

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 368 800**

⑯ Int. Cl.:
G05D 16/20 (2006.01)
F24F 11/00 (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- ⑯ Número de solicitud europea: **08022471 .0**
⑯ Fecha de presentación: **26.12.2008**
⑯ Número de publicación de la solicitud: **2077478**
⑯ Fecha de publicación de la solicitud: **08.07.2009**

⑭ Título: **GRUPO DE VENTILACIÓN CON POTENCIA VARIABLE EN FUNCIÓN DE UNA PROBABILIDAD DE SATISFACCIÓN DE LA NECESIDAD DE PRESIÓN.**

⑯ Prioridad:
02.01.2008 FR 0800012

⑯ Titular/es:
**ATLANTIC CLIMATISATION ET VENTILATION
13 BOULEVARD MONGE
69330 MEYZIEU, FR**

⑯ Fecha de publicación de la mención BOPI:
22.11.2011

⑯ Inventor/es:
**Demia, Laurent y
Petit, Frédéric**

⑯ Fecha de la publicación del folleto de la patente:
22.11.2011

⑯ Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 368 800 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

La presente invención se refiere a instalaciones de ventilación de locales y, en concreto, a los cajones del grupo de ventilación.

Una instalación de ventilación de locales comprende un grupo de ventilación, en general un moto-ventilador extractor de aire, que está dispuesto aguas abajo de las diferentes ramas de los conductos de aire, las cuales, cada una, recogen el aire de varias columnas de derivación, en paralelo, alimentadas por bocas de aspiración dispuestas a nivel de los diferentes locales y provistas de reguladores de apertura / cierre. En realidad, la posición de dicho cierre de cada boca no corresponde a un cierre total, es decir, que permite un caudal mínimo, de estaje.

De esta forma, un usuario abrirá, a la hora de las comidas, la boca que abastece su cocina y, en otros momentos, será la boca, higro-regulable, de su baño la que se abrirá automáticamente.

Cuando prácticamente todas las bocas de aspiración están abiertas, el ventilador debe poder garantizar al menos un mínimo de depresión a nivel de cada una, para que proporcionen su caudal nominal. Así, el aumento del caudal de aire relacionado con la apertura de todas las bocas provoca una pérdida de carga en la instalación, aunque la depresión que provoca el ventilador, justo aguas arriba del mismo, no repercute completamente en las bocas.

Debido a ello, tradicionalmente, para garantizar la existencia permanente de al menos un determinado nivel de depresión en cada boca para que pueda funcionar correctamente cuando se abre, es decir, incluso si la pérdida de carga es máxima debido a que el caudal global de la instalación es máximo, se hace funcionar el ventilador a una potencia máxima correspondiente al caudal máximo que hay que garantizar. En la práctica, esto se traduce en una adaptación muy mala de la potencia eléctrica consumida respecto a la necesidad real puesto que, la mayor parte del tiempo, al estar la mayoría de las bocas cerradas, el ventilador provoca una depresión muy superior a la que es necesaria. En el límite, cuando todas las bocas están prácticamente cerradas, el ventilador proporciona una depresión claramente muy superior a la necesaria. El rendimiento, relacionado con el servicio proporcionado, es, por tanto, bajo.

Para ajustar la (de)presión del ventilador, se podría pensar en determinar la necesidad real de presión, estimando de forma aproximada el número de bocas abiertas a partir de una medida del caudal de aire, debido a que las bocas abiertas presentan un caudal básicamente constante, independiente de la (de)presión. No obstante, las bocas abiertas más alejadas del ventilador, en el segmento aguas arriba de la columna considerada, no dispondrán del nivel de depresión suficiente, debido a la pérdida de carga debida a las otras bocas abiertas en el segmento aguas abajo. La calidad del servicio, es decir, el porcentaje de tiempo durante el cual algunas bocas no disponen de un nivel de depresión suficiente para su funcionamiento, corre el peligro de ser, por tanto, mediocre.

Además, se conoce, del documento US-A-2003/0 064 676, un procedimiento y un dispositivo de control de ventiladores con caudal de aire variable en sistemas de ventilación y de aire acondicionado.

El dispositivo descrito en este documento comprende un sensor de presión estática, un sensor de caudal de aire, un ventilador, un dispositivo de modulación del ventilador y un controlador acoplado al sensor de presión estática y al sensor de caudal de aire. El controlador comprende un dispositivo de cálculo que permite calcular la presión estática de configuración en función del caudal de aire. El controlador compara el punto de configuración de presión estática con la presión estática y controla el dispositivo de modulación del ventilador para que la presión estática permanezca cercana a la de configuración de presión estática.

Por tanto, la presente invención pretende proponer una solución que permita ofrecer un buen compromiso entre la energía eléctrica consumida para accionar el ventilador y la calidad del servicio ofrecido.

Con este fin, la invención se refiere, en primer lugar, a un grupo de ventilación que consta de un bloque de alimentación de un motor de accionamiento de un ventilador destinado a garantizar la circulación de aire en las bocas, que presentan una determinada distribución a lo largo de las columnas, comprendiendo el bloque de alimentación medios de regulación que incluyen circuitos de entrada de señales de medida del caudal de aire del ventilador dispuestos para controlar los circuitos de alimentación del motor a través de medios de conversión de la medida del caudal de aire en un valor de control de potencia correspondiente a una presión de aire de configuración que debe garantizar el ventilador, estando dispuestos los medios de conversión para, a partir de valores óptimos predeterminados de presión que corresponden a una curva óptima de respuesta presión / caudal satisfactoria cualquiera que sea dicha distribución de las bocas abiertas, asociar, a cada caudal de aire medido, una gaussiana, de riesgo de no satisfacción de la necesidad de presión, creciente cuando una presión de aire de configuración prevista disminuye por debajo del valor óptimo correspondiente, y dispuestos para fijar la presión de aire de configuración en un valor determinado según una configuración del porcentaje de riesgo de no satisfacción de la necesidad de presión, proporcionada por una integral de la gaussiana.

El término "presión" anterior designa una depresión si el grupo anterior aspira el aire viciado, lo que es el caso general, o bien una sobrepresión si el grupo proporciona aire nuevo.

5 De esta forma, la invención garantiza un buen compromiso calidad de servicio / consumo energético, puesto que se trata de un sistema controlado, cuyos circuitos de entrada recibirán información de cualquier nueva apertura de una boca de aspiración, o de insuflación, debido al aumento del caudal o a la caída de presión diferencial que habrá inducido, y, por tanto, los circuitos de conversión controlarán un aumento de la presión que, no obstante, dependerá de la probabilidad de riesgo de que, entre las bocas abiertas, haya, sobre todo, bocas situadas en posiciones desfavorecidas. De esta forma, a partir de una curva teórica que representa la envolvente de la necesidad máxima posible de presión para cada uno de los caudales posibles, se aplica un decremento cuya amplitud dependerá del riesgo estadístico aceptado.

10 La probabilidad de riesgo, de que un porcentaje determinado de bocas de las más desfavorecidas se abran durante un periodo determinado, disminuye con el número de bocas ya abiertas, es decir, que la ley de los grandes números, en términos de bocas abiertas, hace que se tienda hacia una equi-distribución de las bocas abiertas a lo largo de cada columna. La gaussiana de probabilidad correspondiente tiende, por tanto, a presentar un pico central muy marcado y, por tanto, bandas laterales con un nivel bajo. De esta forma, la presión de aire de configuración para un caudal cualquiera de aire tenderá, para caudales crecientes, a aproximarse a una presión "media", correspondiente a una curva dorsal que une los picos de las diferentes gaussianas y correspondiente a un riesgo de aproximadamente el 50%.

15 20 El concepto de la invención es, por tanto, tener un grupo que, a medida que aumenta el caudal, es cada vez menos generoso en la asignación de suplemento de presión respecto a un valor de presión "media" correspondiente a la curva dorsal. Esto es debido al hecho de que el estado de la instalación, en términos de número y, sobre todo, de posiciones eventualmente desfavorecidas de bocas abiertas, presenta una incertidumbre relativa, o normalizada, respecto al número de bocas abiertas, que disminuye cuando el caudal aumenta.

25 Se puede describir una curva teórica de respuesta, de presión respecto a un eje horizontal de caudal en abscisas, que presenta una tangente de pendiente positiva máxima en un punto mínimo de caudal y de presión, disminuyendo esta pendiente de forma monótona a medida que aumenta el caudal, hasta un valor de pendiente mínima positiva, eventualmente casi nula. La curva teórica de respuesta presenta una presión de pendiente positiva decreciente para un caudal de aire creciente, es decir, una segunda derivada negativa.

30 35 Se observará que la familia de gaussianas, para los diferentes valores respectivos de caudales posibles, puede tener en cuenta incertidumbres de dispersión diferentes a la posición de las bocas abiertas en cada columna.

40 De hecho, como el caudal medido representa el caudal global de todas las columnas, también se puede tener en cuenta un segundo parámetro de incertidumbre, relacionado con el hecho de que las diferentes columnas no presentan el mismo número medio de número de bocas abiertas, eventualmente relacionado con la longitud de cada columna. Por tanto, para cada caudal hay una segunda gaussiana, "multi-columna", que se compondrá "cuadráticamente" con la gaussiana "columna" anterior, es decir, una composición de probabilidades básicamente independientes.

45 50 Un tercer parámetro de incertidumbre que se puede tener en cuenta tiene relación con los diferentes tipos de bocas de la instalación considerada, es decir, por ejemplo, bocas auto-regulables o bien higro-regulables, que necesitan un nivel de depresión específico para cada tipo. Además, cada uno estos tipos presenta un caudal específico, de forma que la medida del caudal global presenta una incertidumbre en cuanto al número exacto de bocas abiertas. En este caso, se puede definir una tercera gaussiana, que se compondrá al menos con la primera.

55 60 En general, la presencia de bocas higro-regulables conduce a un mayor número de estados posibles en la instalación que si sólo hubiera bocas auto-regulables, puesto que estas últimas sólo presentan dos caudales posibles, mientras que las bocas higro-regulables presentan un caudal que varía de forma continua con la tasa de humedad. Por tanto, se podría modelizar el estado de cada boca higro-regulable mediante una pluralidad de al menos tres estados.

65 70 Ventajosamente, los medios de conversión incluyen en su memoria datos de definición de un grupo de al menos una curva correspondiente a un valor estándar predeterminado de dicho riesgo y están dispuestos para controlar los circuitos de alimentación para que el grupo tienda a funcionar según dicha curva.

75 80 Los datos anteriores pueden definir directamente una tabla o una ecuación de una curva de equi-probabilidad de riesgo, definida como "apoyándose" en una serie de integrales de gaussianas para diferentes caudales y, concretamente, apoyándose en cada una a nivel del punto de riesgo elegido. Por tanto, es la curva de control del grupo. No obstante, estos datos pueden definir también indirectamente una curva de equi-probabilidad de riesgo de este tipo, definiendo una serie de gaussianas de este tipo y, por tanto, para cada una, el punto de valor de riesgo elegido.

85 90 Según una forma de realización, los medios de regulación incluyen medios secuenciadores dispuestos para, durante determinados periodos de tiempo programados, modificar la configuración del porcentaje de riesgo de no satisfacción de la necesidad de presión respecto a dicho valor estándar, mediante el control en base a una curva de dicho grupo diferente a dicha al menos una curva.

De esta forma, a la hora de mediodía, por ejemplo, el nivel de riesgo disminuirá, puesto que habrá mayor probabilidad de aparición brusca de un pico de demanda de servicio, para extraer el aire viciado de las cocinas. Pasará lo mismo por la mañana y a última hora de la noche en caso de bocas higro-regulables, por tanto, controladas por la humedad, especialmente para los sanitarios.

5 Los medios de regulación pueden estar dispuestos para realizar dicha modificación de la configuración del porcentaje de riesgo de no satisfacción de la necesidad de presión mediante desplazamiento de una curva de respuesta en presión a lo largo de una escala de caudales.

Si la curva estándar (de)presión/caudal, creciente, se desplaza así hacia caudales débiles, a un caudal determinado, por tanto, se le atribuirá una presión mayor que la normalmente permitida.

10 Dicho desplazamiento se puede realizar restando un determinado valor al valor de medida del caudal.

De esta forma, por ejemplo, se desplaza hacia caudales débiles un indicador electrónico que leerá un valor de presión mayor.

Paralelamente, se puede prever añadir un margen de presión a la curva de respuesta normalmente prevista, es decir, no hacer que la misma se desplace según el eje de caudales.

15 Los medios de regulación pueden incluir una memoria con el historial del caudal medido con el tiempo y los medios de regulación están dispuestos para modular la configuración del porcentaje de riesgo de no satisfacción de la necesidad de presión en función del historial.

20 Si, por ejemplo, las bocas de aspiración están controladas por un programador de 30 minutos de apertura, el grupo puede así prever los momentos de re-cierre de las bocas y, por tanto, eventualmente anticiparse a la detección de estos cierres, es decir, reducir la potencia consumida al aceptar un aumento de dicho riesgo. Además, a más largo plazo, el historial permite también estimar la evolución de la demanda de caudal de un día a otro y de una estación a otra y, por tanto, modular el nivel de riesgo cualquiera estimado para anticiparse a la evolución del nivel de riesgo real.

Los medios de conversión pueden estar dispuestos para que una curva de presión de aire de configuración en función del caudal tenga la forma de una rama de parábola.

25 Se trata, por tanto, de una rama superior de una parábola de eje inclinado respecto al eje de presiones, por ejemplo, un eje horizontal, paralelo al eje de caudales, o inclinado y por encima de este último. De esta forma, un caudal de aire muy débil corresponderá a un valor de riesgo de configuración que será, en proporción, relativamente bajo, es decir, una presión de aire de configuración que, a igualdad del resto de condiciones, se aproxima a la presión óptima, exenta de cualquier riesgo asociado. La elevada incertidumbre en cuanto a la distribución de algunas bocas abiertas, es decir, el aspecto muy cuantificado de los estados posibles de presión del sistema, conduce, por tanto, a disminuir el riesgo aceptado.

30 La invención se refiere también a un procedimiento de determinación de un valor de ajuste de la presión de aire de configuración del grupo de ventilación según la invención, instalado en una instalación de ventilación que incluye un número determinado de ramas y un número determinado de columnas a lo largo de las cuales se distribuye un número determinado de bocas, procedimiento en el cual:

35 a) se estima, según una medida del caudal de aire, un número de bocas abiertas en la instalación,

40 b) se considera, a priori, que cada columna presenta un número j de bocas abiertas proporcional a su propio número de bocas y se considera también, a priori, que las bocas abiertas están estadística y globalmente distribuidas igualmente en las diferentes columnas, es decir, que el caudal de cada columna es proporcional al número j de bocas abiertas en la misma,

45 c) se determinan, para una columna determinada, todos los N estados posibles que presenta dicho número j de bocas abiertas,

d) se estima la probabilidad de existencia de cada estado, según una ley de distribución estadística o según información de estadísticas reales, previamente obtenida mediante observación de la apertura de las bocas,

45 e) se asocia, a cada estado, una estimación de pérdida de carga compuesta, función de la posición, para cada estado, de cada boca abierta,

f) se calcula una gaussiana de probabilidades individuales de cada uno de los N estados, ordenados por pérdida de carga compuesta creciente,

g) se calcula una integral de la gaussiana, y

h) se regula la presión de aire de forma que satisfaga estadísticamente, según dicha integral, la necesidad de un porcentaje elegido de bocas abiertas de la columna considerada.

La parte de la integral correspondiente a una presión superior a la presión de ajuste que se ha elegido de este modo indica, por tanto, el porcentaje de riesgo de no satisfacción completa de una necesidad de (de)presión. Se observará que el riesgo anterior también puede ponderarse según la duración correspondiente. En concreto, una no satisfacción puede durar solo algunos minutos, lo que apenas será perceptible por el usuario.

Preferiblemente, las etapas b) a g) se realizan durante la finalización del estudio de la red y, por tanto, previamente a la puesta en servicio efectiva de la instalación, con almacenamiento en memoria de una pluralidad de segmentos de dichas integrales de gaussianas para una misma pluralidad de caudales posibles.

10 De esta forma, se trata de tablas de decisión, que evitan la necesidad de cálculos complejos para cada medida, de forma que el grupo puede ser controlado con medios de cálculo muy modestos.

15 Cada segmento puede limitarse a un solo punto de la integral de gaussianas, es decir, que se define una sola curva de equi-riesgo que se apoya en las integrales de gaussianas. Si los segmentos no son puntuales, se puede definir entonces todo un grupo de tales curvas que se apoyan, cada una, en puntos respectivos que representan un valor común de nivel de riesgo estimado.

Dicha pluralidad puede estar limitada a menos de un número determinado, por ejemplo diez, y la etapa h) se realiza entonces mediante interpolación entre dos integrales de gaussianas cuyos valores asociados de caudal abarcan el valor de caudal de la etapa a).

20 El conjunto de integrales de gaussianas constituye, por tanto, "relieves de apoyo" espaciados en los cuales se "apoyarán" una o varias curvas de nivel de riesgo, en las cuales cada punto define la presión requerida en función del caudal medido, ello para un valor de porcentaje de riesgo específico para cada curva de nivel. Por tanto, se puede sustituir el conjunto de gaussianas, cada una asignada a un caudal determinado, por un conjunto o grupo de curvas de nivel de riesgo, cualquiera, en el intervalo de caudales posibles. Por tanto, se deduce que la o las gaussianas de probabilidades individuales de cada uno de los N estados corresponden a un riesgo de satisfacción o de no satisfacción de la necesidad de presión. La o las gaussianas son representativas de la probabilidad de existencia de cada estado en función de cada uno de los N estados. Dicho de otra forma, sobre un gráfico, la o las gaussianas presentan, en abscisas, cada uno de los N estados, ordenados por pérdida de carga compuesta creciente y, en ordenadas, las probabilidades (o porcentajes) de existencia de cada estado. La abscisa del máximo de la o las gaussianas corresponde al estado de las columnas que tiene la probabilidad máxima de existencia.

30 Igualmente, la integral de la gaussiana es un cúmulo de valores de probabilidad individual (para cada uno de los N estados de bocas abiertas de la instalación). La integral se realiza entre (está limitada por) cero y el número de los N estados y, en concreto, para un valor de caudal considerado.

35 De esta forma, en el grupo y el procedimiento anteriormente descritos, la gaussiana es representativa de las probabilidades individuales de la instalación de estar en un estado de bocas abiertas y corresponde a un riesgo de no satisfacción de la necesidad de presión, teniendo la gaussiana en abscisas cada uno de los N estados ordenados por pérdida de carga compuesta creciente y, en ordenadas, las probabilidades (o porcentajes) de existencia de cada estado, y la abscisa del máximo de la gaussiana corresponde al estado de la instalación que tiene la probabilidad máxima de existencia. Además, en el grupo y el procedimiento descritos, la integral corresponde a un cúmulo de valores de probabilidad individual y se realiza entre (o está limitada por) cero y el número de los N estados y, en concreto, para un valor de caudal considerado.

40 La invención se comprenderá mejor con la ayuda de la descripción posterior de una forma de realización, según la invención, de un grupo de ventilación y del procedimiento de control del mismo, en referencia a las figuras adjuntas, las cuales:

45 - la figura 1 es una vista general esquemática de una instalación de ventilación que incluye el grupo de ventilación que incluye el grupo de ventilación de la invención, conectado a columnas de aspiración,

- la figura 2 es un diagrama de bloques funcionales que ilustra la constitución del grupo de ventilación,

- la figura 3 representa dos gaussianas, y sus integrales, que ilustran las probabilidades para una columna de estar en un estado determinado, en términos de bocas abiertas,

- la figura 4 representa una curva de pérdida de carga en la columna en función de los estados de la figura 3,

- la figura 5 representa una curva de respuesta en funcionamiento depresión / caudal que se apoya en gaussianas de probabilidades relacionadas con la dispersión estadística de pérdida de carga de bocas de aspiración de aire, y

- la figura 6 representa curvas compuestas que explican la determinación de la curva de respuesta.

5 La figura 1 representa esquemáticamente una instalación de ventilación, en este ejemplo de extracción de aire de diversos locales por aspiración mediante una red ramificada de canalizaciones. La red comprende aquí un número BR = dos ramas 10, 20 que dan a un tronco común constituido por un grupo de ventilación 1 que incluye un cajón 2 conectado a un extremo aguas abajo de las ramas 10, 20 respectivas y que contiene un conjunto moto-ventilador con un motor 8 de accionamiento de un ventilador 9 de aspiración del aire de las ramas 10, 20 para expulsarlo a la atmósfera.

10 La rama 10 recoge el aire de una pluralidad, aquí dos, columnas 11, 12, provista cada una de una pluralidad de bocas 111, 112 y otras, y, respectivamente, 121, 122 y otras, de aeración de locales como, por ejemplo, cocinas o baños de uno o varios inmuebles colectivos. Igualmente, la rama 20 recoge el aire de una pluralidad, aquí tres, columnas 21, 22, 23, provista cada una de una pluralidad de bocas 211, 212 y otras, y 221, 222 y otras, y 231, 232, 233, 239 y otras, de aeración de locales del mismo tipo. De esta forma, hay un número CO = 5 de columnas que incluyen, cada una, un número concreto BO de bocas, indicadas de forma general con la referencia 120.

15

20 Cada boca 120 está equipada con uno o varios reguladores para que el usuario de un local controle la apertura, o el cierre que lo aísla parcialmente de la instalación, sabiendo que dicha posición de cierre permite un caudal denominado de estiaje. Por tanto, se considera que, si todas las bocas de aspiración 120 están casi cerradas, el ventilador 9 generará una gran depresión en el conjunto de la instalación, por lo que presentará una buena eficacia técnica. No obstante, en dicha situación, el rendimiento, es decir, el servicio proporcionado, será bajo.

25 Las bocas 120 son, típicamente, de dos tipos posibles: auto-regulables e higro-regulables, requiriendo cada tipo una diferencia de presión superior a un umbral concreto. Una boca auto-regulable extrae el aire con un caudal constante, mientras que una boca higro-regulable presenta un caudal que aumenta con la tasa de humedad. Excepto por las diferencias anteriores relativas a su estructura, también se distinguen las bocas de cocinas, que presentan caudales más elevados que las de los sanitarios y generalmente están asociadas a un temporizador de 30 minutos que controla el usuario para pasar al caudal máximo. Un sistema generalmente es higro- o auto-regulable.

30 Si una o varias bocas 120 se abren, la depresión, por tanto, disminuirá en la instalación, puesto que los diferentes flujos de aire suplementarios que se propagarán por las columnas y las ramas 10, 20 verán perturbada su circulación, y, por tanto, frenada, por el rozamiento con las paredes del conducto correspondiente. De esta forma, se produce una pérdida de carga que hace que el ventilador 9 no pueda imponer totalmente su valor de depresión a nivel de las bocas 120. Como la eficacia de una boca 120 depende de la depresión aguas abajo respecto a la presión atmosférica del local, aguas arriba, se considera que esta depresión debe ser suficiente para garantizar el caudal requerido, en la práctica al menos 60, incluso 80, Pascal.

35 En la figura 1, la boca 239, en el extremo aguas arriba, cerrada, de la columna 23, se supone que es la boca más desfavorecida, es decir, aquella cuya trayecto (23, 20) de conexión hasta el cajón 2 corresponde a una pérdida de carga máxima. Esta pérdida de carga, que es debida a la de la rama 20 y también a la de la columna 23, teniendo en cuenta su sección y la forma de su recorrido, depende también de un número $j - 1$ de las otras eventuales bocas 120 abiertas y de sus posiciones. Se deduce fácilmente que, si todas las bocas 231, 232 y otras de la columna 23 están abiertas, el flujo de aire es, por tanto, máximo, aunque su circulación es ralentizada debido a la pérdida de carga máxima.

40 La figura 2 representa el diagrama de bloques funcionales que ilustra la constitución del grupo de ventilación 1.

45 El grupo de ventilación 1 incluye un bloque de alimentación del motor 8 de accionamiento del ventilador 9 destinado a garantizar la circulación de aire en las bocas 120, que presentan una determinada distribución a lo largo de la columna considerada. El bloque de alimentación comprende un conjunto de regulación 6 que incluye circuitos 61 de entrada de señales de medida de caudal de aire Q del ventilador 9 procedentes de un caudalímetro 5, que controlan los circuitos 7 de alimentación del motor 8 mediante circuitos 62, 63 de conversión de la medida en un valor de control de potencia correspondiente a una presión de aire de configuración que debe garantizar el ventilador 9. Los circuitos de conversión 62, 63 están dispuestos para, a partir de valores óptimos predeterminados de depresión correspondientes a una curva óptima KM de respuesta depresión Dp / caudal Q satisfactoria (figura 6) cualquiera que sea dicha distribución de las bocas 120 abiertas, asociar, a cada caudal de aire Q medido, una gaussiana G1, G2, G3, G4, de riesgo de no satisfacción de la necesidad de depresión Dp, creciente desde el momento en que una presión de aire de configuración prevista disminuye por debajo del valor óptimo correspondiente, y dispuestos para fijar la depresión de aire de configuración en un valor determinado según un porcentaje de configuración de dicho riesgo, es decir, una configuración del porcentaje de riesgo de no satisfacción de la necesidad de presión, proporcionado por una integral de la gaussiana G1, G2, G3, G4.

55

Como se ha indicado, la depresión anterior sería una sobrepresión en el caso de una instalación de insuflación de aire. En ambos casos se trata, por tanto, de un aumento de la diferencia absoluta de la presión útil cualquiera respecto a la presión atmosférica, a ambos lados respectivos del ventilador 9.

El funcionamiento de la instalación se expondrá en primer lugar respecto a la forma general de la curva de regulación depresión D_p / caudal Q y, a continuación, se explica la forma según la cual se define la curva de regulación en referencia a las figuras 3 a 6.

Como se expone con más detalle en referencia a la figura 5, que representa un grupo de curvas de respuesta posibles K_{min} , K_0 , K_1 , K_2 , KM de depresión D_p , en ordenadas, en función del caudal de aire Q , en abscisas, se observa que la curva de respuesta de regulación de presión es creciente con el caudal Q , siendo la curva óptima KM , que representa la necesidad envolvente de la instalación, la más alta del grupo. Los puntos A y B corresponden, respectivamente, a una depresión D_p mínima para un caudal Q mínimo y a una depresión D_p máxima para un caudal Q máximo. Las curvas inferiores K_{min} , K_0 , K_1 , K_2 son, por tanto, curvas no óptimas, es decir, relacionadas con una probabilidad no nula de riesgo de no satisfacción de la necesidad de algunas bocas con depresión suficiente para un funcionamiento correcto. La invención se basa en la elección de una de las curvas inferiores K_{min} , K_0 , K_1 , K_2 u otras, para encontrar un buen compromiso entre la reducción de la potencia que debe proporcionar el ventilador 9, mediante el motor 8, y que dicho riesgo sea de nivel aceptable.

De esta forma, según la forma creciente de la curva de respuesta, la instalación funciona al ralentí cuando todas las bocas 120 están cerradas, es decir, que el ventilador 9 solo proporciona una depresión D_p débil, adecuada a la necesidad real de la instalación.

Si una boca 120 cualquiera se abre, provocado una caída de la depresión D_p , este suceso es detectado gracias al caudalímetro 5 o mediante detección de la caída de depresión por medio de un sensor de depresión. Entonces, se permite un suplemento de depresión relativamente grande, respecto al caso en el cual el caudal Q sería ya grande respecto a un caudal máximo Q_{max} (figura 5), es decir, que la curva óptima KM presenta una pendiente máxima para caudales débiles Q y pasa lo mismo para la curva de respuesta K_0 , K_1 , K_2 que se elige para determinar el nuevo nivel de depresión D_p .

De esta forma, si la boca considerada es la boca 239, la más desfavorecida, la misma recibirá una depresión relativamente intensa, que compensará así, en parte, la pérdida de carga extrema que experimenta. Se observará, no obstante, que esta pérdida de carga "extrema" no es máxima, puesto que se supone que las otras bocas 120, en concreto en la columna 23 considerada, están cerradas y, por tanto, $j = 1$.

Ahora se expondrá la constitución detallada de los diferentes circuitos.

El caudalímetro 5 incluye, por ejemplo, un regulador suspendido giratorio 51, aquí dibujado debajo del cuadrado con referencia 5, de eje horizontal, asociado a un detector de ángulo de giro, por ejemplo, una aguja conductora que se desliza sobre una pista circular, para así constituir un potenciómetro, o una resistencia variable, cuyo valor es indicativo de la posición angular del regulador. El regulador lleva la aguja o la pista.

Como variante, la medida de depresión se puede realizar de forma diferencial a ambos lados de un diafragma. También se puede pensar en una medida de presión dinámica mediante un tubo de Pitot situado en la salida del ventilador 9. También es posible una medida mediante anemometría.

Convenientemente, como otra variante, el caudalímetro 5 es un dispositivo de medida de un parámetro de funcionamiento del moto-ventilador 8, 9, por ejemplo, la corriente consumida por el motor de accionamiento 8 o bien el par motor proporcionado al ventilador 9 por el motor de accionamiento 8, funcionando, por ejemplo, con un variador de velocidad, o de frecuencia.

Tanto en uno como en otro caso, los circuitos de entrada 61 incluyen un convertidor CAN que convierte el valor analógico de tensión de medida en un valor digital que representa el caudal de aire, a partir de una tabla de conversión pre-establecida, en función del tipo de caudalímetro 5.

En este ejemplo, al ser la medida de caudal de aire Q una medida de caudal másico, se introduce una corrección para transformar la misma en una medida de caudal volumétrico. La corrección se realiza según una medida de la temperatura del aire proporcionada por un sensor, no dibujado, situado al nivel del ventilador 9. La corrección consiste en realizar una homotecia de la escala de los caudales medidos, es decir, el eje de abscisas de la figura 5. A modo de ejemplo del orden de magnitud, una disminución de 25°C de la temperatura así medida, respecto a la prevista durante la configuración de la instalación en fábrica, conllevará una disminución del 10% del caudal volumétrico, siendo necesaria una corrección inversa, de aumento de aproximadamente el 10% del valor de configuración del caudal Q .

Los circuitos 62 son, por ejemplo, una tabla almacenada en memoria, o circuitos de cálculo, que proporcionan los valores respectivos de la curva óptima KM en función del caudal Q medido. Los valores de la curva óptima KM

pueden calcularse previamente, durante el estudio de la red de la instalación, es decir, en concreto el número CO de columnas y el número BO de bocas 120 de cada columna. Por tanto, se pueden introducir en la memoria, en el grupo de ventilación 1, los datos de la curva óptima KM.

5 Los circuitos 63 asociados calculan un decremento de depresión que hay que restar al valor de la curva óptima KM de los circuitos 62, estando determinado este decremento por los cálculos de probabilidades basados en el estado de la instalación, en cuanto al número de bocas 120 abiertas y de posiciones posibles de las mismas a lo largo de la columna considerada. Los circuitos 63 incluyen, por ejemplo, una tabla de probabilidades de ocurrencia de sucesos, conociendo un número real de tales sucesos, por ejemplo, una tabla de la ley de Poisson o de Erlang.

10 Hay al menos dos tipos de riesgos de no satisfacción total de la necesidad de depresión; el primero se basa en el hecho de que la medida del caudal Q sólo proporciona una aproximación del número de bocas 120 abiertas y el segundo tipo se basa en el hecho de que la proporción de bocas 120 abiertas desfavorecidas a veces puede superar el valor medio esperado. La explicación posterior se basa en el primer tipo de riesgo, exponiéndose el tratamiento del segundo tipo de riesgo en referencia a las figuras 3 a 6. Evidentemente, la variación de un valor de depresión para limitar uno de estos dos riesgos conllevará una variación en el mismo sentido que el otro riesgo, dependiendo la 15 amplitud de esta última variación, no obstante, de la ley de probabilidad del segundo riesgo.

20 A modo de ejemplo del orden de magnitud de las incertidumbres relacionadas con el número de sucesos observados, si se ha observado que se ha producido $j = 1$ suceso, es decir, que se ha detectado un aumento del caudal Q a partir del punto A, la ley de Poisson permite estimar que hay una gran probabilidad de que la densidad subyacente de probabilidad media de un suceso sea del orden de magnitud de este valor observado. La probabilidad subyacente se 25 puede estimar, por tanto, como estando, por ejemplo, en un intervalo comprendido entre 0,5 y 2, siendo, evidentemente, el riesgo de equivocación de esta estimación menor cuanto más aumenta este intervalo de incertidumbre. El riesgo está relacionado con el hecho de que, como el análisis deseado de caudal Q se realiza cíclicamente según un determinado periodo, hay, por tanto, un retraso en la percepción del estado real de la instalación, es decir, en concreto de la apertura de bocas 120. Además, incluso si estas bocas 120 que se abren están limitadas en número, hay riesgo de que sean las 25 bocas 120 desfavorecidas en cuanto a pérdida de carga, las que corran el riesgo, por tanto, de no disponer de los 60 a 80 Pascal de depresión requeridos para que funcionen eficazmente.

30 Para un riesgo muy bajo, se puede, por ejemplo, fijar un límite de 4 bocas 120 susceptibles de estar en estado abierto durante un determinado periodo, es decir, que no hay más que cierto porcentaje de posibilidades de que haya más de 3 nuevos sucesos (apertura de bocas 120) durante un periodo determinado, lo que conduce, por tanto, a 4 bocas 120 abiertas. El suplemento de depresión permitido, respecto a la necesidad observada, se determinará, por tanto, ponderando un valor de referencia con un factor de ponderación, o de simultaneidad, de $4/1 = 4$, es decir, el 300% ((4-1)/1 sucesos) más de lo que requiere la observación (1 solo suceso).

35 Por el contrario, si se empieza a aplicar la ley de los grandes números, por ejemplo, si ya hay $j = 10$ bocas 120 abiertas, por tanto con el correspondiente aumento del caudal Q que se habrá sido detectado respecto al tiempo, la ley de Poisson o de Erlang proporcionará, para un mismo riesgo de superación del límite, un número de, por ejemplo, un riesgo de 4 aperturas suplementarias, en vez del número 3 anterior de suplemento posible de sucesos. El valor del suplemento se ponderará ahora con un factor de ponderación de $4/10 = 0,4$, es decir, el 40% más de lo que requiere la 40 observación (10 sucesos).

45 Así se observa que la sensibilidad de reacción a la apertura de una boca 120, o pendiente de aumento de la depresión D_p , disminuye progresivamente del 300% al 40% en este ejemplo. Evidentemente, se habrá comprendido que este ejemplo numérico sólo tiene el objeto de explicar concretamente el motivo por el cual la pendiente anterior varía de la forma expuesta, sirviendo las cifras mencionadas únicamente para proporcionar un orden de magnitud y para mostrar que la incertidumbre disminuye con el aumento del número j de bocas 120 abiertas. El intervalo de variación se puede, en concreto, ampliar respecto al ejemplo anterior.

50 De esta forma, se obtiene un buen compromiso, puesto que se atribuirá, respecto a la recta de base AB, una depresión máxima a la boca más desfavorecida 239 si se abre la primera.

Se observará que la recta AB de base constituye aquí una referencia práctica para exponer la variación de la curva de respuesta, pero que esta recta de base AB no constituye una referencia absoluta. Constituye simplemente una curva básicamente media entre el caso del estado más favorable, en el cual las bocas 120 abiertas son las más favorecidas y, por tanto, están en la parte aguas abajo de las columnas, con una curva de respuesta K_{min} por debajo de la recta de base AB, y la curva óptima KM, que trata el peor caso.

55 Si la boca más desfavorecida 239 se abre después que otras, recibirá, por tanto, el aumento de depresión atribuido a aquellas que la han precedido, de forma que, no estando ya tan desfavorecida, es inútil atribuirle el suplemento máximo previsto para caudales muy débiles, es decir, partiendo del punto A.

5 Los circuitos 64 se basan en un sustractor que resta el decremento determinado por los circuitos 63 al valor del punto considerado de la curva óptima KM procedente de los circuitos 62. La salida del sustractor 64 controla los circuitos de alimentación 7, los cuales incluyen, a la entrada, un convertidor que transforma el valor de control recibido en señales de ajuste del nivel deseado de potencia de control del motor 8, para aumentar su velocidad de rotación en el ejemplo anterior. Evidentemente, el proceso anteriormente explicado se aplica en sentido inverso en caso de disminución del caudal Q.

10 La presente representación de los circuitos 62, 63 y 64 está concebida básicamente con fines didácticos, puesto que las tres funciones pueden ser realizadas por un único conjunto que proporcione la curva de respuesta deseada, a partir de una tabla de conversión caudal Q / depresión Dp o a partir de un algoritmo que pueda calcular cualquier punto de la curva.

15 Ahora se expondrá un ejemplo numérico más detallado.

20 Por simplicidad de exposición, en primer lugar se supone que el número j de bocas 120 abiertas en cada columna de aspiración es proporcional al número BO de bocas 120 de la columna de aspiración considerada, es decir, que hay una distribución igual de "densidad" de bocas 120 abiertas en las columnas.

25 La tabla 1 incluye $N = 10$ filas que representan, respectivamente, $N = 10$ estados posibles, de rango cualquiera N_j , variando j de 1 a $N = 10$, (columna de cifras de la izquierda), de una columna de aspiración en la cual $j = 3$ bocas 120 están abiertas. Por sencillez de la exposición, la columna de aspiración se divide de forma ficticia en una pluralidad de segmentos, aquí $k = 3 =$, con igual pérdida de carga, pudiendo prever sus secciones escalonadas crecientes hacia la rama 10 ó 20 de conexión.

30 En la tabla 1, las columnas de cifras 2^a, 3^a y 4^a desde la izquierda representan, respectivamente, el número de bocas 120 abiertas en la parte aguas abajo, central y aguas arriba de la columna 11, u otra considerada, siendo el segmento aguas abajo, por tanto, el más favorecido, puesto que es el más cercano al ventilador 9. El logaritmo del número de estados posibles N permite definir, excepto por un factor, la entropía del sistema, es decir, un número creciente con la diversidad de sus N estados posibles.

35 Las N filas anteriores se ordenan suponiendo, en primer lugar, que las $j = 3$ bocas 120 abiertas están en el segmento aguas abajo y, para las filas siguientes, las bocas 120 abiertas se van situando aguas arriba, es decir, desfavorecidas.

40 La fila de rango $N_j = 5$ representa una equi-distribución, es decir, $i/k = 1$ boca 120 abierta por segmento. Teniendo en cuenta la simetría respecto al segmento central, las filas 7, 8, 9 son idénticas a las filas respectivas 3, 4, 2 con permutación de las cifras de las columnas 2^a y 4^a.

45 En este ejemplo, como el número ($j = 3$) de bocas 120 abiertas está muy limitado, los estados "cercanos" al estado de equi-distribución, fila 5, son numerosos, puesto que no hay estados muy alejados. El término "cercano" significa que el estado considerado sólo difiere del estado de equi-distribución por un par de cambios de estado en sentidos inversos, es decir, que la boca 120 abierta de uno de los segmentos se ha cerrado y se ha abierto una boca 120 en uno de los otros dos segmentos, quedando, por tanto, un total de $j = 3$. Dicho de otro modo, una boca 120 abierta ha "pasado", o sido asignada, de un segmento a otro.

50 De esta forma, las filas 2 y 3 representan un estado "2", respectivamente "3", con 2 bocas 120 abiertas en el segmento aguas abajo, mientras que el segmento aguas arriba, o respectivamente el segmento central, no presenta ninguna boca 120 abierta. En la fila 4, el segmento aguas abajo solo presenta 1 boca 120 abierta, presentando el segmento central 2 bocas 120 abiertas.

55 En las filas respectivas 1, 6 y 10, las 3 bocas 120 abiertas están todas en el segmento aguas abajo o central o aguas arriba. La diferencia de estado respecto a la equi-distribución es aquí de 2 pares de cambios de estado en sentidos inversos. La probabilidad de existencia de los estados de las filas 1, 6, 10 es, por tanto, menor que la asociada a las filas 2-4 y 7-9. La 5^a columna de cifras proporciona un porcentaje de probabilidad asociada a cada estado N_i respecto al conjunto de estados aquí posibles, determinada según la ley de Poisson o de Erlang, que proporciona la probabilidad de que se produzca un número determinado de sucesos conociendo el número medio de sucesos esperados.

60 La figura 3 representa, en ordenadas, los porcentajes de la columna de cifras de la derecha, es decir, una gaussiana según una curva C1, correspondiendo, por tanto, los estados de las filas de rango $N_j = 1$ a 10 a una serie de N puntos de abscisas ordenadas en este orden. La fila de rango $N_j = 5$ corresponde así a una probabilidad máxima.

65 La curva C2 representa la integral de la gaussiana C1, es decir, un cúmulo de valores de probabilidad. Es globalmente una curva con forma de "S", puesto que las probabilidades de los extremos, correspondientes a los estados "1" y "10", son menores que la media de las otras. Teniendo en cuenta que el segmento superior C2S de la "S" anterior

presenta una pendiente menor que la pendiente media del resto de la "S", se observa que la densidad de puntos, es decir, el número de bocas 120 abiertas, situadas en la parte superior de los porcentajes de la figura 3, es mayor que en otras zonas. De esta forma, si se considera que la franja superior está comprendida entre el 90% y el 100%, es decir, el 10% del total de las probabilidades, se observa que ahí se encuentran acumulados 2 puntos, que representan los estados "9" y "10", es decir, el 20% del total.

Sin embargo, el presente ejemplo, que se basa en un número pequeño ($i = 3$) de bocas 120 abiertas, presenta de forma incompleta el fenómeno de acumulación de puntos en la franja superior. Habiendo expuesto el principio justificativo de esta acumulación, ahora se puede considerar en esta exposición un número mayor de bocas abiertas por columna, por tanto más de $N = 10$ estados correspondientes a las 10 filas anteriores. En este caso, el número de estados que difieren del estado de equi-distribución (véase fila 5), en 2 ó 3 pares de cambio de estado en sentidos inversos, o incluso más, aumenta, y las probabilidades correspondientes son, por tanto, cada vez menores a medida que nos alejamos del estado de equi-distribución. La gaussiana C1, de forma muy aplanada, se transforma así en una gaussiana C10 con un relieve central más marcado, rodeado por dos "colas" laterales de puntos de bajas probabilidades, indicados anteriormente. La curva C10 se encuentra, naturalmente, por debajo de la curva C1, puesto que cada una de las $N = 10$ probabilidades de la curva C1 disminuye a expensas de las nuevas probabilidades que han sido introducidas, puesto que ahora tenemos $N > 10$, contrariamente al diseño. La suma total de probabilidades permanece, por tanto, igual al 100%, es decir que, como la curva C10 ha sido dibujada con ordenadas básicamente tres veces menores que las de la curva C1, la curva C10 comprende aproximadamente $N = 30$ puntos.

La curva integral C2 se transforma así en una curva C20 con forma de "S" más marcada, es decir, con un segmento central que es ahora más recto, debido al relieve central anterior más marcado de la curva C10. El segmento del extremo superior C20S de la "S", de poca pendiente, es por tanto más alargado y comprende así un número N mayor de puntos, es decir, de estados posibles. De esta forma, el segmento superior C20S de la curva integral C20, limitado por las probabilidades acumuladas del 90% y el 100%, incluye aproximadamente el 40% de los puntos de abscisa máxima, frente al 20% del segmentos superior C2S de la curva integral C2.

Por tanto, se considera que, en este último ejemplo, si se acepta tolerar el 10% de casos (franja superior anterior) para los cuales no se satisfará totalmente la necesidad de depresión, se puede restringir un 40% el suministro de depresión D_p , por tanto, con el correspondiente ahorro de energía eléctrica. Evidentemente, si el número medio de bocas 120 abiertas que se tiene en cuenta es todavía mayor respecto al caso de la curva integral C20, el ahorro superará el 40% anterior, o inversamente, se puede elegir mantener este valor de ahorro y, por tanto, la parte superior, de no satisfacción total de la necesidad, representará menos del 10%.

Se recordará que una ley de distribución de probabilidades tiende a responder a la ley normal de distribución de grandes números, es decir, que la desviación típica varía según la raíz cuadrada del número N de probabilidades de estados. Dicho de otra forma, la desviación típica, una vez normalizada con el número N (y por tanto también con el valor medido de caudal Q), disminuye según una ley inversa a la raíz cuadrada del número N , lo que explica que la curva C10, para $N > 10$ estados, presente un relieve central más marcado, es decir, con flancos relativamente más abruptos, respecto a la curva C1 correspondiente a $N = 10$ estados.

La columna de cifras de la derecha de la tabla 1 proporciona valores de pérdida de carga ΔP para cada uno de los 10 estados N_j posibles de la figura 4. Por simplicidad de exposición, se supone que cada uno de los tres segmentos de la columna de aspiración considerada presenta una configuración básicamente similar a los otros, es decir, para un caudal determinado, la pérdida de carga ΔP es la misma en cada segmento.

Al estar la o las bocas 120 abiertas del segmento aguas abajo, estadísticamente, distribuidas de forma aleatoria a lo largo del mismo, se puede suponer, por tanto, desde este punto de vista, que todas están situadas en la mitad del mismo y, por tanto, presentan una pérdida de carga de $0,5$. Esta hipótesis de simplificación también se realiza para los segmentos central y aguas arriba, pero, para pasar de la mitad de un segmento a la mitad del segmento siguiente, la pérdida de carga es, en total, ΔP .

Debido a ello, el valor de pérdida de carga ΔP se calcula ponderando con un factor de 0,5 las cifras de la 2^a columna de cifras de la tabla 1, para el segmento aguas abajo, y sumando a las mismas las cifras de las columnas 3^a y 4^a, ponderadas con un factor respectivo de 1,5 y 2,5 de pérdida de carga por boca 120. Los valores ΔP están, por tanto, en unidades base arbitrarias, puesto que se trata de ilustrar la forma de la curva de pérdida de carga.

Como se observa, los valores de ΔP son globalmente crecientes, puesto que los estados correspondientes se han ordenado según este criterio en la tabla 1. El estado de la fila "1" corresponde así a $i = 3$ bocas 120 abiertas, por tanto, con una pérdida de carga ΔP de 3 veces 0,5 unidades base, según el principio de cálculo explicado anteriormente. Los estados "3" y "4" corresponden a un mismo valor ΔP de 3,5, los estados "5" y "6" corresponden a $\Delta P = 4,5$ y los estados "7" y "8" corresponden a $\Delta P = 5,5$.

Así se observa que la serie de valores ΔP presenta mesetas en la zona de las filas centrales, es decir, que su aumento es menor ahí que en los segmentos extremos. Se trata de una curva en forma de "S" dada la vuelta, es decir, una curva en cierto modo inversa a la curva C2. En concreto, se observa que se satisface la necesidad de depresión de los ocho primeros estados con una pérdida de carga ΔP inferior o igual a 5,5, mientras que el estado de rango $N_j = 10$ corresponde a una pérdida de carga de 7,5 y, por tanto, a una depresión D_p correspondiente. De esta forma se observa que se ahorran $7,5 - 5,5 = 2$ unidades base respecto a un total de 7,5, es decir el 23%, siendo esta última cifra creciente si el número N aumenta, como se ha expuesto anteriormente, es decir, para un rango N_j creciente, los valores de pérdida de carga de los estados "3" a "8", en este ejemplo, tenderán hacia el valor medio 4,5, que representará, por tanto, una presión óptima en términos de un buen compromiso para satisfacer las necesidades en los diferentes casos.

Como se ha indicado, se ha considerado que las bocas 120 abiertas, con fines de simplificación, presentan un estado binario, abierto o cerrado. En el caso de bocas higro-regulables, la cuantificación anterior se difumina, puesto que pueden presentar estados intermedios, es decir, que la o las curvas obtenidas a partir de la tabla 1 estarán más suavizadas.

Por tanto, se puede resumir la metodología de optimización de ajuste de la depresión en las etapas siguientes.

1. Se estima, según una medida del caudal Q , un número de bocas 120 abiertas en la instalación de BR ramas y CO columnas. Esta estimación se puede realizar a priori o bien mejorar si se conocen exactamente los tipos de bocas 120 usadas y el número correspondiente.

De esta forma, globalmente, se tiene en cuenta la arquitectura de la red.

2. Se considera, a priori, que cada columna presenta un número j de bocas 120 abiertas proporcional a su propio número de bocas 120. También se considera, a priori, que las bocas 120 abiertas están estadística y globalmente distribuidas igualmente en las diferentes columnas 11, 12, 21, 22, 23, es decir, que el caudal de cada columna es básicamente proporcional al número j de bocas 120 abiertas en la misma.

En este caso, un conocimiento más detallado de la instalación permite mejorar los cálculos en función, en concreto, de los diferentes tipos de bocas 120.

3. Se determinan, para una columna determinada, la columna 11 por ejemplo, todos los N estados posibles que presenta dicho número j de bocas 120 abiertas.

4. Se estima la probabilidad de existencia de cada estado, de rango N_j , según una ley de distribución estadística eventualmente completada, incluso sustituida, por información de estadísticas reales de apertura de las bocas 120, previamente obtenida.

50 Por tanto, se puede tener un programador de previsión de estado.

5. Se asocia, a cada estado N_j , una estimación de pérdida de carga compuesta ΔP , función de la posición, para cada estado N_j , de cada boca 120 abierta.

6. Se calcula una gaussiana de probabilidades individuales de cada uno de los N estados, ordenados por pérdida de carga compuesta creciente. Se observará que la pérdida de carga creciente equivale a un caudal creciente.

35 7. Se calcula una integral de la gaussiana.

8. Se regula la depresión de forma que satisfaga estadísticamente la necesidad de un porcentaje elegido de bocas 120 abiertas de la columna considerada. La forma más o menos aplanada de la gaussiana determina, por tanto, el valor de su desviación típica y la elección del número, entero o no, de desviaciones típicas para situar el límite que determina el porcentaje anterior.

40 El proceso anterior se puede realizar mediante un estudio estadístico previo de la instalación, durante la definición de la red de columnas, y, a continuación, el modelo correspondiente es almacenado en la memoria en el grupo de ventilación 1. No obstante, se puede prever que este último incluya los circuitos deseados para realizar el estudio estadístico a partir de la configuración de la red.

45 En cuanto a la dinámica total de depresión D_p / caudal Q que hay que garantizar en la instalación, el diseñador conoce el número de bocas 120 y su tipo, de forma que puede determinar el punto "de partida" A (figura 5), es decir, el punto con caudal mínimo Q_{min} , de estaje, y con la depresión justa y suficiente para que las bocas 120, en posición de cierre, dispongan de la depresión suficiente para garantizar este caudal mínimo. Igualmente, puede definir el punto "de llegada" B, correspondiente a un estado de caudal máximo Q_{max} que hay que garantizar, es decir, en el cual las bocas 120 abiertas representan un porcentaje elevado.

50 De esta forma, para cada medida del caudal Q , se ajusta la depresión D_p para, estadísticamente, satisfacer totalmente un porcentaje predeterminado de bocas 120 abiertas. Si, excepcionalmente, las bocas 120 representan una

5

configuración desfavorable, la necesidad de depresión no será completamente satisfecha. Tal configuración desfavorable corresponde, por ejemplo, a un caso en el cual serían básicamente las bocas 120 de los segmentos aguas arriba de una o varias columnas de aspiración las que estarían abiertas, es decir, una circulación de aire en toda la longitud de las columnas de aspiración o, en el peor de los casos, en una sola. No obstante, una no satisfacción solo sería temporal.

Si las diferentes columnas, aquí de aspiración, presentan características muy diferentes entre sí, en cuanto a pérdida de carga o de número de bocas 120 que incluyen en total, el proceso anterior se basará, preferentemente, en la columna más desfavorecida, es decir, susceptible de presentar la pérdida de carga más elevada.

10

15

20

Además, si se estima que el número j de bocas 120 abiertas por columna es relativamente pequeño, es decir, algunas unidades como en el ejemplo inicial, la ley de los grandes números sólo es parcialmente aplicable en cuanto al "centrado" de la probabilidad, y, para tener en cuenta el riesgo de dispersión del número medio j entre columnas, también se puede modular la gaussiana $C1$ y, por tanto, las curvas que de ella dependen, suponiendo que el número medio j de bocas 120 abiertas puede evolucionar, por ejemplo, el número medio $j = 3$ tiene una probabilidad significativa de pasar a 2 o a 4 en el ejemplo inicial y, por tanto, de diferenciarse en una unidad, siendo también posibles diferencias aún más grandes. Así, para el intervalo de caudales posibles, el conjunto de estas curvas $C1$ o $C10$ y $C2$ o $C20$, para cada uno de los caudales Q , constituirá una curva dorsal $K0$ (figura 5), de probabilidad máxima, con, a cada lado, una o varias curvas $Kmin$, $K1$, $K2$, $K3$, KM , de nivel, del mismo tipo pero de menores probabilidades. Dicho de otra forma, la gaussiana $C1$ o $C10$ corresponderá a 2 grados de libertad, es decir, por una parte, la dispersión en torno al estado de equi-distribución, ello para un número de bocas abiertas j igual a la media de la instalación, y, por otra parte, la dispersión, de distribución, del número medio j entre las diferentes columnas, de las bocas 120 abiertas.

De esta forma, volviendo al ejemplo inicial con $N = 10$ estados posibles, se podrán realizar los cálculos anteriores de probabilidades de no satisfacción de la necesidad de depresión trazando una curva integral $C2$ modificada correspondiente a $j = 4$ bocas abiertas, y no $j = 3$, para así disponer de un margen estadístico y, por tanto, reducir el riesgo de no satisfacción de la necesidad de depresión.

25

Se considera que los diversos cálculos anteriores se pueden realizar con un ordenador, es decir, que el presente trazado de las diferentes curvas tiene aquí un fin únicamente didáctico. El cálculo se puede realizar aguas arriba temporalmente, durante el estudio de definición de la instalación, o en tiempo real en el grupo de ventilación 1.

30

En referencia a la figura 5, se ha determinado así que una familia de curvas Kp ($Kmin$, $K0$, $K1$, $K2$, KM), cada una de equi-distribución de satisfacción de la necesidad de depresión, es representada por curvas depresión Dp / caudal Q , uniendo el punto de partida A, de caudal mínimo y depresión Dp mínima, con el punto de llegada B, de caudal máximo y depresión Dp máxima. El segmento de recta AB puede servir para exponer la forma de las curvas anteriores, es decir que, fácilmente, se puede, por ejemplo, definir cada curva respecto a su distancia al segmento AB. La zona por debajo del segmento AB corresponde a casos muy favorables, es decir, con un número restringido, a igualdad del resto de condiciones, de bocas 120 abiertas en los segmentos aguas abajo de las diferentes columnas.

35

40

La forma de determinar las curvas Kp se expone posteriormente, sabiendo que la probabilidad de satisfacción aumenta de $Kmin$ a KM , correspondiendo la curva superior KM , óptima, a la satisfacción del peor caso de necesidad de depresión, es decir, que el riesgo de no satisfacción es nulo. "Simétricamente", lado inferior de depresión, se puede definir, bajo el segmento AB, la curva mínima $Kmin$ por debajo de la cual el funcionamiento es, con total seguridad, incorrecto. El intervalo de extensión de cada gaussiana $G1$, $G2$, $G3$, $G4$ está, por tanto, limitado por las curvas envolventes $Kmin$ y KM . Cada curva Kp se puede memorizar en forma de una serie de pares de valores depresión/caudal Q o en forma de una ecuación de cálculo de la depresión en función del caudal Q .

45

El concepto de la invención consiste, por tanto, en elegir una curva Kp comprendida entre las curvas extremas $Kmin$ y KM , sabiendo que la probabilidad de no satisfacción pasa de prácticamente el 100% para $Kmin$ a prácticamente el 50% para $K0$, pasando por curvas de nivel intermedias inferiores no dibujadas, y continúa disminuyendo hacia cero según se pasa por las curvas de nivel intermedias superiores $K1$, $K2$ y siguientes.

Partiendo del punto A, cada curva $K1$, $K2$ se encuentra por encima del segmento AB, para satisfacer la necesidad de depresión en la gran mayoría de casos posibles, como se ha expuesto anteriormente. Como se ha indicado anteriormente, la curva mínima $Kmin$ es, sin embargo, teóricamente la base de partida para la evaluación del riesgo.

50

Teniendo en cuenta la variación de la desviación típica, normalizada con N , según la inversa de la raíz cuadrada del número N , cada curva $K1$, $K2$ está, para caudales débiles Q , en proporción relativamente alejada del punto correspondiente del segmento AB, es decir, que está alejada de un determinado número, entero o fraccionario, de desviaciones típicas, si se considera que el segmento AB, o una curva muy próxima al mismo, corresponde básicamente a la distribución equi-distribuida.

Así, en la figura 5, para un caudal débil Q1, se ha dibujado dicha gaussiana G1, parecida a dicha gaussiana C1, respecto a un eje vertical local de ordenadas de referencia. La gaussiana G1, que, por tanto, se extiende teóricamente en un plano vertical perpendicular al plano de la figura 5, se ha dibujado abatida a la derecha de su eje vertical de referencia. Como se ha expuesto anteriormente, una gaussiana C1, o G1, de este tipo es, por tanto, muy aplanada respecto a su eje de referencia debido a que no es aplicable la ley de los grandes números.

5 Cuando el caudal Q medido aumenta, indicando un aumento del número i, es aplicable en mayor medida la ley de los grandes números, es decir, la desviación típica normalizada disminuye. La curva Kp considerada se acerca así progresivamente al segmento AB para, finalmente, unirse al mismo en el punto B. De esta forma se han trazado igualmente, para tres caudales en orden creciente Q2, Q3 y Q4, otras tres gaussianas G2, G3 y G4 que tienden a adoptar una forma menos aplanada debido a la ley de los grandes números, como se ha expuesto para la gaussiana C10.

10 La curva K0, dorsal, que se apoya en los picos de dichas gaussianas G1 a G4, se ha trazado con fines únicamente ilustrativos del método de definición de la curva de respuesta REP deseada, porque la curva dorsal K0 corresponde, por tanto, a una probabilidad de no satisfacción de la necesidad de depresión que es muy elevada, 15 próxima al 50% (superficie de la integral de la gaussiana considerada G1 a G4 situada por encima de la curva somital K0), lo que no es precisamente aceptable. Se pueden prever gaussianas suplementarias para definir mejor los trazados de las diversas curvas equipotenciales Kp o bien definir estos trazados por interpolación entre un número limitado de tales gaussianas, por ejemplo, menos de diez.

20 La curva K1 es una equipotencial, o curva de nivel, que une los puntos de las gaussianas G1 a G4 correspondientes, por ejemplo, a un riesgo del 20%, es decir, que el 80% de la integral está por debajo de la curva K1.

La curva K2 es igualmente una equipotencial, que une los puntos de las gaussianas G1 a G4 correspondientes, por ejemplo, a un riesgo del 10%, es decir, que el 90% de la integral está por debajo de la curva K1.

25 En este ejemplo, se elige la curva de respuesta K2. No obstante, se sobreentenderá que la presente elección de tasa de satisfacción del 90% solo es un caso concreto y que la invención no está en modo alguno limitada a un valor cualquiera de tasa de satisfacción. Por tanto, los circuitos 63 garantizan los cálculos que se basan en la gaussiana respecto al caudal Q medido y emiten como salida el decremento de depresión que hay que aplicar a la curva óptima KM, decremento correspondiente al nivel de riesgo elegido.

30 En concreto, se pueden usar de forma alterna al menos dos curvas, como K1 y K2, según el momento del día. Por ejemplo, por la noche las cocinas no emiten humos y es básicamente el vapor eventual de los baños lo que es necesario aspirar. Por tanto, se puede aceptar que esta aspiración dure más de lo previsto, es decir, aceptar un riesgo mayor de empeoramiento del servicio. Por tanto, es la curva K1 la que se usa. Como se ha indicado, como variante, las gaussianas de riesgo se pueden determinar antes de la instalación y se almacenan en memoria una o varias curvas de nivel Kp.

35 El paso de la curva K2 a una curva de calidad de servicio reducida se puede realizar mediante una traslación de la curva K2 según el eje de abscisas Q y, concretamente, sumando una determinada constante al valor de caudal Q medido. Esto vuelve a enmascarar, para los circuitos 63, de asignación de depresión Dp, una parte del caudal Q real, de forma que la asignación es incompleta. Así se obtiene una nueva curva estrictamente paralela a la curva K2 y por debajo de la misma, teniendo esta nueva curva una forma muy parecida a la de la curva K1 y pudiendo, por tanto, sustituirla.

40 Según otra posibilidad de desplazamiento de la curva K2, en forma de arco con rama inferior ascendente y rama superior descendente (respecto al segmento de base AB) para, respectivamente, caudales Q pequeños y grandes, se desliza la misma sobre el segmento de base AB. Para caudales débiles Q medidos, es decir, inferiores a un caudal Qc asociado al punto somital C, el deslizamiento se realiza hacia el punto máximo B, de forma que la rama de arco ascendente de la nueva curva de respuesta se encuentra a la derecha de la rama de arco ascendente de la curva K2, es decir, por debajo. Simétricamente, para caudales Q medidos superiores al caudal Qc, el deslizamiento se realiza hacia el punto mínimo A, de forma que la rama de arco descendente de la nueva curva de respuesta se encuentra a la izquierda, y bajo, la rama de arco descendente de la curva K2. Dicho de otro modo, el (caudal Qc del) punto somital C, de suplemento máximo de depresión, se acerca o se aleja del punto de medida cualquiera y, por tanto, con él toda la gaussiana, según se desee aumentar o reducir el suplemento de depresión Dp. Como variante, se eleva la curva de depresión.

45 Una curva cualquiera de la familia, aquí la curva K2, presenta en primer lugar, aproximadamente, un primer segmento AC divergente respecto al segmento AB, con forma aproximada de arco de parábola de eje horizontal, con, por tanto, una pendiente ascendente de valor máximo que disminuye progresivamente, continuando la curva su aumento de depresión con un segundo segmento CB de menor pendiente que converge hacia el segmento AB. Por

comodidad, para realizar los cálculos correspondientes de regulación de depresión, el primer segmento AC se puede asimilar a un segmento de recta o a dos, siendo el segundo segmento CB de menor pendiente.

Globalmente, el primer segmento AC presenta así una concavidad abierta hacia abajo, por tanto, hacia el segmento AB. El punto C corresponde a una diferencia máxima de depresión respecto al segmento AB, es decir, que representa un punto somital relativo si se toma como referencia el segmento AB. En valor de depresión absoluta, el punto C presenta, no obstante, un valor de depresión D_p inferior al del punto máximo B.

En el segundo segmento CB, se observa cómo se manifiesta cada vez en mayor medida la influencia de la ley de los grandes números sobre la desviación típica normalizada, es decir, una ley de variación que disminuye de forma monótona como la inversa de la raíz cuadrada de $CO \times i$, o del caudal Q.

El segundo segmento CB, que tiende así a presentar básicamente la forma de una rama de hipérbola, puede, no obstante ser asimilado, por comodidad, a una continuación de la rama de parábola. No obstante, por simplicidad de implementación, puede ser asimilada a un segmento de recta. Como variante, se puede considerar que el punto B sólo es un punto de referencia para establecer el segmento de referencia AB y que el segundo segmento CB termina ligeramente por encima del punto B, es decir, a una distancia correspondiente al número considerado de desviaciones típicas.

La figura 6 es otra ilustración de la forma de obtener el decremento de depresión para determinar la curva de respuesta REP pasando por los puntos A, B, C. En la figura 6, el eje de abscisas representa el número acumulado $CO \times i$ de bocas 120 abiertas en las CO columnas, es decir también, excepto por el factor CO, el número i para una columna, también puede ser considerado como básicamente representativo del caudal Q. El número acumulado $CO \times i$ varía aquí en un intervalo comprendido entre 1 y 80. El número N de estados posibles, para cada valor de la variable $CO \times i$, aumenta, respecto a la misma, mucho más rápidamente, puesto que se trata de un factorial de esta variable, de forma que la cuantificación de una gaussiana del tipo de la curva C1 se difumina rápidamente, como se ha expuesto para la gaussiana C10. El eje de ordenadas tiene dos escalas, a saber, la depresión D_p , en una escala lineal arbitraria comprendida entre 0 y 100, y una escala lineal de números puros, comprendidos entre 0 y 1.

Se ha trazado un segmento de recta M que une los puntos A y B, tal como se han definido anteriormente, que representa una necesidad media de depresión en función del caudal Q y, por tanto, también en función del número acumulado $CO \times i$. Como ya se ha indicado, una recta de este tipo que une los puntos A y B sirve básicamente de ayuda virtual para exponer la forma de las curvas de respuesta; también se ha trazado una curva $R = (CO \times i)^{-0.5}$, que representa, por tanto, la inversa de la raíz cuadrada del número $CO \times i$, es decir, la ley de convergencia, expuesta anteriormente, según la ley de los grandes números. La curva R proporciona, por tanto, la forma de la variación de ponderación en función del número $CO \times i$. Como la curva $1/\sqrt{CO \times i}$ representa números inferiores a 1 cuando $CO \times i > 1$, los mismos se multiplican, en este ejemplo, por una constante superior a 1, que aquí vale 5, para disponer de un suplemento de depresión suficiente.

Un suplemento de depresión no óptimo, respecto a la recta de base AB, se define así por medio de una curva MR que representa el producto de cada par de valores de las curvas M y R por cada valor de N en abscisas.

Si tomamos $CO \times i = 1$, la curva R proporciona el valor 1. La curva de necesidad media M corresponde a una depresión D_p que vale 1, en unidades arbitrarias. El producto de las dos variables anteriores por el coeficiente de multiplicación 5 proporciona, por tanto, para la curva MR, un valor de $1 \times 1 \times 5 = 5$.

Para $CO \times i = 2$, la curva de necesidad media M proporciona un valor de 2 y la curva R proporciona un valor de 0,7, por lo que obtenemos un valor de $2 \times 0,7 \times 5 = 7$.

Para $CO \times i = 10$, la curva de necesidad media M proporciona un valor de 10 y la curva R proporciona un valor de 0,32, por lo que obtenemos un valor de $10 \times 0,32 \times 5 = 16$.

Para $CO \times i = 20$, la curva de necesidad media M proporciona un valor de 20 y la curva R proporciona un valor de 0,2, por lo que obtenemos un valor de $20 \times 0,2 \times 5 = 20$.

Como la curva de necesidad media M se ha dibujado pasando por los valores 0 en abscisas y en ordenadas, a modo de simplificación para la exposición, la curva MR es una curva exactamente inversa a la curva R, es decir, una curva $(CO \times i)N^{0.5}$. Incluso en caso de que la curva de necesidad media M no pase por el origen, la curva MR tiene globalmente una forma de rama superior de parábola tumbada. El segmento en línea discontinua CMR representa una cuerda que une el punto de origen con un punto del extremo de la curva MR.

La diferencia SPq, para cada valor de caudal Q, y por tanto también de $CO \times i$, de la curva MR respecto al segmento de cuerda CMR, representa el suplemento de depresión que hay que añadir a la curva de necesidad media M, como se indica con las flechas de referencia, proporcionando así la curva de respuesta REP que pasa por los puntos

A, C, B. Se supone que el punto de abscisa máxima en la figura 6 ($CO \times i$ o $Q = 80$) corresponde al límite de necesidad, es decir, el punto B, de forma que se supone que el suplemento de depresión es nulo, igual que el decremento.

5 Por tanto, la figura 6 ilustra el efecto de la ley de los grandes números, en términos de bocas 120 abiertas. Como se ha expuesto anteriormente, para un número $CO \times i$ pequeño, por ejemplo inferior a 10, el decremento de depresión respecto a la curva óptima KM se puede reducir respecto a la exposición de la figura 6, para tener en cuenta el aplanamiento de la gaussiana anteriormente indicado, es decir, de la dispersión claramente mayor respecto a la probabilidad media en cuanto a la posición de cada boca 120 en la columna considerada.

Tabla 1

Número de bocas abiertas por segmento, total $i = 3$

Rango Nj (N estados)	Segmento aguas abajo	Segmento central	Segmento aguas arriba	Probabilidad del estado %	ΔP
“1”	3	0	0	4	1,5
“2”	2	1	0	11	2,5
“3”	2	0	1	11	3,5
“4”	1	2	0	11	3,5
“5”	1	1	1	22	4,5
“6”	0	3	0	4	4,5
“7”	1	0	2	11	5,5
“8”	0	2	1	11	5,5
“9”	0	1	2	11	6,5
“10”	0	0	3	4	7,5

REIVINDICACIONES

1. Grupo de ventilación que incluye un bloque (6, 7) de alimentación de un motor (8) de accionamiento de un ventilador (9) destinado a garantizar la circulación de aire en las bocas (120), que presentan una determinada distribución a lo largo de las columnas (11, 12), comprendiendo el bloque de alimentación (6, 7) medios de regulación (6) que incluyen circuitos (61) de entrada de señales de medida del caudal de aire (Q) del ventilador (9) dispuestos para controlar los circuitos (7) de alimentación del motor (8) a través de medios (62, 63, 64) de conversión de la medida del caudal de aire (Q) en un valor de control de potencia correspondiente a una presión de aire de configuración que debe garantizar el ventilador (9), caracterizado porque los medios de conversión (62, 63, 64) están dispuestos para, a partir de valores óptimos predeterminados de presión que corresponden a una curva óptima (KM) de respuesta presión (Dp) / caudal (Q) satisfactoria cualquiera que sea dicha distribución de las bocas (120) abiertas, asociar, a cada caudal de aire (Q) medido, una gaussiana (G1, G2, G3, G4), de riesgo de no satisfacción de la necesidad de presión (Dp), creciente cuando una presión de aire de configuración prevista disminuye por debajo del valor óptimo correspondiente, y dispuestos para fijar la presión de aire de configuración en un valor determinado según una configuración del porcentaje de riesgo de no satisfacción de la necesidad de presión, proporcionada por una integral de la gaussiana (G1, G2, G3, G4).
- 5 15 2. Grupo según la reivindicación 1, en el cual los medios de conversión (62, 63, 64) incluyen en su memoria datos de definición de un grupo (K1, K2) de al menos una curva (K2) correspondiente a un valor estándar predeterminado de dicho riesgo y están dispuestos para controlar los circuitos de alimentación (7) para que el grupo tienda a funcionar según dicha curva (K2).
- 10 20 3. Grupo según la reivindicación 2, en el cual los medios de regulación (6) incluyen medios secuenciadores dispuestos para, durante determinados períodos de tiempo programados, modificar la configuración del porcentaje de riesgo de no satisfacción de la necesidad de presión respecto a dicho valor estándar, mediante el control según una curva (K1) de dicho grupo diferente a dicha curva al menos una curva (K2).
- 15 25 4. Grupo según la reivindicación 3, en el cual los medios de regulación (6) están dispuestos para realizar dicha modificación de la configuración del porcentaje de riesgo de no satisfacción de la necesidad de presión mediante desplazamiento de una curva de respuesta en presión (REP) a lo largo de una escala de caudales (Q).
- 5 30 5. Grupo según la reivindicación 4, en el cual dicho desplazamiento se realiza restando un determinado valor al valor de medida de caudal (Q).
6. Grupo según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el cual los medios de regulación (6) incluyen una memoria con el historial del caudal (Q) medido con el tiempo y los medios de regulación (6) están dispuestos para modular la configuración del porcentaje de riesgo de no satisfacción de la necesidad de presión en función del historial.
- 35 7. Grupo según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el cual los medios de conversión (62, 63, 64) están dispuestos para que una curva de presión de aire de configuración en función del caudal (Q) tenga la forma de una rama de parábola.
- 40 8. Procedimiento de determinación de un valor de ajuste de la presión de aire de configuración del grupo de ventilación según una de las reivindicaciones 1 a 7, instalado en una instalación de ventilación que incluye un número determinado (B) de ramas (10, 20) y un número determinado (C) de columnas (11, 12, 21, 22, 23) a lo largo de las cuales se distribuye un número determinado de bocas (120), procedimiento en el cual:
- 45 a) se estima, según una medida del caudal de aire, un número de bocas (120) abiertas en la instalación,
- 40 b) se considera, a priori, que cada columna presenta un número (i) de bocas (120) abiertas proporcional a su propio número de bocas (120) y se considera también, a priori, que las bocas (120) abiertas están estadística y globalmente distribuidas igualmente en las diferentes columnas (11, 12, 21, 22, 23), es decir, que el caudal de cada columna es proporcional al número (i) de bocas (120) abiertas en la misma,
- 50 c) se determinan, para una columna determinada, todos los N estados posibles que presenta dicho número (i) de bocas (120) abiertas,
- 45 d) se estima la probabilidad de existencia de cada estado, según una ley de distribución estadística o según información de estadísticas reales, previamente obtenida mediante observación de la apertura de las bocas (120),
- 50 e) se asocia, a cada estado, una estimación de pérdida de carga compuesta (ΔP), función de la posición, para cada estado, de cada boca (120) abierta,
- f) se calcula una gaussiana (C1, C10, G1, G2, G3, G4) de probabilidades individuales de cada uno de los N estados, ordenados por pérdida de carga compuesta (ΔP) creciente,

g) se calcula una integral (C2, C20) de la gaussiana, y

h) se regula la presión de aire de forma que satisfaga estadísticamente, según dicha integral (C2, C20), la necesidad de un porcentaje de configuración de bocas (120) abiertas de la columna (11) considerada.

5. 9. Procedimiento según la reivindicación 8, en el cual las etapas b) a g) se realizan previamente a la puesta en servicio efectiva de la instalación, con almacenamiento en memoria de una pluralidad de segmentos de dichas integrales de gaussianas (G1, G2, G3, G4) para una misma pluralidad de caudales posibles.

10. Procedimiento según la reivindicación 9, en el cual dicha pluralidad (G1, G2, G3, G4) está limitada a menos de diez y la etapa h) se realiza entonces mediante interpolación entre dos integrales de gaussianas (G1, G2, G3, G4) cuyos valores asociados de caudal abarcan el valor de caudal de la etapa a).

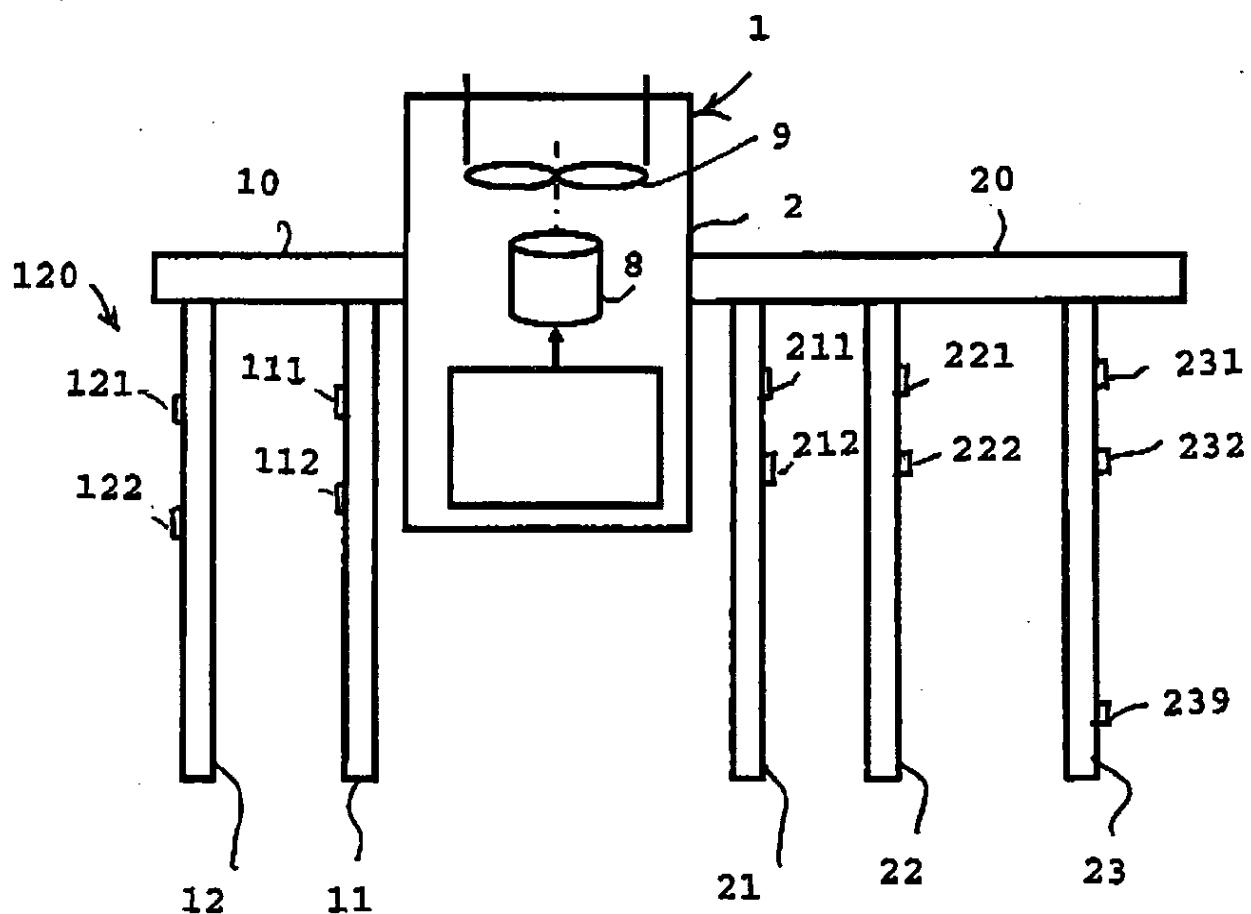


FIGURA 1

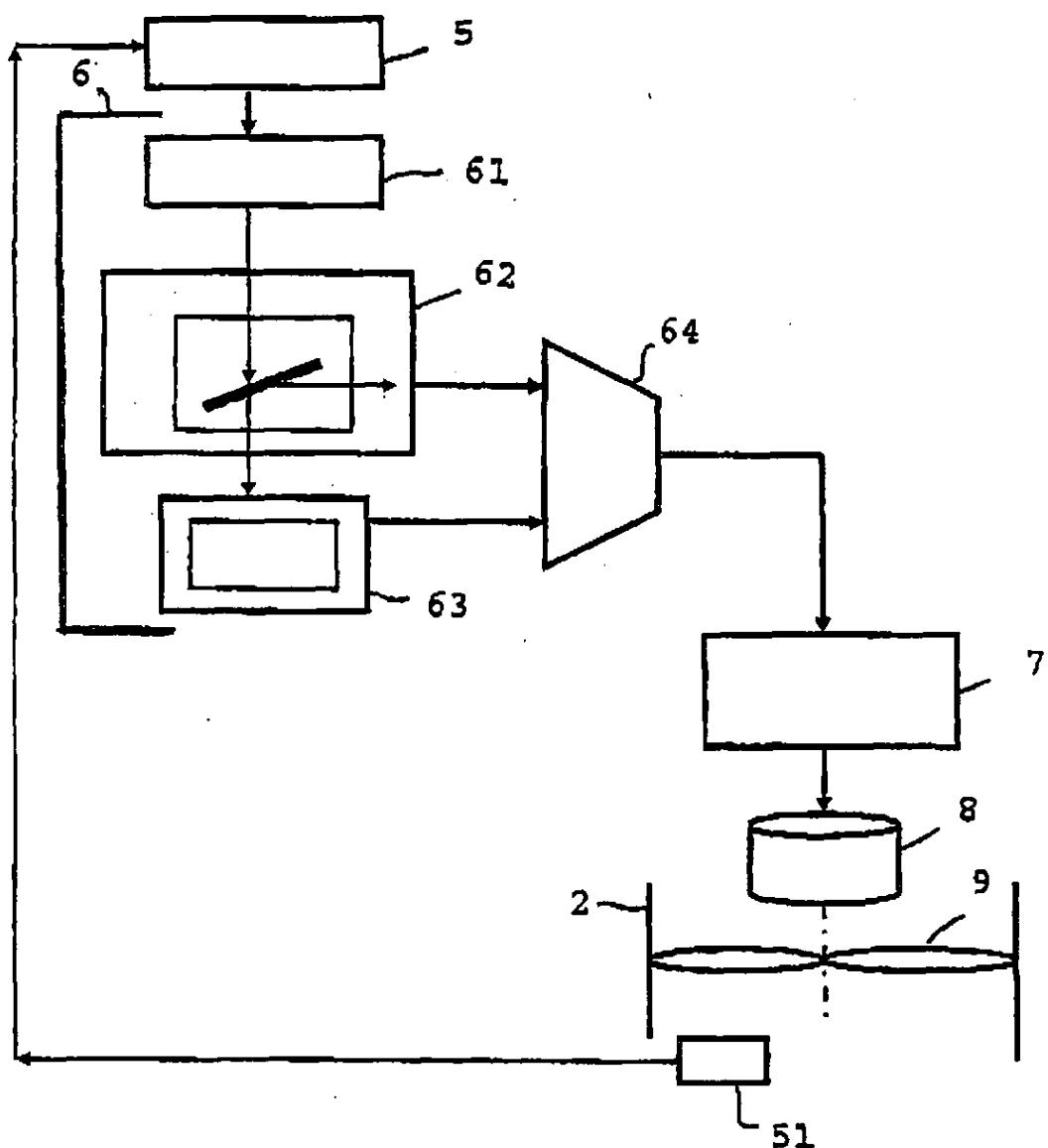


FIGURA 2

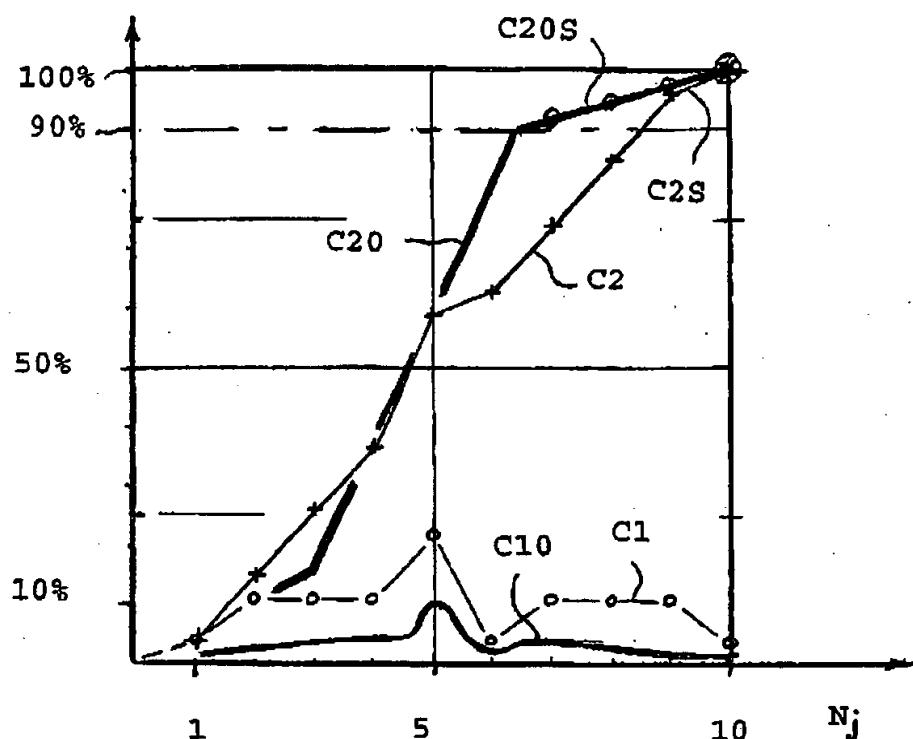


FIGURA 3

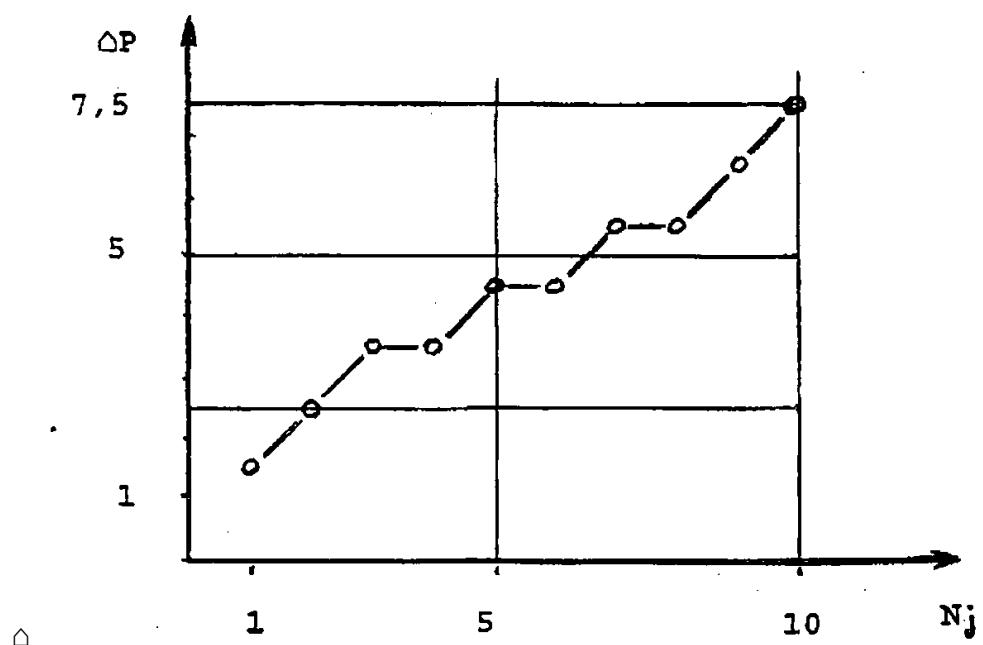


FIGURA 4

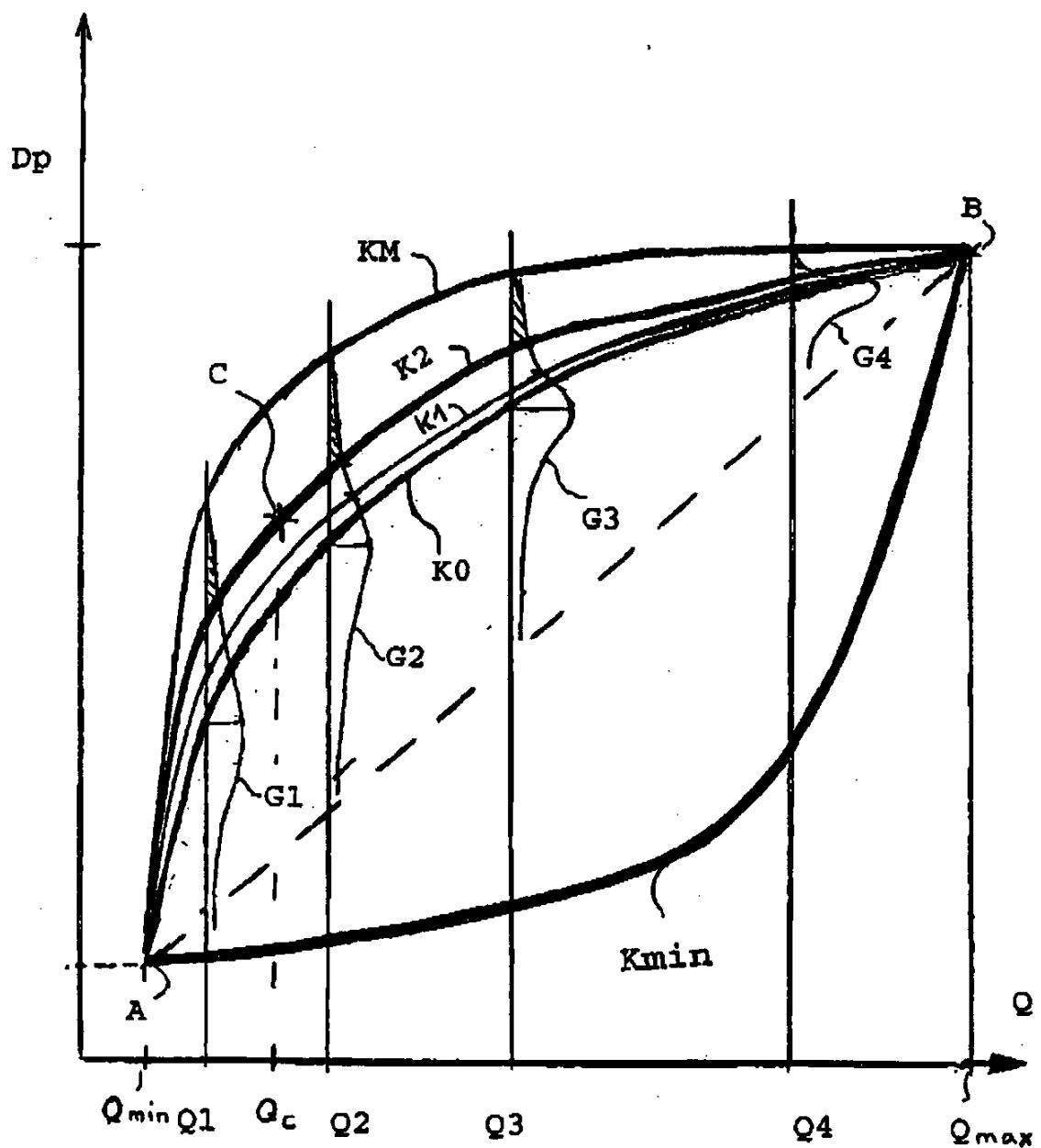


FIGURA 5

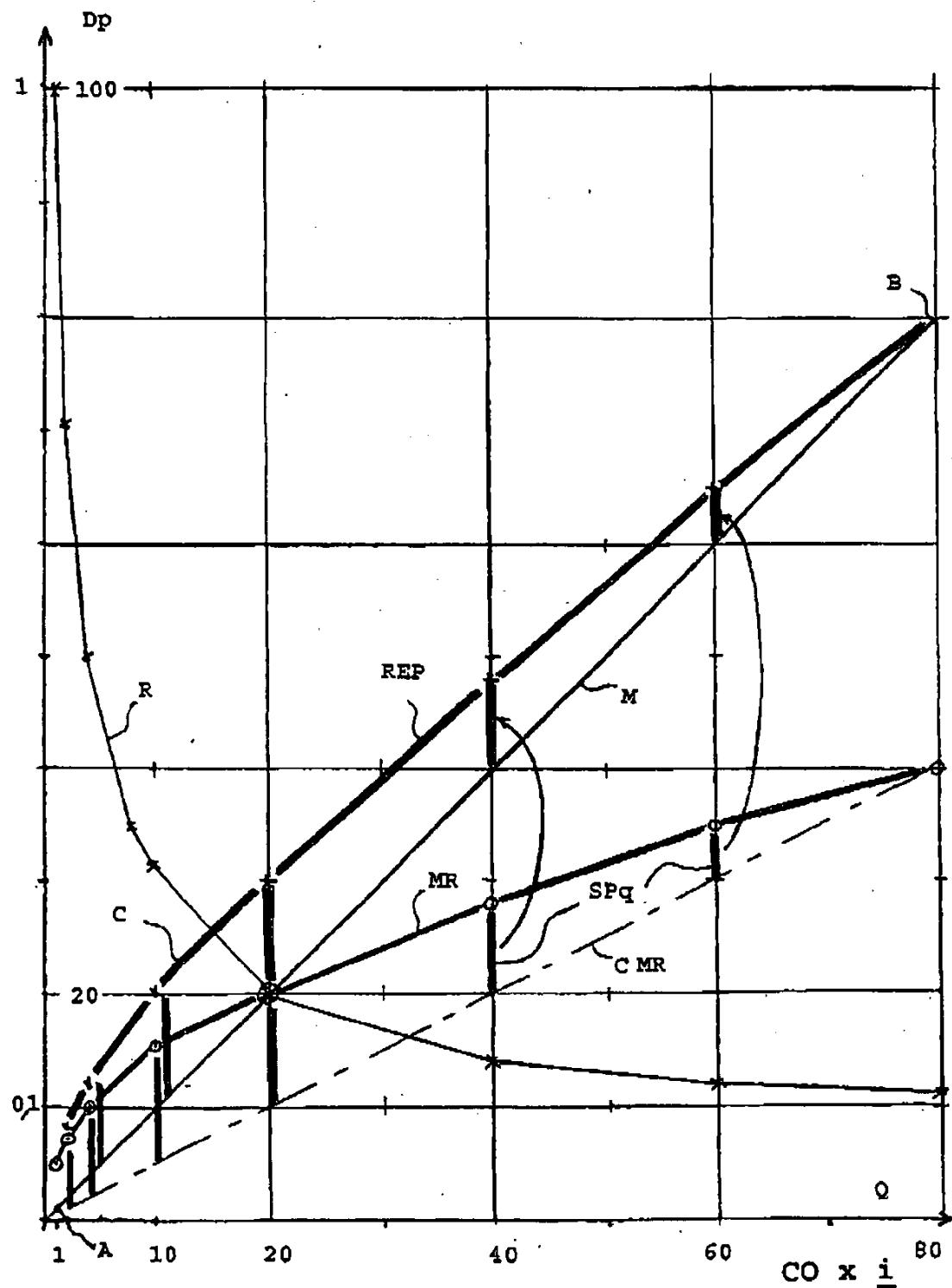


FIGURA 6