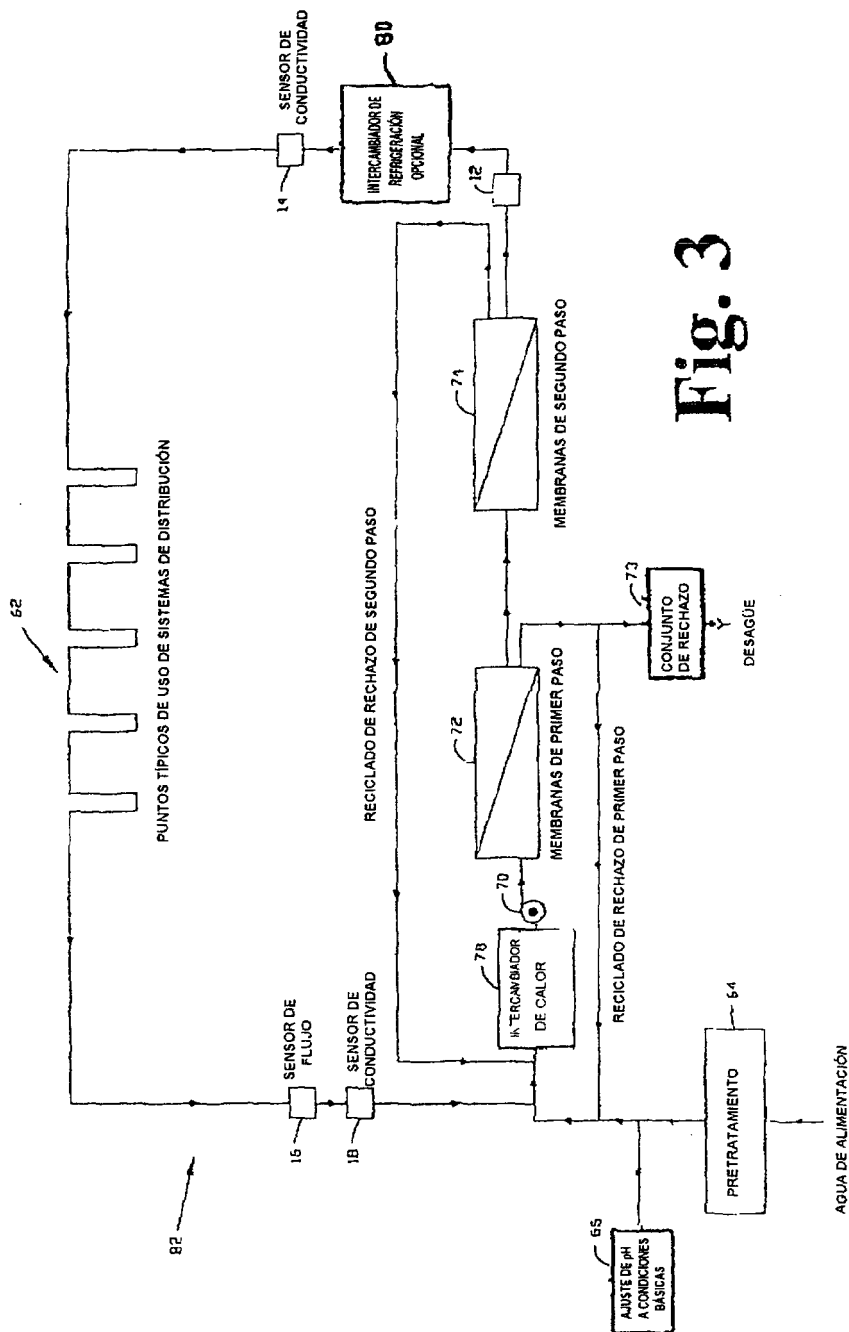


Fig. 3

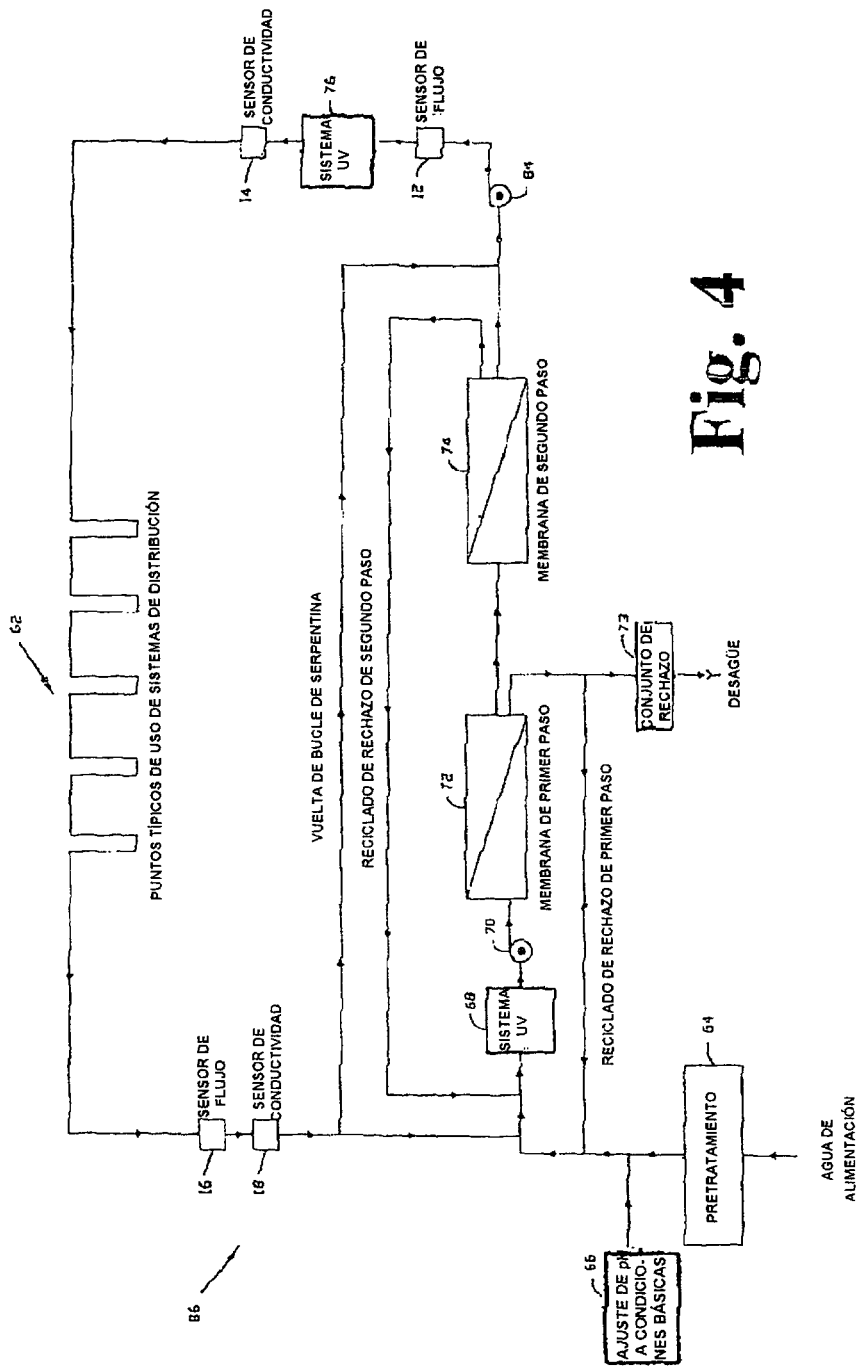


Fig. 4

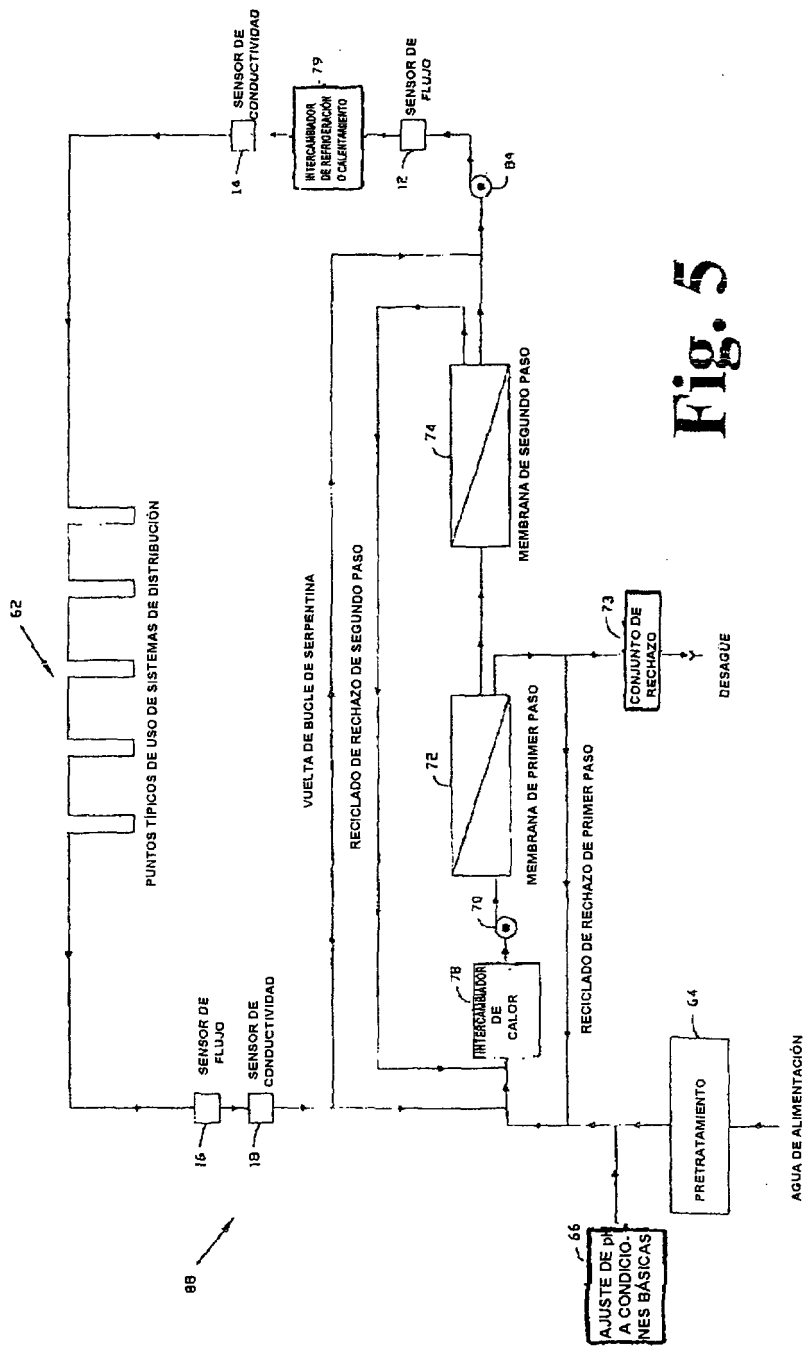


Fig. 5

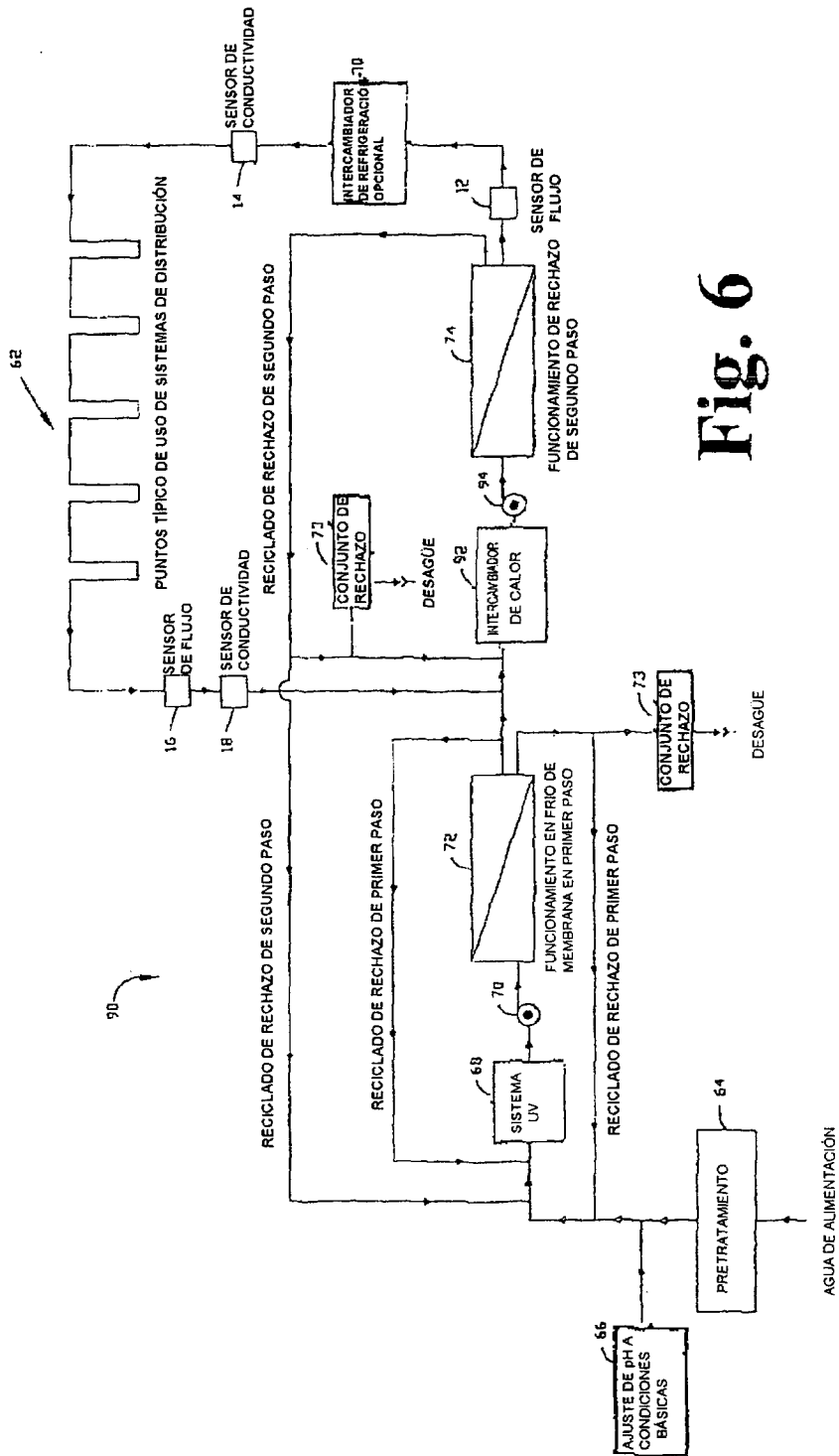


Fig. 6

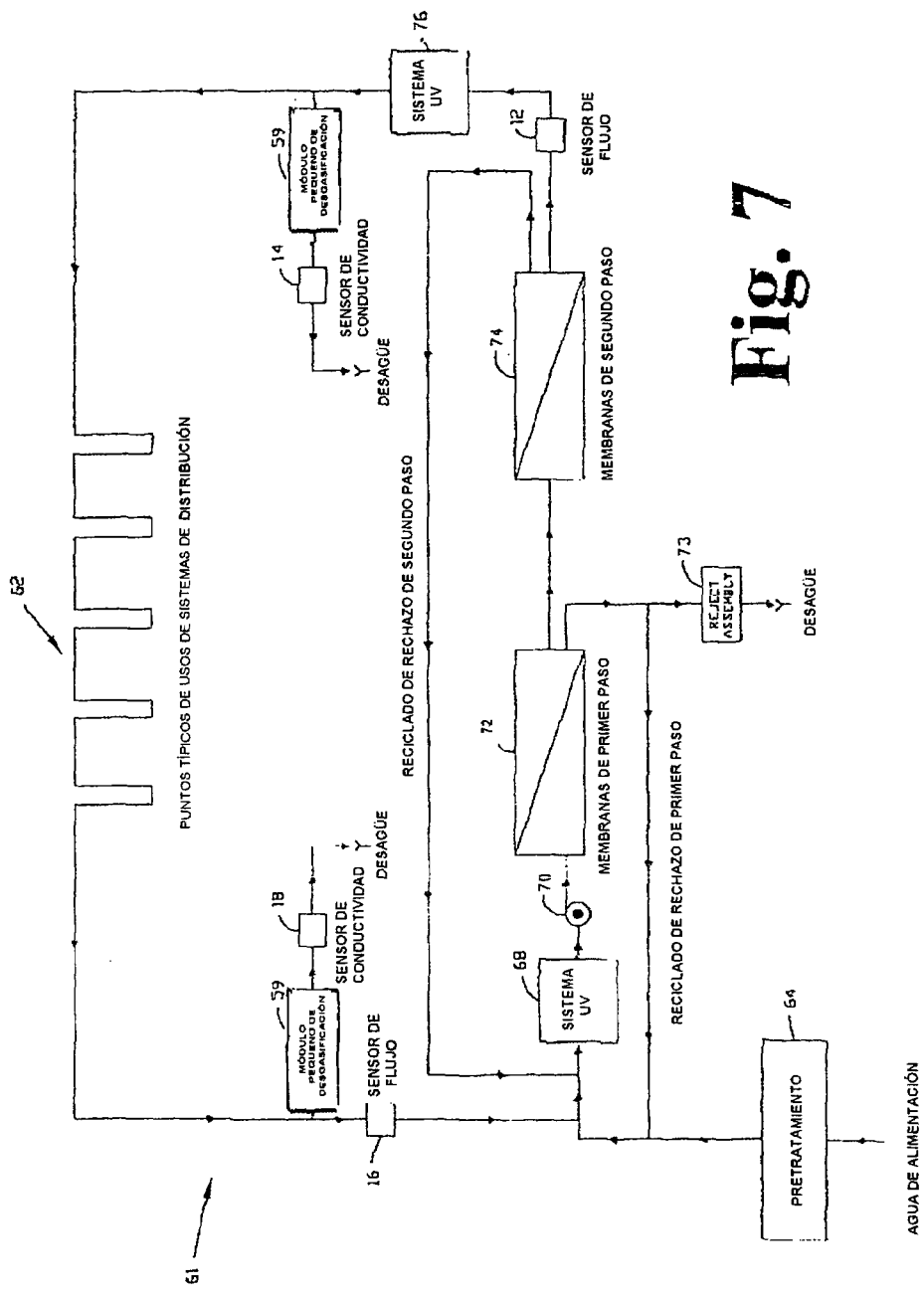


Fig. 7

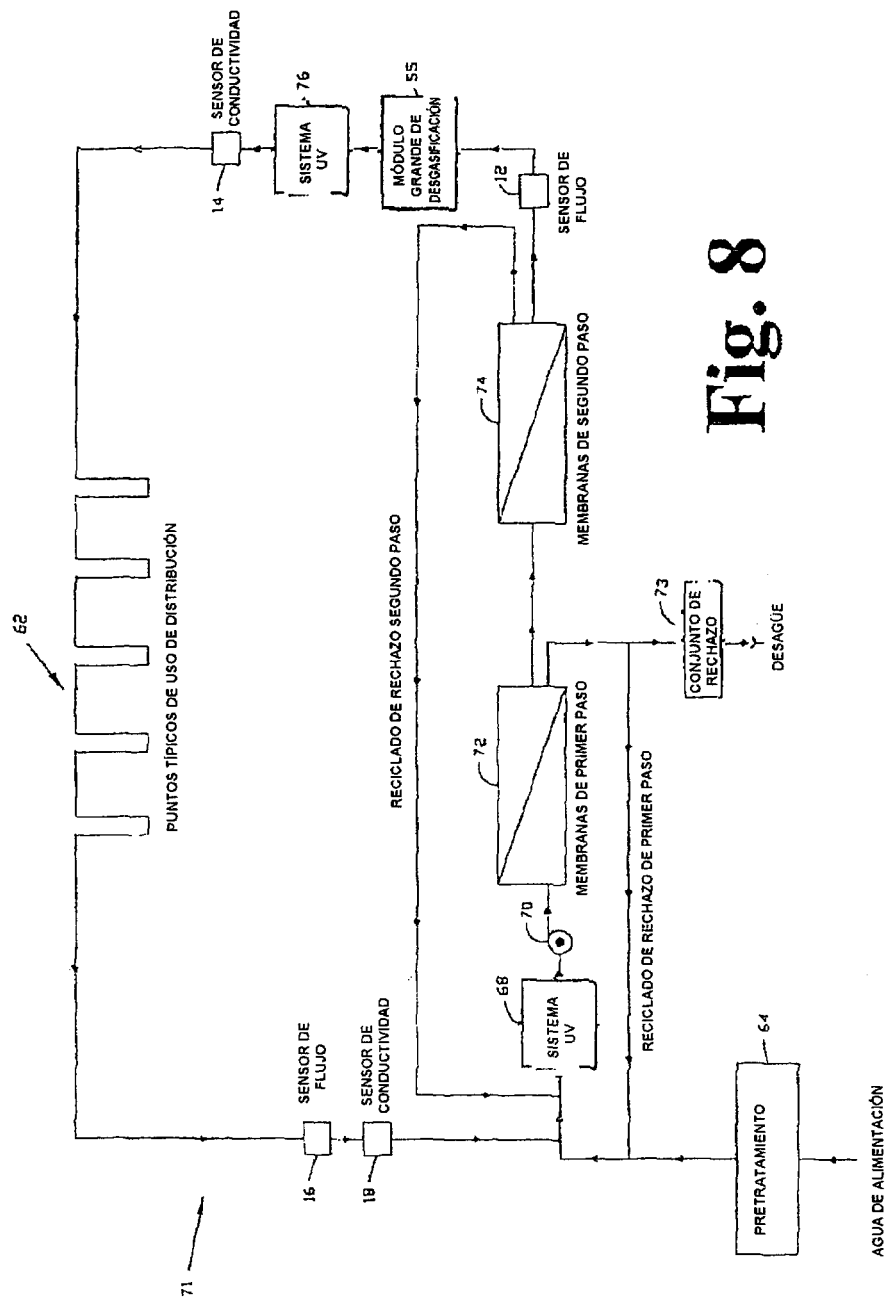


Fig. 8

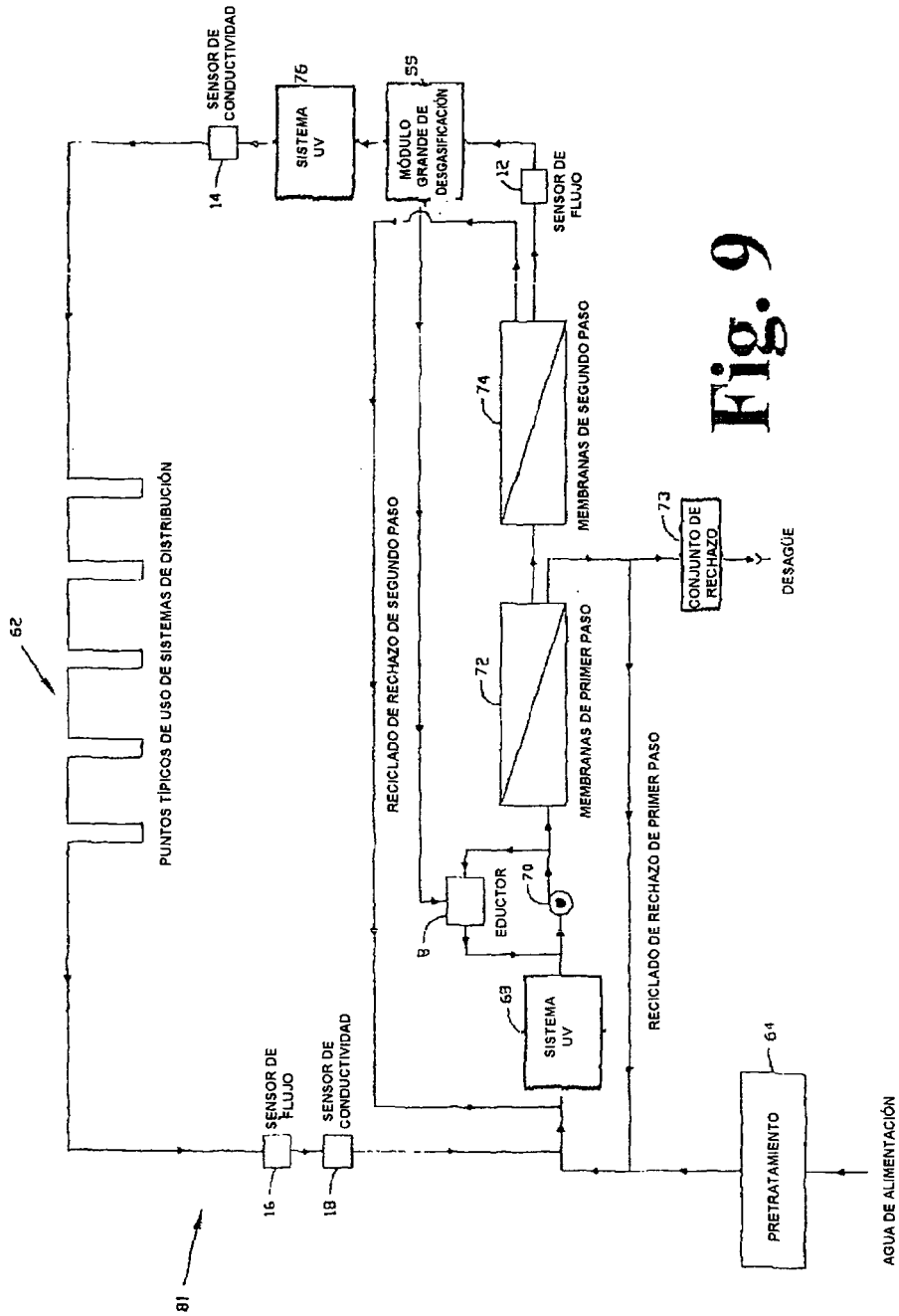
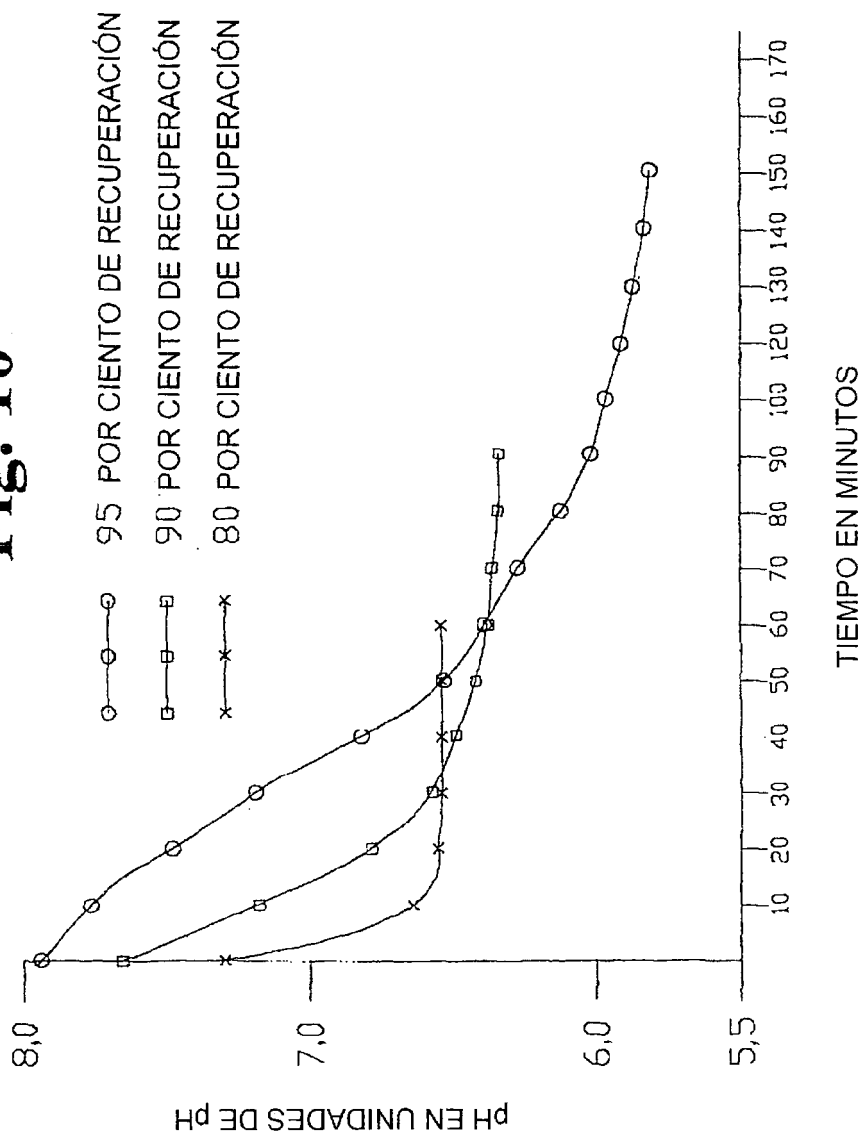


Fig. 9

Fig. 10



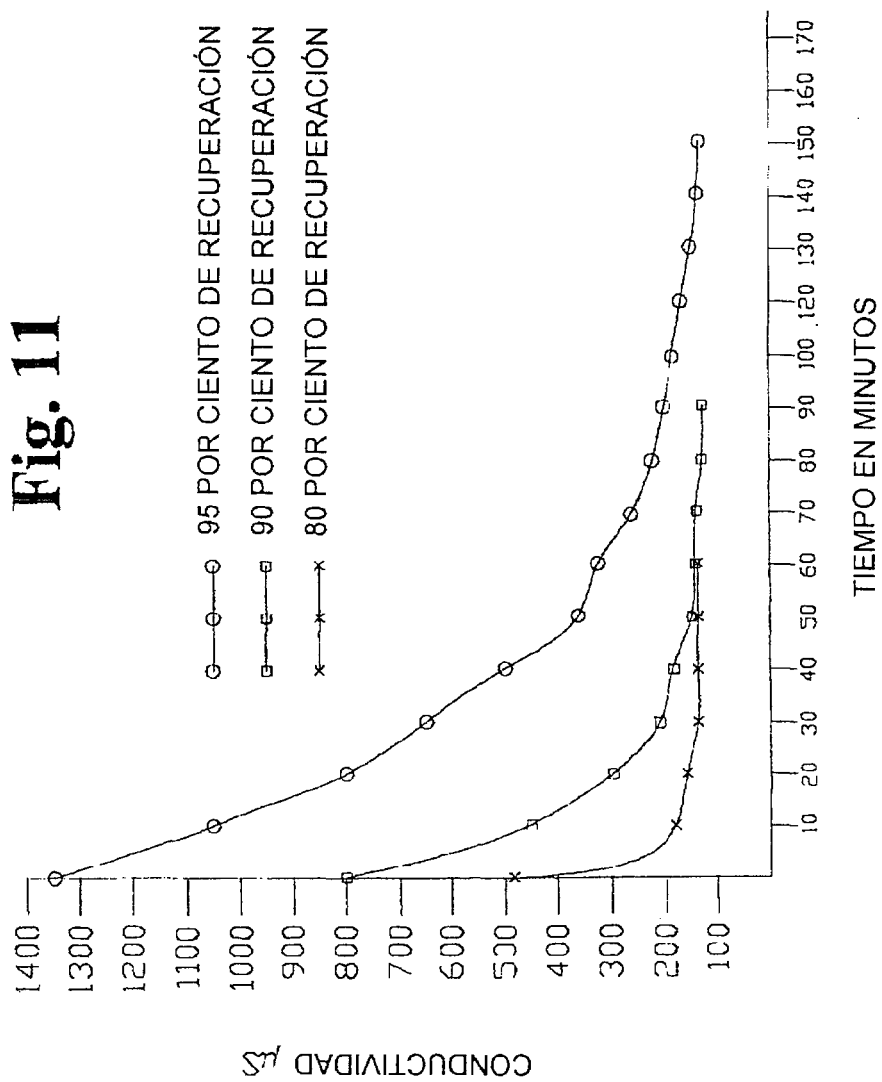


Fig. 12

