



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 286 841**

51 Int. Cl.:
B01D 3/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **98460025 .4**

86 Fecha de presentación : **18.06.1998**

87 Número de publicación de la solicitud: **0885639**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **23.12.1998**

54 Título: **Procedimiento de regulación del aporte de gas oxigenado en un biofiltro con corrientes ascendentes e instalación para la puesta en práctica de tal procedimiento.**

30 Prioridad: **19.06.1997 FR 97 07885**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.12.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.12.2007

73 Titular/es: **OTV S.A.**
Immeuble "L'Aquarène", 1, place Montgolfier
94417 Saint-Maurice Cédex, FR

72 Inventor/es: **Payraudeau, Michèle y**
Gisclon, Arnaud

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

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

Procedimiento de regulación del aporte de gas oxigenado en un biofiltro con corrientes ascendentes e instalación para la puesta en práctica de tal procedimiento.

La invención se refiere al ámbito del tratamiento del agua y describe un método que permite regular la aportación de gas oxigenado en un filtro biológico (biofiltro).

Más concretamente, la invención describe un método que se puede emplear en un filtro del tipo que comprende:

- medios de suministro de agua que se debe filtrar previstos en la parte inferior del filtro,
- un lecho filtrante (generalmente constituido de al menos una capa de un material de filtración granular de densidad inferior o superior a la del agua, pero que puede también estar constituido por una guarnición fija estructurada) sirviendo de soporte para una biomasa utilizada para degradar la contaminación carbonada y/o nitrogenada del agua que se debe filtrar,
- medios de distribución de un gas oxigenado (clásicamente aire) en al menos una parte de dicho lecho filtrante,
- una zona de reserva prevista por encima de dicho lecho filtrante que permite la constitución de un tramo de agua por encima de éste, y
- medios de evacuación de aguas filtradas que hayan circulado por el interior del filtro según una corriente ascendente, previstos en la parte superior del filtro.

Los filtros de este tipo se conocen bien en el estado de la técnica y, en particular, se describen en la patente europea nº 265303 a nombre de la firma solicitante. Presentan numerosas ventajas en el ámbito de las cuales se puede citar la posibilidad de tratar distintos tipos de contaminación (carbonada y/o nitrogenada) en un volumen de tratamiento restringido y su elevada capacidad de tratamiento. La zona de reserva en que se proporcionan se puede además utilizar ventajosamente para emplear una distribución eficaz de agua limpia a contracorriente de la corriente de tratamiento que permite lavar rápidamente el lecho filtrante (retrolavado).

La invención encuentra muy especialmente su aplicación en el ámbito de la depuración biológica de las aguas residuales.

Como se menciona más arriba, los filtros biológicos del tipo descrito anteriormente a los cuales se refiere la invención se pueden utilizar, en particular, para degradar biológicamente la contaminación carbonada y/o la contaminación nitrogenada contenidas en las aguas que se deben filtrar.

En lo que se refiere al tratamiento de la contaminación carbonada, la biomasa utilizada es una biomasa mayoritariamente heterótrofa que degrada en presencia de oxígeno la parte esencial de los compuestos orgánicos carbonados. Por lo tanto, es interesante distribuir con este fin el gas oxigenado en la mayor parte del lecho filtrante.

En lo que se refiere al tratamiento de la contaminación nitrogenada, este tipo de filtro se utiliza solo distribuyendo el gas oxigenado en una parte del lecho filtrante de tal modo que proporcione una zona aerobia superior y una zona anóxica inferior, previendo al mismo tiempo un reciclaje de una parte del agua filtrada. La contaminación amoniacal contenida en las aguas que se deben filtrar se degrada así en nitratos por una biomasa mayoritariamente autótrofa en la zona aerobia (etapa de nitrificación), siendo a su vez degradados estos nitratos en nitrógeno gaseoso por una biomasa mayoritariamente heterótrofa que consume, así en ausencia de oxígeno molecular, el oxígeno de los nitratos en la zona anóxica inferior del filtro (etapa de desnitrificación).

Es también posible utilizar este tipo de filtro en nitrificación terciaria, utilizando una biomasa mayoritariamente autótrofa y distribuyendo el gas oxigenado en la totalidad del lecho filtrante.

Con el fin de poder adaptar los filtros de este tipo a estas distintas configuraciones, se conoce proveerlos por una parte de primeros medios de distribución de un gas oxigenado previstos en su parte inferior que permite distribuir el gas oxigenado en la totalidad del lecho filtrante y por otra parte, de segundos medios de distribución de un gas oxigenado previstos en la parte mediana del filtro, que permite solo distribuir este gas oxigenado en la zona superior de esta lecho filtrante.

Cualquiera que sea la configuración utilizada, uno de los problemas suscitados por la utilización de este tipo de filtro biológico está constituido por la dificultad de distribuir el gas oxigenado necesario para los procesos biológicos respondiendo al compromiso que consistente en:

- asegurar una distribución suficiente de este gas oxigenado dentro del lecho filtrante con el fin de autorizar la biomasa a ejercer plenamente su función;

- economizando al mismo tiempo el gas oxigenado distribuido.

Se sabe en efecto que la cantidad de gas oxigenado distribuido es una parte importante en los costes de funcionamiento de dichos biofiltros. Una de las preocupaciones más importantes del experto en la técnica es, por lo tanto, encontrar soluciones técnicas que permiten responder al compromiso citado anteriormente.

Para tender hacia este objetivo, se conoce modular la aportación de gas oxigenado de manera empírica, en función de las variaciones habituales medias de la carga contaminante y del caudal de agua que se debe tratar. Tal método presenta el inconveniente de no proponer más que una adaptación muy grosera de los caudales de gas oxigenado distribuido según las necesidades efectivas de la biomasa e implica, por lo tanto, tanto el riesgo de una aportación excesiva de gas como el de una aportación muy baja.

Se conoce también estimar la cantidad teórico Q_{O_2} de oxígeno necesario para la biomasa presente en el filtro utilizando una fórmula del tipo:

$$Q_{O_2} = 4,57Q'_{N-NH_3} + \alpha Q'_{DCO_s} + \beta Q_{DCOp}$$

en la cual Q'_{N-NH_3} es la cantidad de contaminación amoniacal eliminada, Q'_{DCO_s} es la cantidad de contaminación carbonada soluble eliminada y Q_{DCOp} es la cantidad de contaminación carbonada de partículas aplicada, (estando Q_{O_2} , Q'_{N-NH_3} , Q'_{DCO_s} y Q_{DCOp} expresados en kilogramos, siendo α y β constantes conocidas por el experto en la técnica) y adaptar el caudal de gas oxigenado distribuido en función de Q_{O_2} .

No obstante, la aplicación de dicha fórmula implica la necesidad de utilizar equipos sofisticados para medir la concentración representativa de la cantidad de contaminación que entra en el filtro y que sale del biofiltro. Estos equipos presentan el inconveniente de ser costosos. Dicho método no se puede también aplicar con una frecuencia suficiente para permitir una adecuación continua o casi-continua de los caudales de aire a las necesidades de la biomasa. Además, implica tiempo de respuesta largo.

Se tendrá en cuenta por otra parte que se conocía perfectamente medir la concentración de oxígeno disuelto del agua filtrada por un dispositivo de filtración biológica y, en función del resultado obtenido, adaptar la cantidad de aire distribuido en este dispositivo de filtración. No obstante, tal técnica es muy aproximada ya que no tiene en ningún caso en cuenta la transferencia del oxígeno de la fase gaseosa hacia la fase acuosa que se produce durante la filtración y solo propone por lo tanto una solución imperfecta al compromiso citado más arriba.

El objetivo principal de la presente invención consiste en proporcionar una solución técnica que permite responder al compromiso citado más arriba y que no presenta los inconvenientes del estado de la técnica.

En particular, un objetivo de la invención consiste en describir tal procedimiento que permite adaptar en continuo o en semicontinuo los caudales de gas oxigenado distribuido en el biofiltro a las necesidades de la biomasa y justo a estas necesidades, de tal modo que economice este gas.

Estos distintos objetivos se logran gracias a la invención que se refiere a un procedimiento de regulación de la aeración en un filtro biológico del tipo que comprende:

- medios de suministro de un agua que se debe filtrar previstos en la parte inferior del filtro,
- un lecho filtrante que sirve de soporte para una biomasa utilizada para degradar la contaminación carbonada y/o nitrogenada del agua que se debe filtrar,
- medios de distribución de un gas oxigenado en al menos una parte de dicho lecho filtrante,
- un tramo de agua filtrada previsto arriba de dicho lecho filtrante, y,
- medios de evacuación de las aguas filtradas que circulan en el interior del filtro según una corriente ascendente, previstos en la parte superior del filtro,

caracterizado porque consiste en tener en cuenta el rendimiento de utilización C_T del oxígeno distribuido por la biomasa para regular el caudal de dicho gas oxigenado distribuido y/o su concentración de oxígeno molecular, de tal manera que se optimice la cantidad de oxígeno molecular distribuido por dichos medios de distribución.

La invención propone por lo tanto regular la cantidad de oxígeno distribuido en el biofiltro teniendo en cuenta el rendimiento de utilización del oxígeno de la biomasa, y no simplemente la única concentración de oxígeno del agua que sale del biofiltro.

El experto en la técnica ya sabía que el conjunto del oxígeno aportado por los medios de distribución de gas oxigenado en un biofiltro no está directamente disponible y que existe una transferencia de oxígeno de la fase gas hacia la biomasa. No obstante, era hasta entonces práctica corriente considerar que el rendimiento de esta transferencia

ES 2 286 841 T3

5 (“o rendimiento de utilización de oxígeno por la biomasa”) dependía a la vez de las condiciones de funcionamiento (velocidad de agua y de aire) y también de las características del filtro (sistema de aeración, altura del lecho filtrante, etc ...). Ahora bien, la firma solicitante estableció que la medida solamente de la concentración de oxígeno disuelto en el agua en la salida de lecho filtrante y de la temperatura del agua tratada bastaba para establecer el rendimiento de utilización del oxígeno.

Según una variante preferencial de la invención, el procedimiento comprende las etapas que consisten en:

- 10 - medir en dicho tramo de agua la concentración de oxígeno disuelto (O_2) del agua filtrada;
- medir la temperatura T del agua filtrada;
- 15 - calcular el rendimiento C_T de utilización del oxígeno por dicha biomasa en función de la temperatura T medida y de la concentración de oxígeno disuelto (O_2) medida;
- regular el caudal de gas oxigenado distribuido por dichos medios de distribución en función de dicho rendimiento de utilización C_T calculado.

20 Más concretamente, el procedimiento comprende así las etapas que consisten en:

- fijar una caudal de gas oxigenado de referencia $Q_{\text{gas } t}$ a un tiempo t dado;
- 25 - fijar un rendimiento de referencia C_{Tref} de utilización del oxígeno por la biomasa;
- medir a un tiempo t_i la temperatura T del agua filtrada;
- medir a dicho tiempo t_i la concentración de oxígeno disuelto (O_2) en dicho tramo de agua filtrada;
- 30 - calcular dicho rendimiento C_T de utilización del oxígeno por la biomasa;
- calcular el caudal de gas oxigenado $Q_{\text{gas } t_i}$ necesario para el tiempo t_i .
- 35 - regular el caudal y/o la concentración de dicho gas oxigenado distribuido por dichos medios de distribución en función del resultado obtenido.

En el marco del procedimiento de la invención, la concentración de oxígeno disuelto y la temperatura se miden para determinar regularmente el rendimiento de utilización, estando la aportación de gas oxigenado regulada para un funcionamiento preferencial al rendimiento de referencia.

En la práctica, convendrá medir la concentración de oxígeno disuelto a una altura H al menos igual a la altura H_{min} suficiente para permitir la disolución de la parte esencial del oxígeno gaseoso que sale de dicho lecho filtrante en forma de burbujas. Preferentemente, esta altura H será superior a esta altura H_{min} y podrá variar en función de la estructura del filtro. Tal variante permitirá asegurar que se mida la concentración máxima de oxígeno disuelto. H_{min} variará en función de numerosos parámetros (caudal que entra del gas oxigenado, naturaleza del lecho filtrante, altura del lecho filtrante, etc ...).

Preferentemente, la temperatura del agua tratada se mide también en dicho tramo de agua. Se podrá no obstante prever medir esta temperatura en otro lugar del biofiltro.

También preferentemente, dicho gas oxigenado es aire y se calcula dicho rendimiento C_T de utilización del oxígeno por la biomasa aplicando la fórmula:

$$55 \quad C_T = [475 - O_2(33,5 + T)]/[475 - 0,21O_2 \times (33,5 + T)]$$

en la cual T es la temperatura del agua filtrada expresada en $^{\circ}\text{C}$ y O_2 es la concentración de oxígeno disuelto del agua tratada expresada en mg/l . No obstante, el experto en la técnica podrá prever otras fórmulas para el empleo del procedimiento según la invención, en particular, cuando excepcionalmente, el gas oxigenado sea un gas distinto que el aire, por ejemplo aire enriquecido en oxígeno u oxígeno puro.

También según una variante según la invención, el procedimiento se efectúa en semicontinuo y consiste en medir las cantidades de oxígeno disuelto en distintos tiempos $t_i, t_{i+1}, t_{i+2}, \dots, t_n$, en calcular la media $O_{2 \text{ med}}$ de las cantidades de oxígeno disuelto medidas, en medir las temperaturas del agua tratada en los distintos tiempos $t_i, t_{i+1}, t_{i+2}, \dots, t_n$, en calcular la media T_{med} de las temperaturas medidas y en calcular dicho rendimiento C_T de utilización del oxígeno por la biomasa a partir de $O_{2 \text{ med}}$ y T_{med} .

Según otra variante, se emplea el procedimiento en continuo.

La invención se refiere también a un filtro biológico para el tratamiento del agua del tipo descrito más arriba, caracterizado porque comprende medios de medida de la concentración de oxígeno disuelto en dicho tramo de agua, y porque comprende medios de medida de la temperatura del agua filtrada.

Ventajosamente, estos medios de medida están constituidos por al menos un captador instalado en dicho tramo de agua a una altura H de la superficie superior de dicho lecho filtrante, siendo dicha altura H superior a la altura $H_{\min}$, suficiente para permitir la disolución del oxígeno gaseoso que sale de dicho lecho filtrante en forma de burbujas hasta el equilibrio.

La invención, así como las distintas ventajas que presenta, se comprenderán más fácilmente gracias a la descripción que va a seguir de un modo no limitativo de realización de ésta en referencia a los dibujos, en los cuales:

- la figura 1 representa una vista esquemática de un filtro biológico para el empleo del procedimiento según la invención;

- la figura 2 representa un organigrama que recoge las distintas etapas de una variante preferencial del procedimiento según la invención;

- la figura 3 representa un gráfico que muestra la evolución en el tiempo de la concentración de oxígeno disuelto a la salida del filtro de caudal de agua constante y en función de distintos caudales de aire;

- la figura 4 representa un gráfico que muestra la evolución en el tiempo del rendimiento de utilización C_T en función de las variaciones de la carga contaminante amoniacal que entra en el biofiltro y de la carga contaminante amoniacal que sale del biofiltro; y,

- la figura 5 representa un gráfico que muestra la regulación de los caudales de aire observados al emplear el procedimiento según la invención.

El filtro biológico representado en la figura 1 incluye un reactor 1 provisto de un lecho filtrante de material granular 2 que sirve de soporte para una biomasa, de medios de suministro 3 de un agua que se debe tratar previstos en la parte inferior del reactor, y de medios de evacuación 4 del agua tratada después de que haya circulado de manera ascendente por el seno del lecho filtrante 2, previstos en la parte superior del reactor. De manera clásica, una rampa de aeración 5 está prevista en la parte inferior del filtro y una rampa 5a está prevista en su parte intermedia con el fin de poder definir, en caso de necesidad, una zona de filtración aireada superior y una zona de filtración anóxica inferior. Igualmente, clásicamente está previsto también un bucle de recirculación 6 de las aguas filtradas. El reactor presenta en su parte superior, una zona 7 prevista sobre el lecho filtrante y que permite constituir una reserva de agua tratada y por otra parte está provisto de medios de purga 8 previstos en la parte inferior del filtro.

De acuerdo con la presente invención, el reactor está provisto de medios de medida del oxígeno disuelto que incluyen un captador 10 instalado en dicha zona de reserva a una altura H (en el marco del presente modo de realización igual a 50 cm) de la superficie superior del lecho filtrante 2. Esta altura H es superior a la altura $H_{\min}$ (en el marco del presente modo de realización igual a aproximadamente 40 cm) necesaria para la buena disolución del oxígeno gaseoso presente en las burbujas de aire empobrecidas en oxígeno que sale de éste.

Igualmente, de acuerdo con la invención, el reactor está provisto de un captador 11 de la temperatura (T) del agua filtrada que sale del lecho filtrante 2, estando este captador igualmente instalado en la zona de reserva de agua limpia 7.

Los captadores 11 y 10 se conectan a una unidad de cálculo y regulación 12 que permite actuar sobre la alimentación de las rampas de aeración 5 y/o 5a con el fin de regular los caudales de aire distribuido en función de los datos transmitidos por éstos.

Durante el empleo del procedimiento según la invención, los datos de referencia siguientes entraron al tiempo t en la unidad de cálculo y regulación 12:

- caudal de aire inicial Q_t ;

- rendimiento de utilización de referencia C_{Tref} elegido en función de la carga contaminante inicial del agua que se debe filtrar.

Durante la filtración, la concentración de oxígeno disuelto (O_2) en [ml/g] y la temperatura (T) [en °C] del agua filtrada presente en la zona de reserva se adquieren en intervalo de tiempo regular. La unidad 12 calcula a continuación el rendimiento C_T de utilización del oxígeno aportado por la biomasa gracias a la fórmula:

$$C_T = [475 - O_2(33,5 + T)] / [475 - 0,21O_2(33,5 + T)]$$

ES 2 286 841 T3

luego el caudal de aire correspondiente Q_{t+1} necesario para mantener el rendimiento de utilización efectivo igual o próximo al rendimiento de utilización de referencia C_{Tref} gracias a la fórmula:

$$Q_{t+1} = (Q_t \times C_T) / C_{Tref}$$

Si el rendimiento C_T calculado es igual o casi igual a C_{Tref} , el caudal de aire aportado por las rampas 5 y/o 5a no se modifica. Si es diferente, la unidad 12 actúa sobre los medios de alimentación de estas rampas, bien sea para disminuir, o bien para aumentar los caudales de aire distribuido.

El funcionamiento descrito más arriba se resume en el organigrama representado en la figura 2.

La figura 3 representa, para un caudal de agua constante de 650 m³/H que corresponde a una carga contaminante esencialmente constante, la evolución de la cantidad de oxígeno disuelto medida según la invención a la salida del lecho filtrante en la zona de reserva 7 en función de distintos caudales de aire aportados a la biomasa que varía de 900 Nm³/H a 2600 Nm³/H. Este gráfico pone de manifiesto claramente que a partir de un determinado caudal de aire, la concentración de oxígeno disuelto del agua filtrada es cada vez más importante lo que se traduce en una no utilización por la biomasa de una fracción creciente del oxígeno disponible en el aire aportado.

La figura 4 representa la evolución con el tiempo del rendimiento de utilización C_T en función de las variaciones de la carga contaminante amoniacal que entra en el biofiltro y de la carga contaminante amoniacal que sale del biofiltro. Este gráfico permite constatar que un rendimiento de utilización de la biomasa C_T de 0,30, que corresponde a una baja aportación de aire, permite obtener una tan buena disminución de la contaminación que un rendimiento de 0,10 que corresponde a una gran aportación de aire. Este gráfico permite también constatar que las necesidades de la biomasa (calculadas según la fórmula $Q_{O_2} = 4,57Q'_{N-NH_3} + \alpha Q'_{DCO} + \beta Q_{DCO}$ citada anteriormente) corresponden sensiblemente a los valores de C_T medida, lo que confirma la fiabilidad de este parámetro.

Los resultados obtenidos en el presente ejemplo de realización se sintetizan en la tabla I y en la figura 5 que muestra la regulación en el tiempo del caudal de aire distribuido en el filtro en función del caudal de agua observado en la entrada del filtro para un rendimiento de referencia C_{Tref} de 0,2. Las curvas reflejadas en esta figura muestran una adaptación de la cantidad de aire distribuido en función del caudal de agua. Se tendrá en cuenta que en este gráfico, las ocho primeras medidas efectuadas se refieren al período de puesta en marcha del filtro después de un lavado durante el cual el caudal de agua es alto y la aportación en aire es baja. Esto proviene de la evacuación progresiva del agua de lavado limpia presente en el filtro que implica una concentración en contaminantes baja y por lo tanto una necesidad de oxígeno de la biomasa más baja.

(Tabla pasa a página siguiente)

TABLA I

Hora	C_T calculada en función de T y O_2	Q_{gas} Nm ³ /h	Q_{agua} m ³ /h
10:06	0,1890	1008	
10:16	0,2138	969	790
10:26	0,2190	1000	790
10:36	0,2082	1041	790
10:46	0,2024	1190	720
10:56	0,2001	1204	720
11:06	0,1997	1199	720
11:16	0,1964	1200	690
11:26	0,1902	1170	650
11:36	0,1963	1117	600
11:46	0,1875	1095	500
11:56	0,1884	1025	500
12:06	0,1969	974	500
12:16	0,1991	965	500
13:46	0,1985	987	500
13:56	0,2032	984	500
14:06	0,2111	1000	560
14:16	0,2153	1060	620
14:26	0,2154	1127	690
14:36	0,2164	1208	720
14:46	0,2169	1305	790
14:56	0,2022	1418	820
15:06	0,1959	1430	790
15:16	0,1960	1405	750
15:26	0,2004	1365	750

El modo de realización de la invención aquí descrito no tiene por objeto reducir el alcance de la invención. Por lo tanto, se podrá aportar numerosas modificaciones sin salir del marco de ésta.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de regulación de la aportación de gas oxigenado en un filtro biológico del tipo que comprende:

- medios de suministro (3) de un agua que se debe filtrar previstos en la parte inferior del filtro,
- un lecho filtrante (2) que sirve de soporte a una biomasa utilizada para degradar la contaminación carbonada y/o nitrogenada del agua que se debe filtrar,
- medios de distribución de un gas oxigenado (5,5a) en al menos una parte de dicho lecho filtrante (2),
- un tramo de agua filtrada (7) previsto por encima de dicho lecho filtrante (2), y, medios de evacuación (4) de las aguas filtradas que hayan circulado en el interior del filtro según una corriente ascendente, previstos en la parte superior del filtro,

caracterizado porque consiste en calcular el rendimiento de utilización C_T del oxígeno por la biomasa en función de solamente las medidas de la temperatura y de la concentración de oxígeno disuelto en el tramo de agua filtrado (7) y en regular el caudal y/o la concentración de gas oxigenado en función del rendimiento C_T calculado.

2. Procedimiento según la reivindicación 1 **caracterizado** porque comprende las etapas que consisten en:

- medir en dicho tramo de agua (7) la concentración de oxígeno disuelto (O_2) del agua filtrada;
- medir la temperatura T del agua filtrada;
- calcular el rendimiento C_T de utilización del oxígeno por dicha biomasa en función de la temperatura T medida y de la concentración de oxígeno disuelto (O_2) medida;
- regular el caudal de gas oxigenado distribuido por dichos medios de distribución en función de dicho rendimiento de utilización C_T calculado.

3. Procedimiento según la reivindicación 2 **caracterizado** porque comprende las etapas que consisten en:

- fijar un caudal de gas oxigenado de referencia Q_{gas} a un tiempo t dado;
- fijar un rendimiento de referencia C_{Tref} de utilización del oxígeno por la biomasa;
- medir en un tiempo t_n la temperatura T del agua filtrada;
- medir en dicho tiempo t_n la concentración de oxígeno disuelto (O_2) en dicho tramo de agua filtrada;
- calcular dicho rendimiento C_T de utilización del oxígeno por la biomasa;
- calcular el caudal de gas oxigenado $Q_{gas}(t_n)$ necesario para el tiempo t_n ;
- regular el caudal y/o la concentración de dicho gas oxigenado distribuido por dichos medios de distribución en función del resultado obtenido.

4. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque comprende las etapas que consisten en:

- medir la temperatura T del agua tratada;
- fijar una concentración de oxígeno disuelto de referencia que corresponde a una temperatura medida y a un rendimiento de utilización de referencia C_{Tref} ;
- medir la concentración de oxígeno disuelto (O_2) del agua tratada;
- regular el caudal y/o la concentración de gas oxigenado distribuido por dichos medios de distribución con el fin de que la concentración de oxígeno disuelto medida corresponda a la concentración de oxígeno disuelto de referencia.

5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 **caracterizado** porque la concentración de oxígeno disuelto (O_2) se mide en dicho tramo de agua (7) al menos a una altura H de la superficie superior de dicho lecho filtrante suficiente para permitir la disolución del oxígeno gaseoso que sale de dicho lecho filtrante hasta el equilibrio.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5 **caracterizado** porque la temperatura del agua tratada también se mide en dicho tramo de agua (7).

7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 **caracterizado** porque dicho gas oxigenado es aire y porque dicho rendimiento C_T de utilización del oxígeno por la biomasa se calcula aplicando la fórmula:

$$C_T = [475 - O_2(33,5 + T)]/[475 - 0,21O_2 \times (33,5 + T)]$$

10 en la cual T es la temperatura del agua filtrada expresada en °C y O_2 es la concentración de oxígeno disuelto del agua tratada expresada en mg/l.

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7 **caracterizado** porque consiste en medir las cantidades de oxígeno disuelto a distinto tiempo $t_i, t_{i+1}, t_{i+2}, \dots, t_n$, en calcular la media $O_{2\text{ med}}$ de las cantidades de oxígeno disuelto medidas, en medir las temperaturas del agua tratada en distintos tiempos $t_i, t_{i+1}, t_{i+2}, \dots, t_n$, en calcular la media T_{med} de las temperaturas medidas y en calcular dicho rendimiento C_T de utilización del oxígeno por la biomasa a partir de $O_{2\text{ med}}$ y T_{med} .

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7 **caracterizado** porque se emplea en continuo.

10. filtro biológico para el tratamiento del agua especialmente concebido para el empleo del procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 que comprende:

- medios de suministro (5) de un agua que se debe filtrar previstos en la parte inferior del filtro,
- un lecho filtrante (2) que sirve de soporte a una biomasa utilizada para degradar la contaminación carbonada y/o nitrogenada del agua que se debe filtrar,
- medios de distribución de un gas oxigenado (5,5a) en al menos una parte de dicho lecho filtrante (2),
- un tramo (7) de agua filtrada previsto por encima de dicho lecho filtrante (2), y,
- medios de evacuación (4) de las aguas filtradas que hayan circulado en el interior del filtro según una corriente ascendente previstos en la parte superior del filtro,

caracterizado porque comprende medios de medida (10) de la concentración de oxígeno disuelto en dicho tramo de agua (7), y porque comprende medios de medida de la temperatura del agua filtrada (11).

11. Filtro según la reivindicación 10 **caracterizado** porque dichos medios de medida de la concentración de oxígeno disuelto están constituidos por al menos un captador (10) instalado en dicho tramo de agua (7) a una altura H de la superficie superior de dicho lecho filtrante, estando dicha altura H superior a la altura H_{min} , lo suficiente para permitir la disolución del oxígeno gaseoso que sale de dicho lecho filtrante en forma de burbujas hasta el equilibrio.

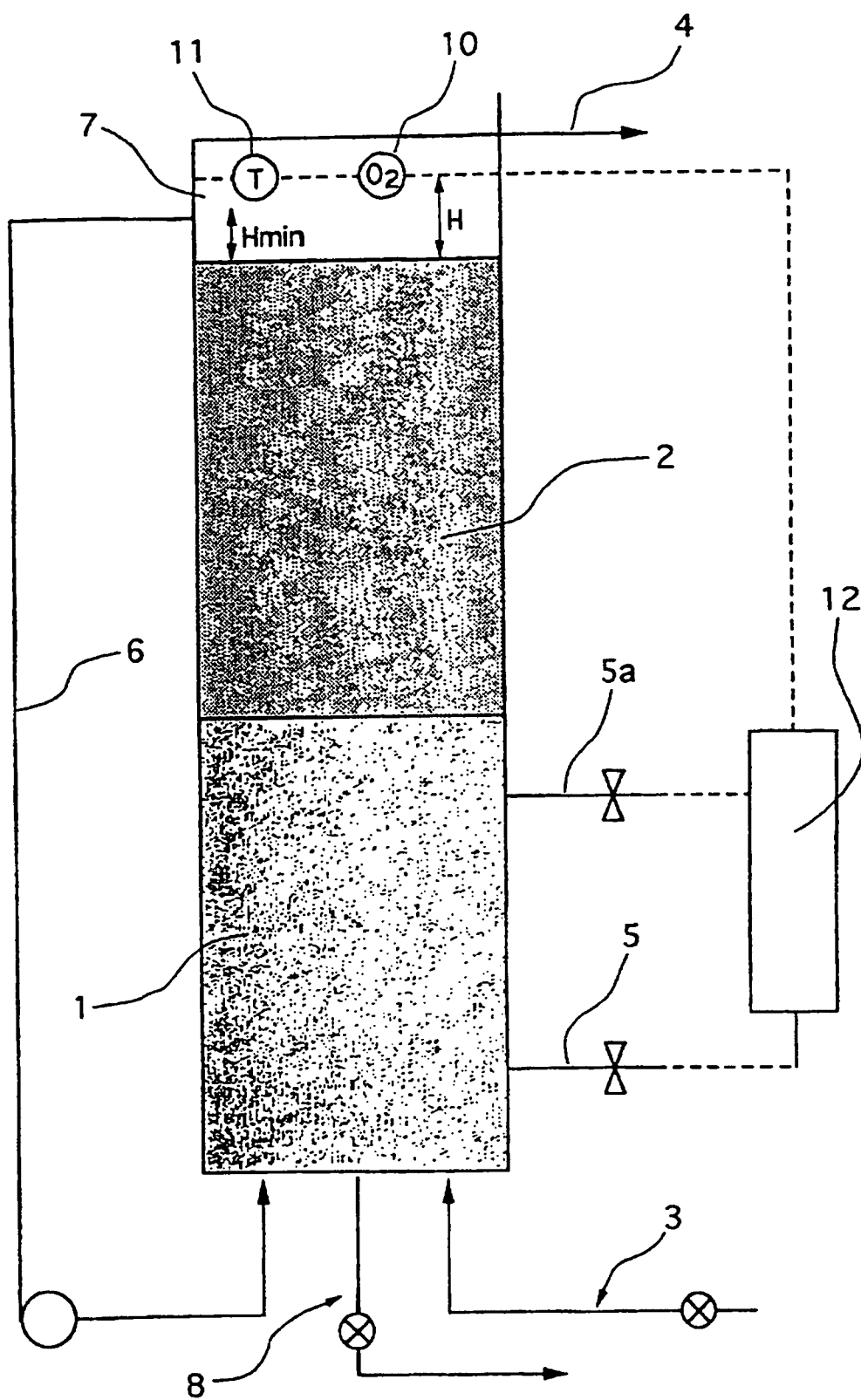


Fig. 1

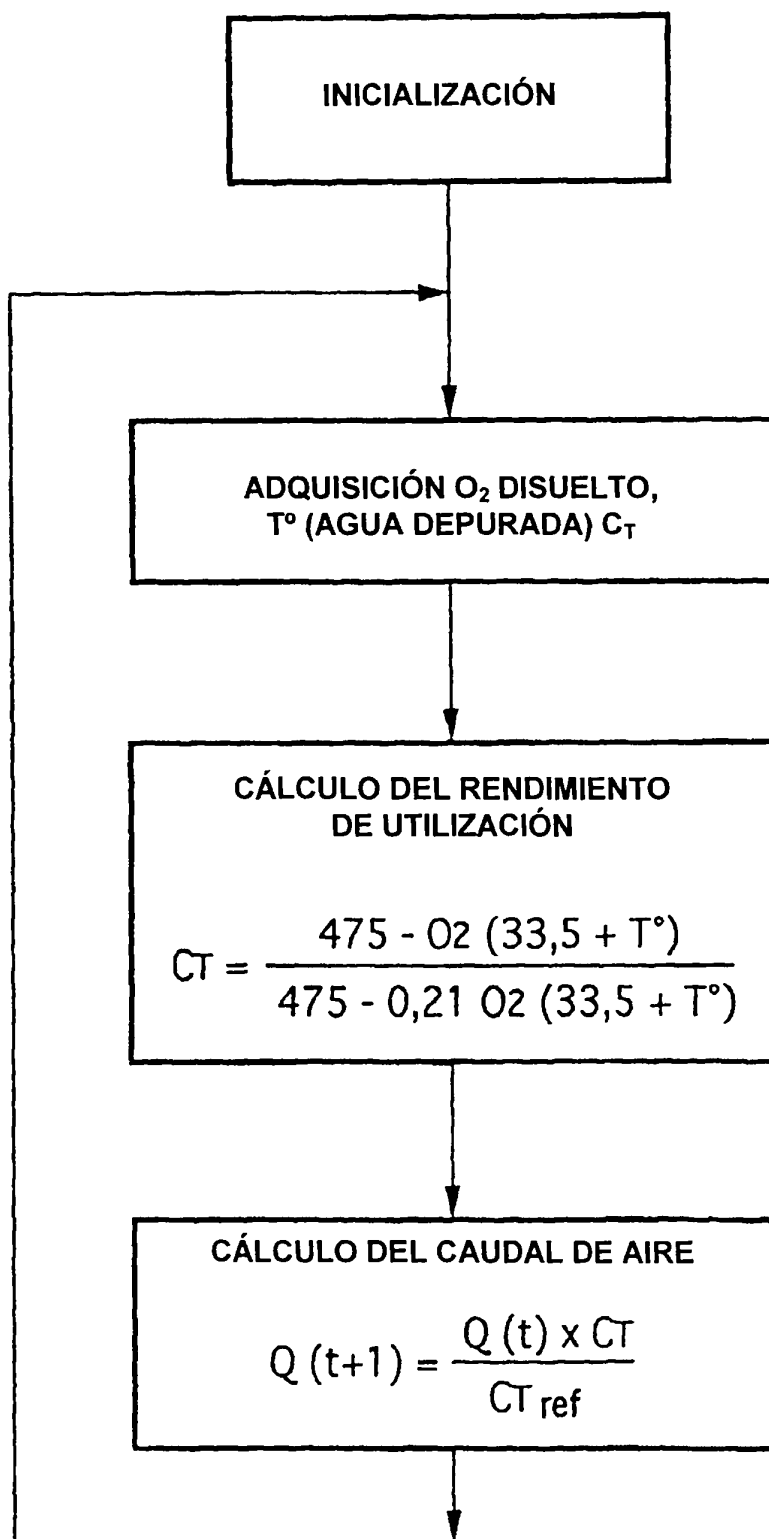
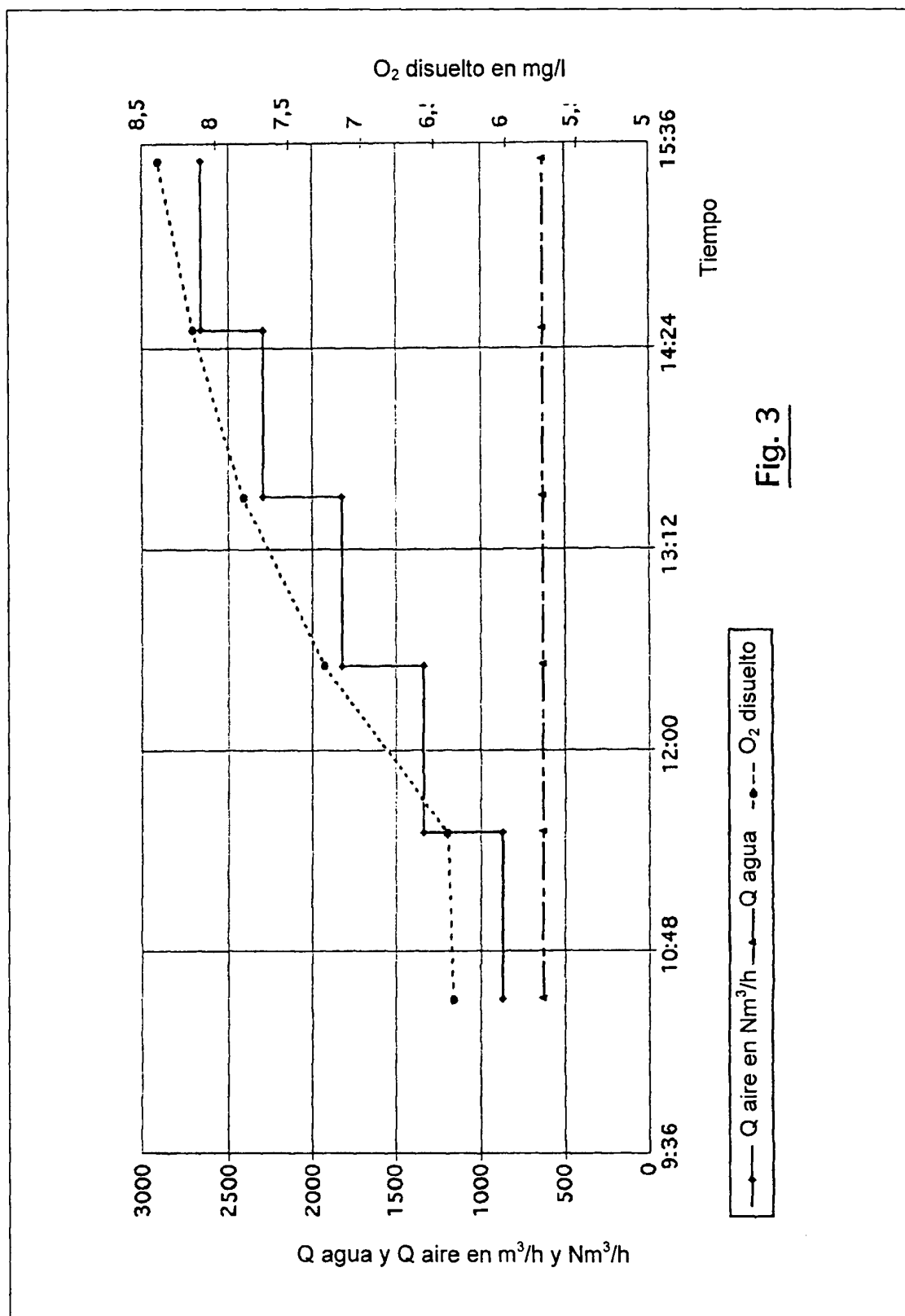
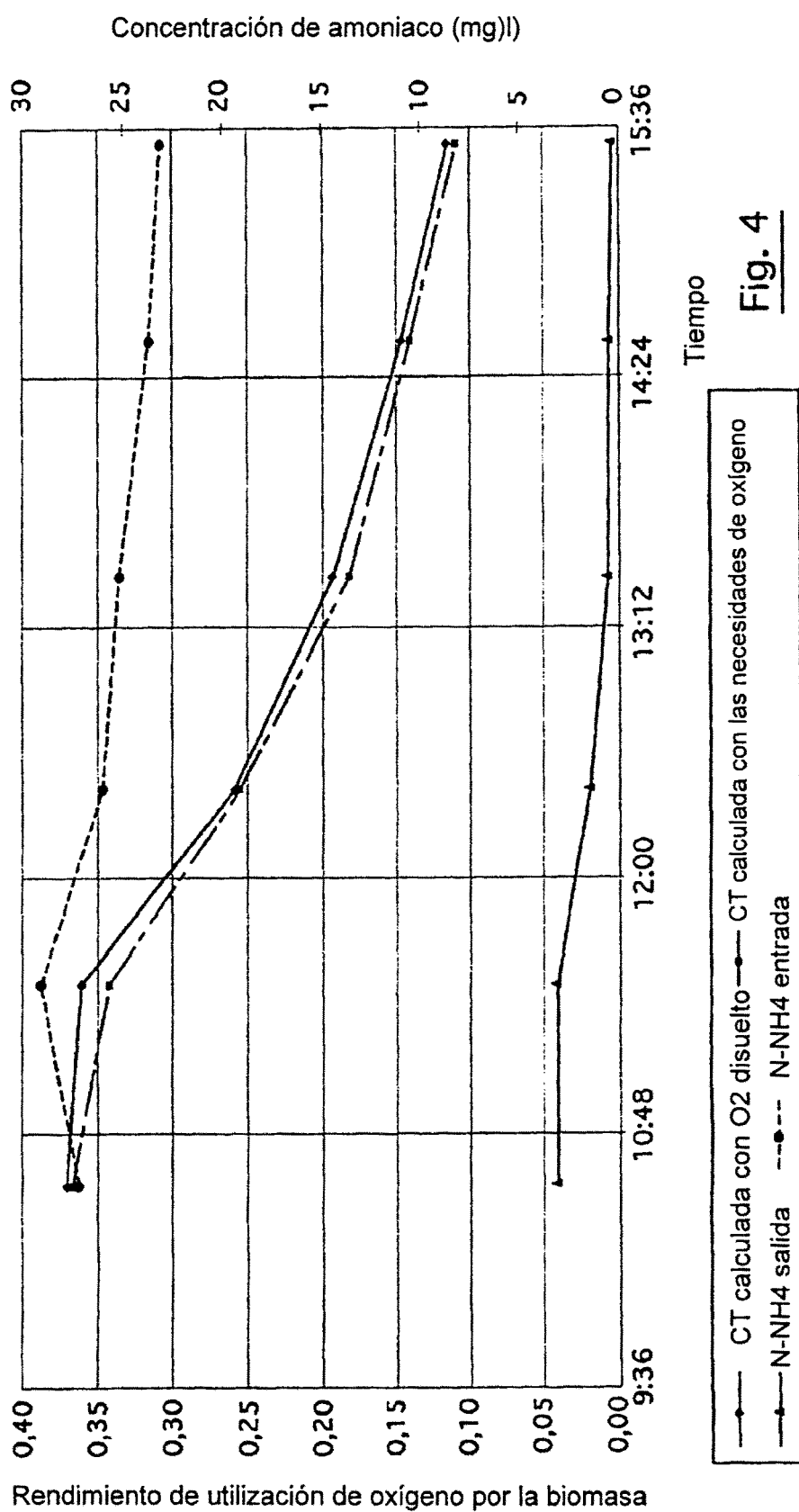


Fig. 2





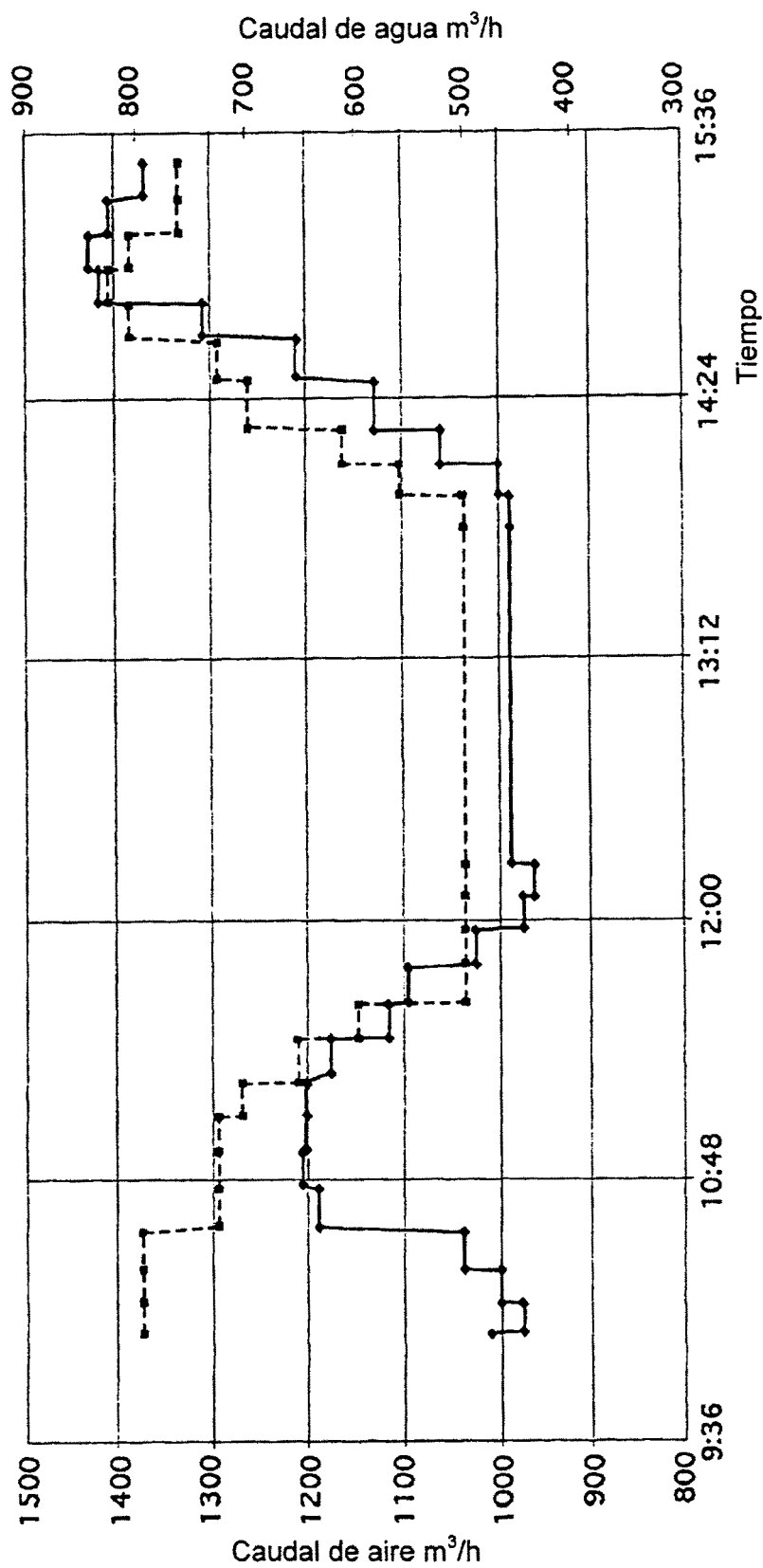


Fig. 5

—◆— Caudal de aire Nm^3/h ---■--- Caudal de agua m^3/h