



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 360 900**

51 Int. Cl.:

**B01D 65/02** (2006.01)

**B01D 61/22** (2006.01)

**B01D 65/08** (2006.01)

**C02F 3/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06827028 .9**

96 Fecha de presentación : **27.10.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1945334**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.07.2008**

54

Título: **Operación MBR eficaz en el tratamiento de aguas residuales.**

30

Prioridad: **28.10.2005 US 261403**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**10.06.2011**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**10.06.2011**

73

Titular/es:  
**GLV Finance Hungary Kft., Luxembourg Branch  
6, parc d'Activités Syrdall  
5365 Munsbach, LU**

72

Inventor/es: **Livingston, Dennis;  
Porteous, James y  
Telfer, James A.**

74

Agente: **Ungría López, Javier**

**ES 2 360 900 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).

## DESCRIPCION

Operación MBR eficaz en el tratamiento de aguas residuales

Antecedentes de la invención

5 Esta invención implica la mejora de un proceso ya conocido y empleado en la industria de tratamiento de aguas negras. Más específicamente, la mejora se refiere a una operación eficaz de separadores de membrana que cada vez son más utilizados en las plantas de tratamiento de aguas negras para la deshidratación y concentración de lodos de depuración.

10 Los separadores de membrana, normalmente denominados bio-reactores o MBRs, se utilizan cada vez más en las instalaciones de tratamiento de aguas negras debido a su compacidad y eficacia a la hora de eliminar permeados casi puros de los lodos de depuración o de soluciones mixtas. Los separadores de membrana requieren mantenimiento. Se colapsan parcialmente debido a los sólidos acumulados que han sido separados de los filtros de micro-poros de las membranas; típicamente se emplea purga con aire, constante o intermitente, para agitar o eliminar los sólidos acumulados en las superficies de las membranas.

15 Se sabe que el procedimiento denominado relajación mejora el rendimiento hidráulico total de las membranas sumergidas en una solución mixta. En términos sencillos, típicamente la relajación se describe como un procedimiento en el que se suspende la filtración durante un tiempo pero se continúa con la purga de aire (limpieza). La relajación elimina los sólidos que se han acumulado en la superficie de la membrana durante la filtración (deshidratación).

20 En la bibliografía, las frecuencias y duración de la relajación son del orden de horas o minutos. La limitación principal es de la reducción de capacidad eficaz de la planta que tiene lugar a medida que las membranas quedan fuera de operación con mayor frecuencia o durante períodos de tiempos más largos con el fin de aumentar las ventajas de la relajación.

25 Las plantas de típicas de tratamiento de aguas residuales con bio-reactores de membrana (MBR) están diseñadas para asumir variaciones diarias (diurnas) y de temporada relativas tanto a la carga hidráulica como a la de residuos. No obstante, desde el punto de vista del diseño y de la operación, dichas variaciones pueden tener unos límites pre-definidos y un caudal medio diario (ADF) cada ciclo de operación de 24 horas limitado con el fin de minimizar los requisitos y ampliar la vida de la membranas.

La purga de aire con estanques de MBR, practicada típicamente en estanques MBR que emplean relajación, tiene lugar a velocidad constante a través del ciclo de filtración y relajación, aunque en algunos casos el ciclo de aire puede interrumpirse durante la filtración.

30 El documento EE.UU. 6325928-B y el documento WO-00/21890-A desvelan métodos que emplean una aireación mejorada durante los períodos de relajación. Es un objeto de la presente invención mejorar en gran medida la eficacia de operación de los separadores de membrana, mediante el control del caudal de aire de purga y, de manera opcional, mejorar la retirada de los sólidos acumulados en las membranas durante la relajación, reduciendo como consecuencia de todo ello los costes de operación y el coste de inversión.

35 Antecedentes de la invención

40 En otro aspecto de la invención, se reducen los requisitos de purga de aire por medio de la utilización de aireación proporcional. Se pueden variar los flujos de purga de aire de manera proporcional para ajustarlos al caudal del perneado (agua filtrada). La práctica actual demanda una aireación constante a cualquier caudal del perneado y/o lo que se denomina como ciclado de aire. El ciclado de aire es un método patentado en el que se emplean válvulas para alimentar de forma alternativa el mismo aire entre dos unidades o estuches de membrana que operan en paralelo. El ciclado de aire somete a las membranas a una intensa purga de aire seguida de períodos iguales de no aireación. Empleando aireación proporcional, es preciso acompañar la filtración de una determinada cantidad de aireación y el método de suministro de esa aireación no se encuentra limitada a un aparato dado.

45 Aunque los requisitos de aireación son función de numerosos factores incluyendo la geometría del equipamiento y las propiedades de la membrana, la práctica general requiere operación a un determinado valor mínimo, valor constante. A continuación, se aportan recomendaciones cuantificables para establecer los requisitos de aireación como función de ADF:

- A un valor de 150% de ADF o inferior, la aireación se puede reducir a 75% de lo que es considerado el requisito mínimo.
- A valores de flujo superiores a 150% de ADF y hasta 220% de ADF, es preciso aumentar la aireación hasta 100% del requisito mínimo normal.
- A flujos por encima de 220% de ADF, es preciso aumentar la aireación hasta 150% del requisito mínimo normal.

La aireación proporcional simplemente sigue la necesidad particular de caudal de purga de aire basada en las condiciones de flujo y carga frente a las MBRs. El flujo de aire no se desperdicia cuando no es necesario. Por el contrario, la práctica habitual ha consistido simplemente en mantener constante el flujo de purga de aire, sin variación alguna durante la filtración (excepto, como se ha mencionado anteriormente, que en ocasiones al aire queda interrumpido durante la filtración).

De acuerdo con un aspecto de la invención, los ciclos de filtración/relajación son mucho más frecuentes, y pueden ser del orden de segundos en lugar de minutos. Esto puede suponer una mejora de las ventajas de la relajación sin que ello suponga una disminución de la capacidad normal de rendimiento de la planta siempre y cuando los tiempos de filtración y relajación se mantengan aproximadamente constantes. Por ejemplo, un ciclo típico de relajación (1 min. Relajación/9 min. de filtración) disminuye de forma eficaz la capacidad normal de la planta en 10%. La relajación cada 10 segundos en lugar de cada 100 segundos debería aumentar el caudal sostenible por medio de la eliminación de los sólidos acumulados de manera más frecuente, evitando su acumulación sobre la superficie de la membrana.

Las limitaciones más evidentes de la frecuencia de relajación son la capacidad de control y el desgaste de las válvulas. La capacidad de control se refiere al tiempo que tarda una válvula en abrirse o una bomba en encenderse y a lo que experimenta el caudal una vez que ha ocurrido dicha acción. Por ejemplo, de manera general las válvulas de control de flujo del permeado accionadas eléctricamente presentan un tiempo de descarga de 30 a 60 segundos. Esto significa que la válvula tarda hasta 60 segundos en abrirse o cerrarse por completo desde la condición contraria. Dicho tiempo de descarga limita la frecuencia con la que tiene lugar la relajación, ya que el tiempo que tarda la apertura después de cada ciclo reduce más el rendimiento de la planta. Además, si la FCV se abre demasiado rápido, puede tener lugar un fenómeno denominado rebose. Durante el rebose, la válvula se abre demasiado rápido permitiendo que el flujo de filtración aumente bruscamente de manera temporal. Dichos aumentos bruscos durante la filtración dan lugar a la acumulación de grandes cantidades de sólidos en la superficie de las membranas, que contravienen en gran medida las ventajas de la relajación. La apertura y cierre constantes de las válvulas durante la relajación frecuente también supone un mayor desgaste, lo que provoca fallos en las válvulas y mayores costes de operación.

Este aspecto de la invención abarca dos métodos para abordar las cuestiones de capacidad de control y desgaste. El primer método implica añadir una segunda válvula de accionamiento neumático aguas arriba del FCV. La válvula operada neumáticamente se abre y cierra durante la relajación al tiempo que FCV permanece en la misma posición. Los tiempos de descarga de las válvulas neumáticas son del orden de 6-15 segundos. En esta configuración, FCV no se cierra durante la relajación y se reduce el rebose después de cada ciclo de relajación.

Generalmente, el segundo método y la configuración resultan más eficaces en cuanto a coste y más fáciles de operar. De igual forma que en el método propuesto anteriormente, se procede a la instalación de válvulas de cuarto de giro de bajo coste (mariposa, bola, de obturación) aguas arriba de cada FCV y se operan empleando un árbol de levas conectado a un motor. A medida que el motor gira a una frecuencia susceptible de ajuste, las levas abre y cierran estas válvulas de aislamiento al tiempo que FCV permanece en posición para limitar el rebose después de cada ciclo de relajación. Este método mejora la capacidad de control y elimina la necesidad de dispositivos de accionamiento que se pueden desgastar.

La disminución drástica de la longitud de los ciclos, es decir la relajación mucho más frecuente de las membranas desde la filtración, al tiempo que se mantiene una relación aproximadamente similar entre el tiempo total de filtración y el tiempo total de relajación, tiende a eliminar los sólidos acumulados en las superficies de las membranas a través de un esquema total más eficaz, no permitiendo que se produzca obstrucción, con el fin de continuar con el ciclado de relajación largo típico empleado anteriormente, con el resultado de que es posible reducir los requisitos totales de aire para un caudal de permeado concreto, o por otra parte, es posible conseguir un caudal mayor a partir del área superficial total de los separadores de membrana.

Otro aspecto de la invención es mejorar la eficacia de operación MBR a través de una mejor relajación. Durante la filtración, se reducen las purgas de aire, pero tienen lugar a un caudal mucho mayor durante la relajación. Se reduce el flujo total de purga de aire. Típicamente, las membranas se someten a relajación un minuto de cada diez, para eliminar los sólidos que se hayan acumulado sobre la superficie de la membrana. Empleando la innovación propuesta, debería reducirse el requisito de purga de aire en 25-50% durante el ciclo de filtración de nueve minutos y aumentarse hasta 100% o más del flujo nominal para el ciclo de relajación de un minuto. Asumiendo una reducción de 25% de aire durante la filtración, la disminución neta del requisito de aireación sería aproximadamente de 22,5%. La ventaja actual podría depender más de las actuales condiciones de operación.

Por tanto, entre los objetivos de la invención se encuentra mejorar la eficacia de la operación del separador de membrana, consiguiendo para ello ahorrasen los requisitos totales de aire de purga y una operación más eficaz de MBRs. Estos y otros objetivos, ventajas y características de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción de las realizaciones preferidas, tomándolas en consideración junto con los dibujos adjuntos.

#### Descripción de los Dibujos

La Fig. 1 es un diagrama de flujo simple que ilustra varios aspectos de la invención.

La Fig. 2 es una gráfica que muestra el flujo de permeado así como también la purga de aire en función del

tiempo, ilustrando el método de purga de aire proporcional de la invención.

La Fig. 3 es una gráfica que muestra el flujo de permeado y también la purga de aire frente a tiempo, para ilustrar un método de relajación mejorado para MBRs que no está de acuerdo con la invención.

5 La Fig. 4 es otra gráfica que muestra el flujo de permeado y el flujo de aire frente a tiempo, e ilustra un método por un lado con purga de aire proporcional de acuerdo con la invención y por otro, con relajación mejorada.

La Fig. 5 es una vista en perspectiva que de forma esquemática muestra una tubería de efluente permeado de un sistema MBR útil en determinados aspectos de la invención, con dos válvulas diferentes en serie, siendo una de ellas válvula de modulación de flujo para controlar el caudal y siendo la otra una válvula de relajación para interrumpir el flujo de forma periódica para la relajación de MBR.

10 La Fig. 6 es una vista ampliada que muestra una parte del aparato de la Fig. 5.

#### Descripción de las Realizaciones Preferidas

15 En los dibujos, la Figura 1 muestra esquemáticamente dos aspectos diferentes de la invención si se combinan con el método de acuerdo con la reivindicación 1. Estos son relajación mejorada, en la que se disminuye el caudal de purga de aire durante la filtración normal/separación de membrana y se establece un flujo mayor durante la relajación; y, un segundo aspecto, en el que se acorta en gran medida el ciclo de filtración y relajación, teniendo lugar la relajación con una frecuencia mucho mayor. En la Figura 1, el bloque 10 indica filtración en curso, es decir, separación de membrana, que tiene lugar a un valor reducido de purga de aire. De manera esquemática, 12 indica una válvula de modulación de flujo, que representa las válvulas de control de flujo de la técnica anterior que preferentemente recuerdan a las que están de acuerdo con la invención.

20 El bloque 14 indica el inicio de ciclo de relajación de membrana. El bloque 16 siguiente representa el cierre de una válvula lineal, una válvula adicional a la válvula de control 12, en la línea de líquidos, localizada preferentemente aguas debajo de MBRs y de este modo interrumpiendo el flujo de permeado efluente. Como se indica, esta válvula puede controlarse de forma neumática o mecánica. Al mismo tiempo, se aumenta de manera significativa el caudal de flujo de aire, como se indica en el bloque 18. Se puede aumentar el flujo alrededor de 30%, 50% o incluso alrededor de 100%.

25 La discontinuidad 20 que se muestra en la línea de tiempo entre el bloque 18 y el siguiente bloque 20 representa la duración del período de tiempo durante el cual tiene lugar una elevada purga de aire y durante el cual la válvula de dentro de la tubería se encuentra cerrada.

30 En 22 y 24, la purga de aire vuelve a ser pequeña y la válvula del interior de la tubería vuelve a abrirse para reanudar la separación MBR. Transcurrido el tiempo de filtración prescrito, el sistema vuelve al ciclo de relajación, como se indica en 26.

35 El dibujo indica que el ciclo total de filtración/relajación puede ser, por ejemplo, de alrededor de segundos a varios minutos, por ejemplo, cinco minutos. La parte de relajación de ciclo puede ser, por ejemplo, de alrededor de un segundo a alrededor de un minuto, más preferentemente de alrededor de un segundo a alrededor de diez segundos para el ciclado corto. Los tiempos totales de ciclado pueden ser de alrededor de 10 a 30 segundos, con alrededor de uno a cinco segundos de relajación; o, para el caso de un ciclado muy corto, un tiempo total de ciclo de alrededor de 10 segundos, con alrededor de un segundo de relajación. Esto es una frecuencia de ciclado alrededor de uno o más ordenes de magnitud mayor que la de la técnica anterior, en la que típicamente el ciclo total se midió en horas, y más recientemente, el cesionario de la presente invención ha iniciado ciclos más cortos de alrededor de diez minutos, de los cuales un minuto correspondió a relajación.

40 La Figura 2 muestra la invención: flujo de aire proporcional. En la gráfica de la Figura 2, un diagrama de relación de flujo de permeado y caudal de purga de aire frente a tiempo, la línea fina 30 indica flujo de permeado. En esta gráfica el caudal se expresa en forma de relación, siendo 1,0 el flujo diario medio ó ADF. El eje X u horizontal está en horas, con una amplitud de un día, e indicando variaciones diurnas del flujo de permeado frente a variaciones del influente de agua residual que penetra en los tanques MBR. Según indica la gráfica, los caudales horarios pueden variar desde la mitad de ADF hasta el doble de valor de diseño de ADF. La purga de aire queda mostrada en las barras 32 en escala horaria. Las barras de la gráfica muestran un patrón de acuerdo con la invención. El caudal de purga anterior normal es en el valor 1,0 del eje vertical, que se muestra en la escala de la parte derecha. Esto correspondería al caudal de purga de aire empleado de manera constante, independientemente de las variaciones diurnas, de acuerdo con la práctica anterior. No obstante, variando el caudal de purga de aire de acuerdo con los cambios de flujo diurnos, la cantidad total de aire suministrado al sistema, en el ejemplo que se muestra en la gráfica, puede ser 19% menor que la cantidad suministrada en la práctica anterior común. Las barras 32 muestran que el caudal de purga de aire puede ser 75% del caudal nominal (es decir del caudal 1,0) cuando el flujo diurno se encuentra por debajo de 15% y cuando es de hasta el valor ADF. En respuesta al incremento de flujo de permeado, tal como el doblado que se observa en la línea 30 del gráfico, el caudal de purga de aire aumenta en gran medida, en este ejemplo hasta la relación nominal 1,0 (nótese que 1,0 podría representar cualquier valor deseado de purga de aire de base). La gráfica también muestra que concluye el incremento de flujo diario, el sistema responde rebajando de nuevo la relación de aire hasta alrededor de 75% del valor

nominal, en este ejemplo.

Asumiendo una presión constante en el dispositivo de soplado que proporciona la aireación, una reducción de 19% del caudal volumétrica equivale a la misma reducción de costes de energía.

5 La Figura 3 muestra el método mejorado de relajación MBR que no está de acuerdo con la invención en forma de gráfico. Esta gráfica representa la relación de flujo de permeado, así como también la relación de purga de aire, frente a tiempo en minutos. La escala de la relación de flujo se encuentra en el eje vertical del lado izquierdo, mientras que la relación de purga de aire se encuentra en el eje vertical del lado derecho. Esto puede combinarse con el ciclado de mayor frecuencia que se muestra en la Figura 1 y que se ha comentado anteriormente.

10 En la Figura 3, las barras 35 de la gráfica representan la relación de purga de aire, en comparación con el caudal nominal de flujo de aire de 1,0, como en la gráfica anterior. Se observa una gráfica para cada minuto de tiempo. La línea continua 36 es una gráfica de la relación de flujo del permeado (como en la gráfica anterior), en comparación con el valor nominal de 1,0, durante el período de tiempo cubierto por la gráfica.

15 La Figura 3 muestra un ejemplo, y en este ejemplo la relajación tiene lugar un minuto cada diez minutos de ciclo, como queda indicado por la línea 36. En lugar de mantener la purga de aire con un caudal constante a lo largo del ciclo de filtración/permeación y relajación, este método ajusta la relación de purga de aire a un caudal o relación menor considerablemente durante la filtración normal. En el ejemplo se reduce la relación de purga de aire hasta 70% del valor nominal, durante la filtración normal. Las barras largas 35 que aparecen un minuto de cada diez muestran el incremento de la purga de aire, hasta la relación de 1,0, es decir, el caudal nominal. De este modo, se aumenta el flujo de purga de aire en alrededor de 33% en este ejemplo para la relajación, en el que la purga de las partículas en forma de torta sobre la membrana constituye lo más importante.

20 Estos números son únicamente ejemplos. El caudal de purga de aire durante la relajación debería ser el doble del caudal de aire durante la filtración, o incluso más si se desea. Como se ha comentado anteriormente, este método puede aumentar en gran medida la eficacia del sistema MBR, logrando mejor limpieza durante la relajación y, de nuevo, generar ahorros en la purga de aire y en los costes de operación del dispositivo de soplado.

25 La Figura 4 muestra un método combinado o sistema de acuerdo con la invención, en el que se combinan los efectos de las Figuras 2 y 3 en una única gráfica. Con la purga de aire proporcional dando respuesta a los cambios diurnos de flujo de líquido, en combinación con los métodos de relajación mejorados comentados anteriormente, se puede mejorar incluso más la eficacia del sistema. En esta figura, el trazado de la línea 40 muestra la relación de permeado, con cambios diurnos justo como se muestra en la Figura 2, durante un período de tiempo de alrededor de un día. No obstante, la relación de purga de aire se reduce en gran medida mediante la combinación de los efectos de los dos métodos. La Figura 4 indica la eficacia esperada de dicho sistema combinado, que mejora de manera considerable la eficacia energética de cualquier sistema MBR que emplee membranas sumergidas.

30 La Figura 5 y 6 muestran un ejemplo de una disposición de válvulas útil para el sistema y para el método de los aspectos de la invención. Estas vistas muestran una tubería 50 de efluente de permeado aguas debajo de los separadores de membrana del sistema. Se observa una válvula de control de flujo (FCV) en la línea a 52, típico de los sistemas de la técnica anterior para controlar el caudal de permeado y de este modo el caudal con el que el líquido pasa a través de los separadores de membrana. El líquido fluye a través de las membranas, por presión de bombeo o por gravedad, y la válvula 52 de control de flujo modula el flujo de acuerdo con los parámetros de operación del sistema.

35 Como se muestra en las Figuras 5 y 6, se coloca en válvula adicional 54 en la tubería. Como se ha comentado anteriormente, esta válvula es un oclisor de válvula de compuerta simple, y puede ser una válvula de cuarto de giro tal como una válvula de bolas (con un orificio dispuesto bien en la dirección de flujo o formando un ángulo de 90° con respecto al flujo), válvula de asiento o válvula de tipo mariposa, es decir una placa que rota para bloquear el flujo o para alinearse con él. El miembro de cierre de la válvula no se muestra, pero los dibujos indican una disposición de tornillo sinfín en 56, mediante la cual la rotación de una varilla 58, a través de la disposición de tornillo sinfín, hace girar la varilla que se muestra en posición vertical en esta orientación particular de la válvula (la orientación podría ser otra diferente), a lo largo del eje de rotación 60. El vástago de válvula opera para cerrar o abrir la válvula de bolas, válvula de asiento, válvula de mariposa o de otro tipo apropiado, de la válvula de compuerta del interior de la tubería.

40 En la configuración mostrada, el motor 62, que puede haber sido desmultiplicado internamente según sea necesario, presenta una rueda dentada 64 engranada con una cadena 66 que rota otra rueda dentada 68 cuando es preciso abrir o cerrar la válvula. La rueda dentada 68 está conectada a la varilla 58 de tornillo sinfín comentada anteriormente. Las ruedas dentadas 64 y 68 pueden tener el tamaño apropiado para conseguir la velocidad deseada de apertura y cierre de válvulas. Además, preferentemente el motor 62 tiene un accionamiento de frecuencia variable (VFD) que da respuesta a la señal de control de corriente variable. Por ejemplo, una duración apropiada para la apertura o el cierre de la válvula sería de alrededor de un segundo. Esto podría resultar apropiado durante un período de relajación de un segundo, aunque podrían utilizarse tiempos de apertura/cierre más rápidos o una duración más larga de la apertura/cierre especialmente durante un período de relajación más largo. Con frecuencia, la optimización del campo determina la frecuencia de relajación y la duración, así como también el tiempo de ciclo de las válvulas.

45 Empleado una válvula separada 54 (que podría tener otro tipo de actuación, tal como una válvula de

5 accionamiento neumático), la función de la actual FCV 52 no se ve afectada, y los ajustes de flujo del FCV se conservan durante los períodos de relajación. El problema de rebose comentado anteriormente se puede evitar mediante la utilización de esta válvula separada, ya que ésta no precisa alcanzar un punto de control de referencia, cuando la válvula es re-abierta y FCV precisa un movimiento mínimo o nulo para alcanzar el punto de control. La reducción del rebose reduce también la frecuencia de la limpieza de mantenimiento requerida, aumentando de este modo la vida de las membranas.

10 Si las tuberías de aire y permeado se encuentran ubicadas de manera conveniente, se puede emplear el mismo controlador usado para la válvula de permeado 54 con objeto de aumentar el caudal de aire de relajación cuando la válvula de permeado está cerrada y viceversa. Si se emplea control neumático, se puede utilizar el control común para modificar el flujo de aire y de permeado, independientemente de la ubicación de las líneas de tubería.

Se pretende que las realizaciones preferidas descritas anteriormente ilustren los principios de la invención, pero no limiten su alcance. El alcance de la invención queda definido en las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un método para reducir los requisitos de aire por unidad de permeado en un proceso de tratamiento de aguas negras que incluye bio-reactores de membrana para eliminar el permeado de agua de una solución mixta, y en el que se emplea una purga de aire durante la filtración y durante los períodos de relajación cuando la filtración queda periódicamente suspendida, comprendiendo el método:
- aumentar y disminuir el caudal de purga de aire en una proporción aproximada para aumentar y disminuir, respectivamente, el caudal de permeado a través de los bio-reactores de membrana.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la relajación tiene lugar al menos alrededor de un ciclo cada cinco minutos.
- 10 3. El método de la reivindicación 1, en el que cada ciclo de filtración/relajación es de alrededor de un minuto.
4. El método de la reivindicación 3, en el que el tiempo de relajación es de alrededor de seis segundos.
5. El método de la reivindicación 1, en el que cada ciclo de filtración/relajación es de alrededor de diez segundos, de los cuales la relajación comprende un segundo.
- 15 6. El método de la reivindicación 1, en el que el caudal de purga de aire durante la filtración es de al menos alrededor de 25% menor que durante la relajación.
7. El método de la reivindicación 6, en el que el caudal de purga de aire durante la filtración es de al menos alrededor de 50% menor que durante la relajación.
8. El método de la reivindicación 1, en el que el ciclo de filtración/relajación es de alrededor de treinta segundos, de los cuales la relajación comprende alrededor de uno a cinco segundos.

20

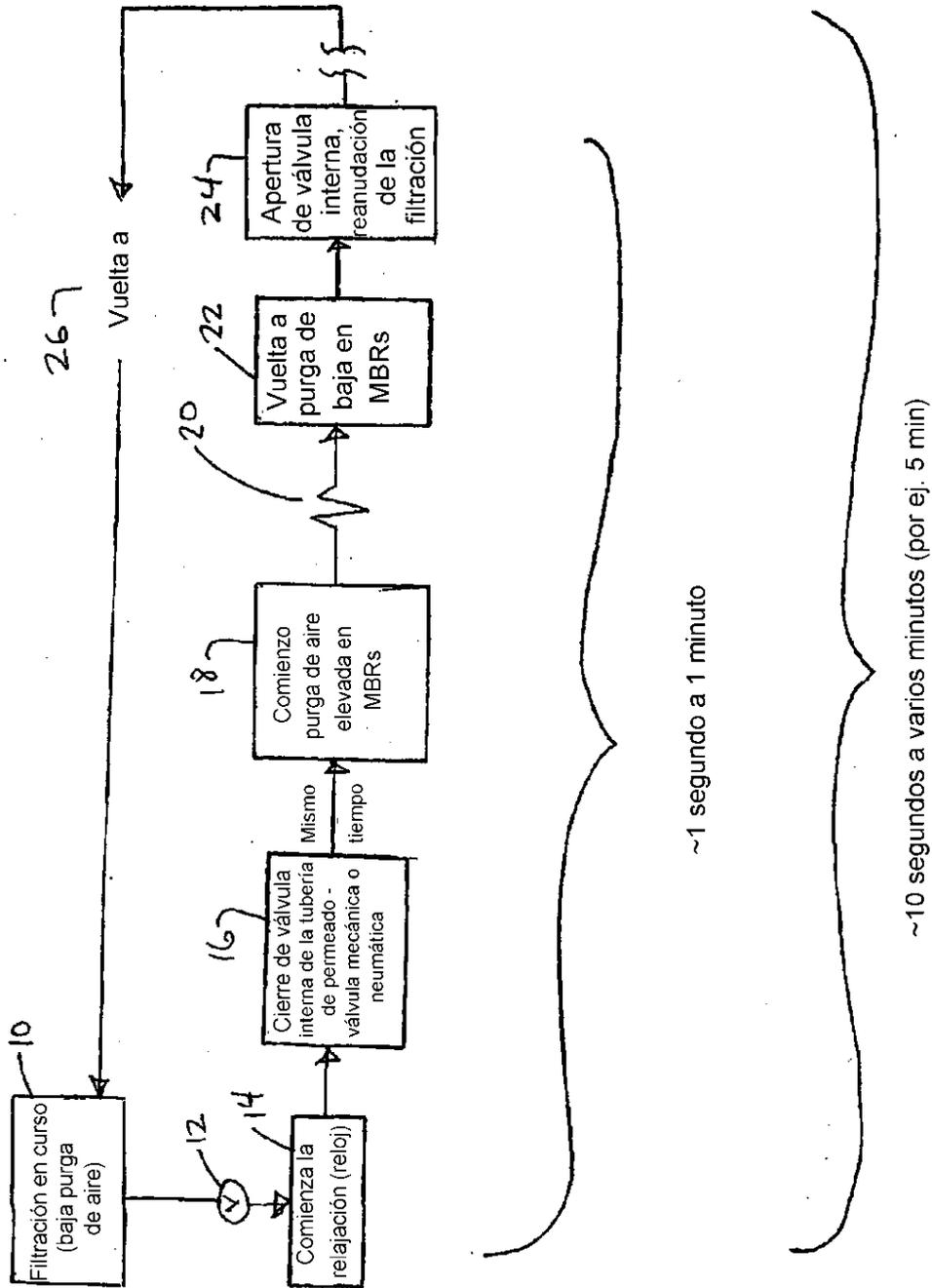


FIG. 1

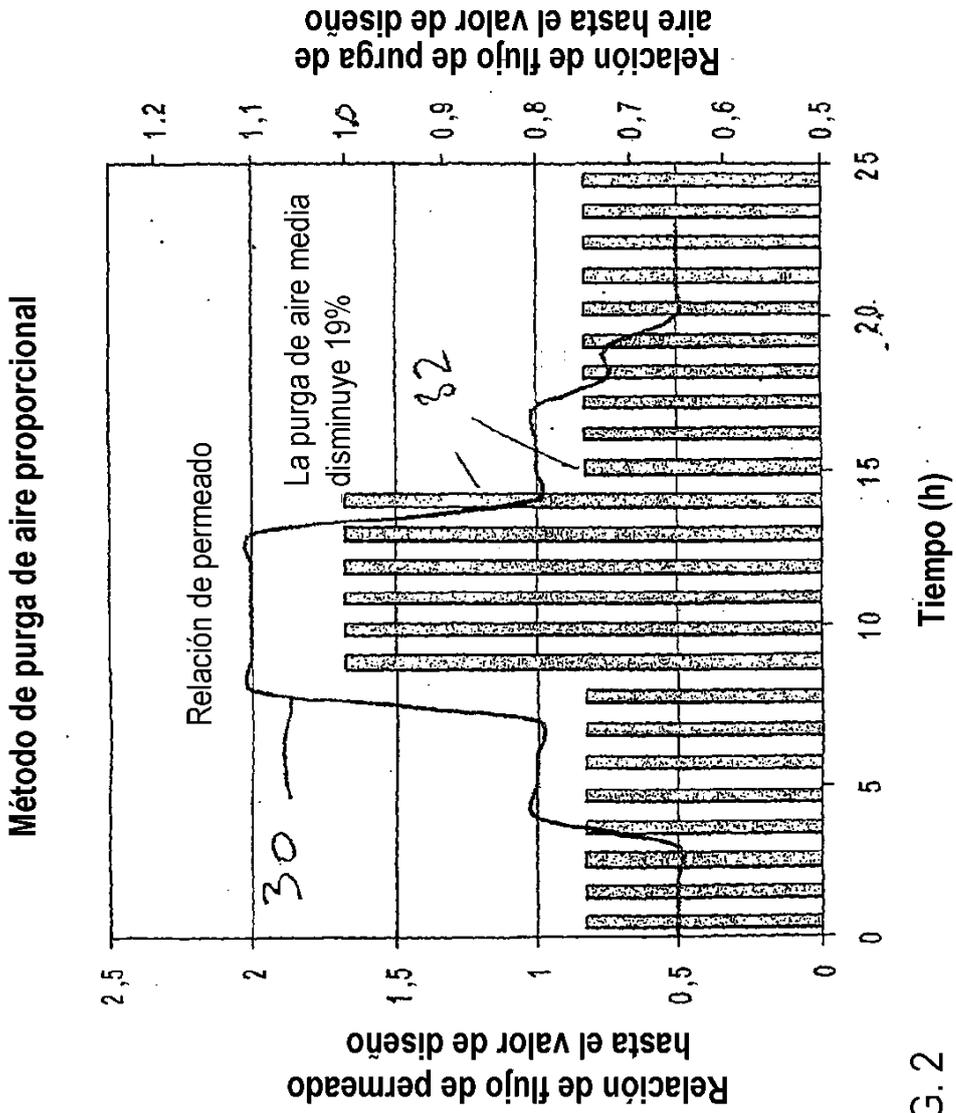


FIG. 2

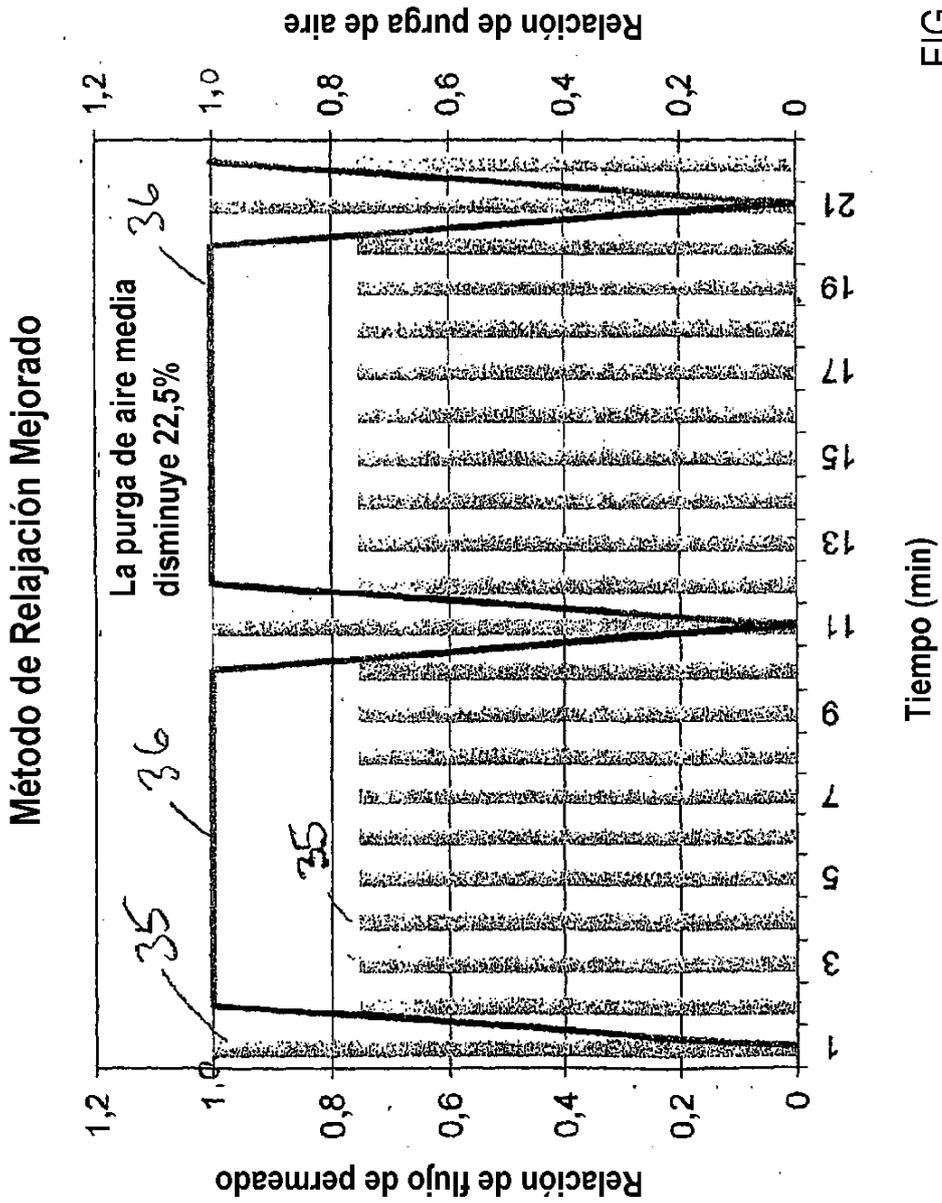


FIG. 3

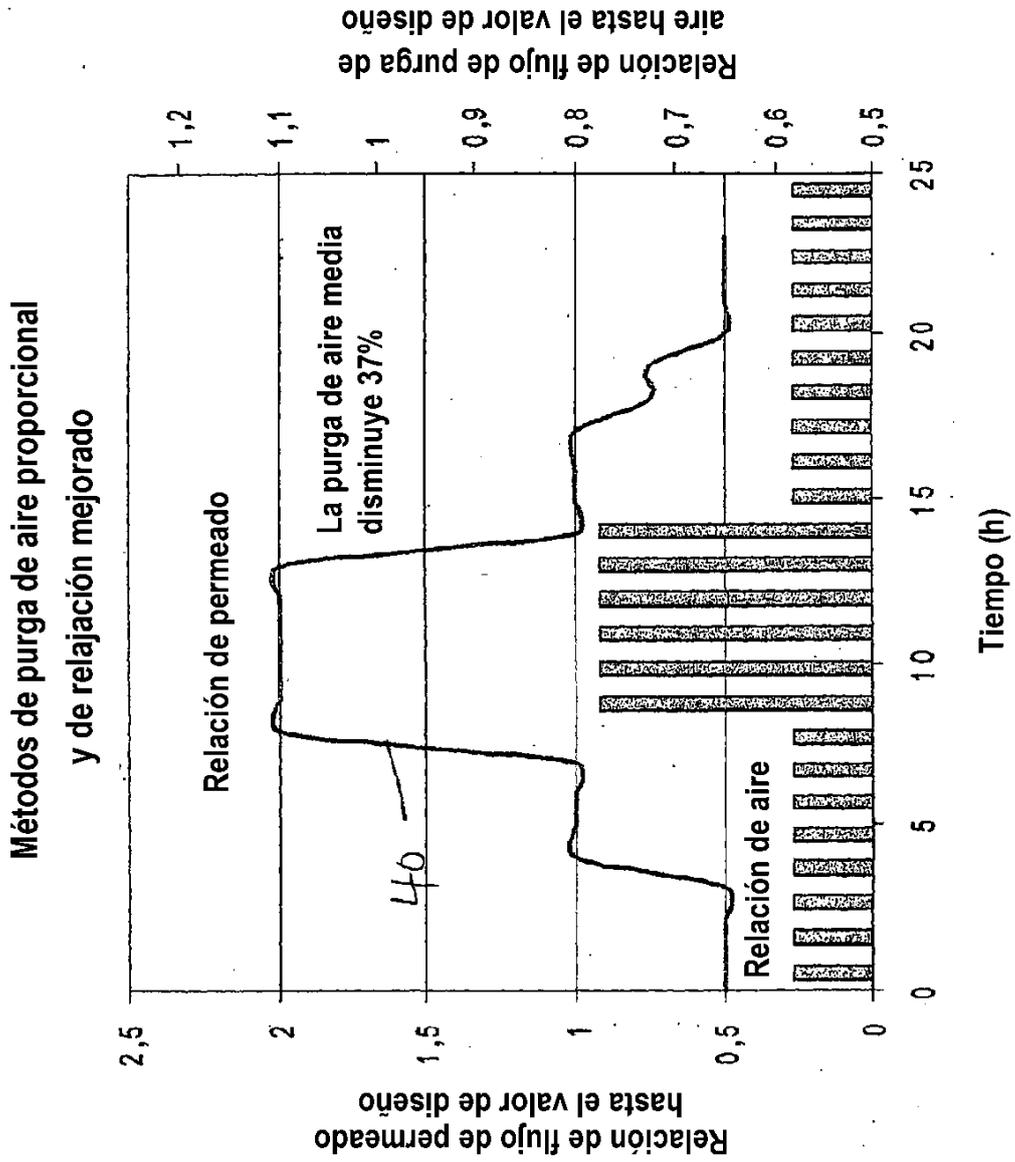
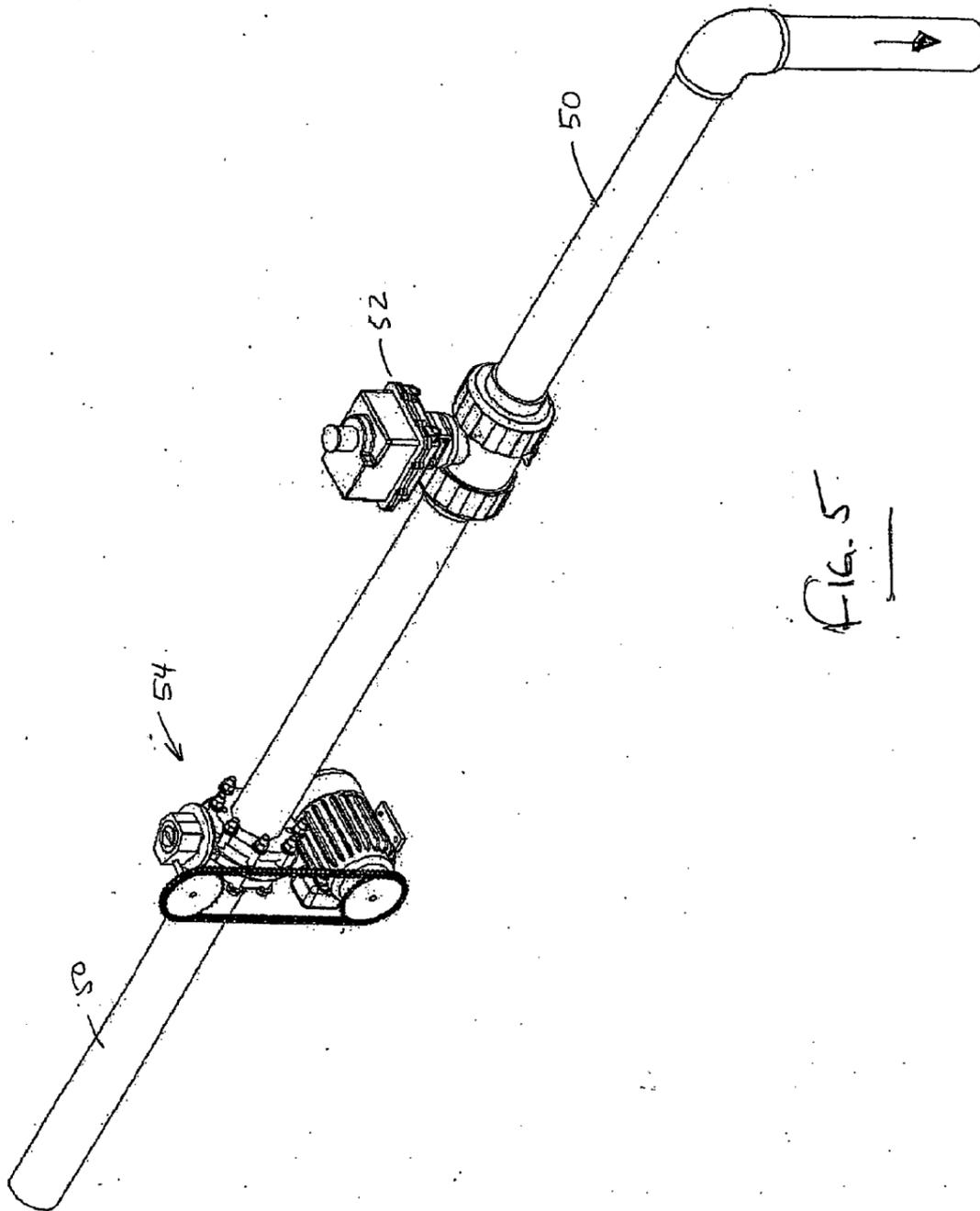


FIG. 4



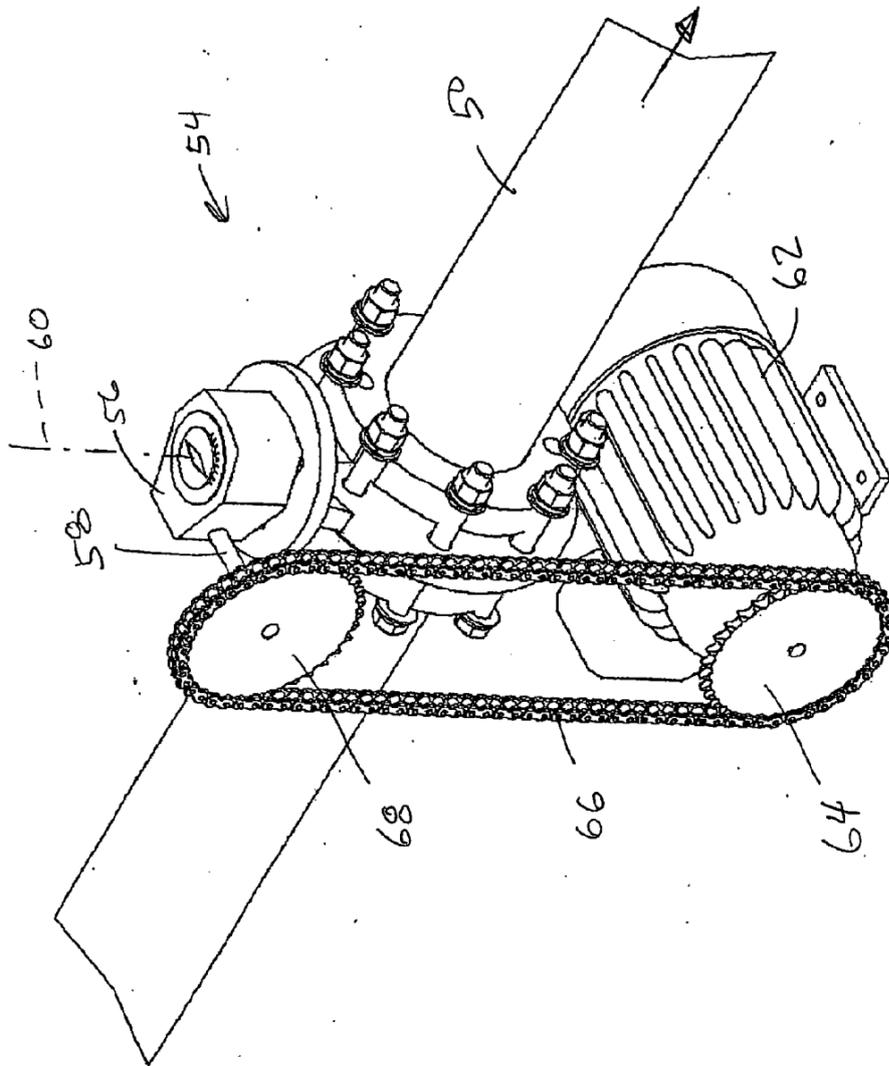


FIG. 6