

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 686 355**

51 Int. Cl.:

**F02M 35/09** (2006.01)

**F02M 35/024** (2006.01)

**F02M 35/10** (2006.01)

**B01D 46/00** (2006.01)

**G01M 15/09** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.06.2014** **E 14174739 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.06.2018** **EP 2960484**

54 Título: **Sistema para detectar una condición del filtro de aire, en particular para motores de combustión**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**17.10.2018**

73 Titular/es:

**FPT MOTORENFORSCHUNG AG (100.0%)**  
**Schlossgasse 2**  
**9320 Arbon, CH**

72 Inventor/es:

**ECKHARDT, THOMAS**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 686 355 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

Sistema para detectar una condición del filtro de aire, en particular para motores de combustión

### Campo de la invención

5 La presente invención se refiere al campo del sistema de seguimiento del componente vehicular, y en particular, a un sistema para detectar una condición del filtro de aire.

### Descripción de la técnica anterior

Se conocen las funciones de software para detectar filtros de aire obstruidos.

10 Por lo general, la detección se realiza comparando la caída de presión sobre el filtro con cierto valor umbral máximamente permitido. Si el umbral es permanentemente superado por la caída de presión medida, se detecta un error y se tomarán las contramedidas apropiadas por la unidad de control, por ejemplo una lámpara de aviso, reducción de la potencia del motor, etc.

A veces, tal estrategia de detección no es asequible.

15 Se sabe de situaciones, dependiendo de la disposición del motor y del flujo de aire, donde la variación de la caída de presión no cambia sensiblemente de una condición óptima a una condición bastante obstruida. Por ejemplo, la caída de presión en el filtro de aire de aire podría ser de aproximadamente 10-15 mbar para un nuevo cartucho de filtro que alcanza aproximadamente 50 mbar para una condición severamente obstruida.

Además, debido a la fuerte variabilidad de la presión ambiente, de la baja presión de aproximadamente unos pocos cientos a gran altitud, a la alta presión de aproximadamente 1100 mbar a nivel del mar, estos sensores deben tener una precisión muy alta para una gran variación de presión.

20 Los sensores de presión de automóviles tienen una precisión típica del 2 % de toda la escala, es decir, aquí 20 mbar x 2 sensores, es decir, 40mbar en el peor caso. Por lo tanto, la medida de error es comparable con el cambio de caída de presión. Por lo tanto, es imposible detectar un filtro obstruido de forma fiable con este enfoque conocido.

25 El documento EP2604818 divulga un método y dispositivo para determinar la criticidad de la obstrucción de un filtro de partículas con respecto a la potencia de un motor de combustión interna. El método implica regenerar un filtro de partículas en dos duraciones diferentes. Las pérdidas de presión se determinan de acuerdo con el rendimiento de volumen de gas de escape que cruza el filtro. Una curva de la pérdida de presión se determina para el filtro de partículas mediante la fórmula de regresión lineal que incluye la pérdida de presión, el rendimiento y las constantes de regresión. Un punto de intersección de la curva de pérdida de presión se determina con una curva de carga (22) del motor, es decir, curva de plena carga. La pérdida de presión del punto de intersección se compara con un umbral de pérdida de presión. Una reivindicación independiente se incluye también para un dispositivo para determinar un estado de obstrucción de un filtro de partículas de una línea de escape de un motor de un coche.

### Sumario de la invención

35 Por lo tanto, el objeto principal de la presente invención es proporcionar un sistema para detectar una condición del filtro de aire, en particular, para motores de combustión, asequible incluso en aquellas situaciones en las que la variación de la caída de presión entre dos condiciones extremas, es decir, nuevo y obstruido, es muy limitada.

El principio principal de la invención es basar la estimación de condiciones del filtro de aire en un cálculo de regresión lineal de valores de caída de presión en el filtro de aire frente al cuadrado del flujo volumétrico de aire correspondiente que cruza el filtro de aire. Por lo tanto, el coeficiente angular de la regresión lineal se compara con uno o más umbrales a fin de reconocer dicha condición operativa del filtro de aire.

40 Es evidente que el coeficiente angular representa un valor numérico.

El primer objeto de la presente invención es un método para detectar una condición del filtro de aire, en particular, para motores de combustión.

Tal método es capaz de proporcionar una imagen fiable de la condición de obstrucción del filtro de flujo de aire del motor.

45 De acuerdo con una realización de la invención, el método también es adecuado para reconocer la retirada o

manipulación inadecuada del filtro de aire, o, como alternativa, una fuga a través del colector de admisión del motor.

Otro objeto de la presente invención es un sistema que implementa el método anteriormente mencionado.

Otro objeto de la presente invención es un motor de combustión que comprende tal sistema.

Un objeto adicional de la presente invención es un vehículo terrestre que comprende tal motor.

- 5 Estos y otros objetos se consiguen por medio de las reivindicaciones adjuntas, que describen la realización preferida de la invención, formando una parte integral de la presente descripción.

**Breve descripción de los dibujos**

10 La invención será claramente evidente a partir de la siguiente descripción detallada, proporcionada a modo de un simple ejemplo y como un ejemplo no limitativo, para ser leída con referencia a las Figuras de los dibujos adjuntos, en los que:

- la Figura 1 muestra un diagrama de bloques que describe una realización preferida del método de la presente invención,
- La Figura 2 muestra dos regresiones lineales calculadas de acuerdo con el método de la Figura 1, para dos motores de banco de pruebas diferentes.

15 Los mismos números y letras de referencia en las Figuras designan las mismas o partes funcionalmente equivalentes.

De acuerdo con la presente invención, la expresión "segundo elemento" no implica la presencia de un "primer elemento", primer, segundo, etc. solo se utilizan para mejorar la claridad de la descripción y no deben interpretarse en un sentido limitante.

20 **Descripción detallada de las realizaciones preferidas**

De acuerdo con la presente invención, la variación de la caída de presión  $\Delta p$  en el filtro de aire frente a la variación de la velocidad media del gas a través del mismo filtro es considerada. Para una geometría de filtro dada, la velocidad del gas se puede expresar también a través del flujo volumétrico de aire  $\dot{V}$ . Si bien V indica el volumen, el punto sobre el mismo símbolo indica la derivada de tiempo del volumen de aire, o simplemente el flujo de aire  $\dot{V}$ .

25 De acuerdo con la presente invención, se ha encontrado que la dependencia de la caída de presión  $\Delta p$  en el filtro de aire en el flujo volumétrico cuadrado  $\dot{V}^2$  es lineal, y los dos valores están interrelacionados a través de un factor de k:

$$\Delta p = k \cdot \dot{V}^2 \quad \text{Ec. 1}$$

30 El factor k corresponde al coeficiente angular de una regresión lineal calculada sobre dichos valores interrelacionados  $\Delta p, \dot{V}^2$ . El mismo incluye toda la información sobre el grado de pérdida por fricción a través de la restricción de flujo; aquí, o bien refleja el grado de obstrucción del filtro a través de la contaminación, o indica que un filtro no está funcionando correctamente si es menor de lo esperado para un cartucho de filtro limpio.

35 Si k es superior a un umbral predeterminado superior ThU, en concreto, cuando  $k > ThU$ : Sí, entonces el filtro de aire se reconoce como obstruido, y preferentemente un DFC (código de fallo de diagnóstico interno de la ECU) se establece después de alguna eliminación de rebotes de error. Si, por el contrario, k es menor que un umbral inferior predefinido ThL, un DFC para un cartucho de filtro posiblemente malo, o no montado correctamente o retirado o manipulado se establece, o para un sistema de suministro de aire con fugas. También en este caso, el DFC se establece preferentemente después de alguna eliminación de rebotes de error.

40 Mediante el establecimiento de  $ThL < Th1 < \dots < ThN < ThU$ ,  $n > 2$ , un número arbitrario de diferentes umbrales provisionales puede definirse, lo que permite la determinación del estado del filtro de aire con mayor resolución. Como un ejemplo, con tres umbrales diferentes ThL, Th1 y ThU, gracias al presente método es posible distinguir las siguientes condiciones:

ThL < k < Th1: filtro es reconocido como nuevo y/o en buenas condiciones;

- Th1 < k < ThU: filtro es reconocido como sucio, pero aún no peligrosamente obstruido: preferentemente se muestra un error en el salpicadero del vehículo que tiene indica que "el filtro de aire debe reemplazarse en la siguiente ocasión";
- 5 – ThU < k: filtro es reconocido como peligrosamente obstruido y debe reemplazarse inmediatamente (umbral de presión superior): preferentemente la ECU lleva el motor a un modo de recuperación, con una potencia/par/velocidad limitada;
- 10 – k < ThL: el factor k es demasiado bajo incluso para un nuevo filtro, es decir, cuando k < ThL: Sí, significa que algo está mal, no hay ningún cartucho, cartucho equivocado, fugas, etc. El motor está posiblemente aspirando aire sin filtrar; preferentemente la ECU lleva el motor a un modo de recuperación, con una potencia/par/velocidad limitada.

Además, el cambio de k dentro de un pequeño intervalo de tiempo puede explotarse para obtener información adicional. Si, en referencia al ejemplo anterior, el factor k pasa repentinamente de una de las condiciones siguientes Th1 < k < ThU o ThU < k a la condición k < ThL, tal evento se interpreta como un enfoque de manipulación: el filtro probablemente ha sido retirado para deshacerse de los errores anteriores. Por lo tanto, preferentemente, la ECU lleva el motor a un modo de recuperación, con una potencia/par/velocidad limitada.

Como enfoque alternativo, no cubierto por las reivindicaciones, k puede también servir como una medida directa para el estado o grado de obstrucción del filtro. El valor k real representa un valor porcentual entre un mínimo predefinido KMin y un máximo predefinido KMax:

$$\text{grado de obstrucción del filtro } [\%] = \frac{k - k_{Min}}{k_{Max} - k_{Min}} \cdot 100\% \quad \text{Ec. 2}$$

Este enfoque conduce a una comparación de una función de k con los umbrales de KMin y Kmax.

El grado de obstrucción del filtro determinado de forma continua se puede utilizar para aplicar contramedidas de protección, como una reducción de potencia máxima análoga, o una lógica de umbral como la descrita anteriormente.

A continuación, se muestra otro enfoque alternativo, no cubierto por las reivindicaciones, utilizando otra función de k.

Como ejemplo, se puede calcular la caída de presión máxima  $\Delta p_{max}$  en el filtro de aire, que estaría presente en el flujo de aire máximamente esperado, predefinido a través del filtro  $\dot{V}_{max}$ :

$$\Delta p_{max} = k \cdot \dot{V}_{max}^2 \quad \text{Ec. 3}$$

Tanto un enfoque de umbral como un enfoque continuo como en los ejemplos mencionados anteriormente funciona también para  $\Delta p_{max} = f(k)$ . Este enfoque es el más robusto con respecto a los otros enfoques de acuerdo con la presente divulgación. De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, la caída de presión en el filtro de aire de aire se mide de forma continua a la frecuencia de muestreo ofrecida por el controlador electrónico, por ejemplo, cada 10 ms.

La caída de presión en el filtro de aire de aire se mide, por ejemplo, medido por un sensor de presión diferencial en el filtro de aire de aire, o por una disposición de sensores de presión absoluta aguas arriba y abajo del filtro de aire. En el segundo caso, la diferencia de presión (caída) se calcula restando la presión medida absoluta después de filtro de aire (antes de un turbo cargador opcional) de un valor de la presión ambiente, adquirido por otro sensor a bordo del vehículo, por ejemplo, incrustado en la ECU.

El flujo volumétrico de aire  $\dot{V}$  a través del filtro de aire se mide ya sea directamente por medio de un dispositivo de medición apropiado en la trayectoria del flujo de aire, o se calcula por el controlador electrónico, basándose en otras mediciones físicas, como por ejemplo, presiones, temperaturas, valores de lambda, y datos predefinidos, como la geometría, por ejemplo, del motor.

Los datos originales se pueden almacenar de forma permanente dentro de la ECU para su evaluación posterior, por ejemplo, si están en un intervalo de flujo volumétrico útil. De acuerdo con una realización preferida de la invención, el

intervalo aplicable  $[\dot{V}_{\min}, \dot{V}_{\max}]$  de flujos de aire o, como alternativa,  $[\dot{V}_{\min}^2, \dot{V}_{\max}^2]$  de flujos de aire al cuadrado se subdivide en un número predefinido de intervalos adyacentes, por ejemplo, 8 del mismo tamaño, marcados a través de los índices de 0 a 7. A continuación, las parejas de valores se adquieren  $(\Delta p, \dot{V}^2)$  y se agrupan basándose en el intervalo respectivo, 0-7, al que pertenece el valor de flujo de aire y se asocian al intervalo respectivo. Para mayor comodidad, estas parejas se denominan como "pareja(s) de datos" a continuación.

Cuando un valor de flujo de aire se encuentra fuera de dicho intervalo aplicable de flujos de aire, es decir, cuando es menor o mayor que los valores min/max aplicados, respectivamente, se tiene en cuenta o registra preferentemente para distintos usos, es decir para reconocer condiciones anormales.

En el contexto de la presente invención "intervalo aplicable" significa un intervalo de flujo de aire definido por el tipo de motor de combustión considerado dentro de su intervalo de funcionamiento en condiciones normales.

El agrupamiento antes mencionado de las parejas de datos se puede registrar ventajosamente dentro de dos matrices de datos que tienen un tamaño de (al menos)  $n \times 8$ . Cuando un número mínimo aplicable de parejas de datos se ha actualizado, un cálculo de regresión lineal se realiza en para calcular el factor k:

$$k = \frac{\sum_n (\dot{V}^2 - \bar{\dot{V}}^2) \cdot (\Delta p - \bar{\Delta p})}{\sum_n (\dot{V}^2 - \bar{\dot{V}}^2)^2} \quad \text{Ec. 4}$$

donde n es el número de parejas de datos actualizadas,  $\bar{\dot{V}}^2$  y  $\bar{\Delta p}$  son, respectivamente, valores medios de los n valores de flujo de aire al cuadrado medios y de los n valores de caída de presión.

Con el fin de ahorrar memoria de almacenamiento, solo dos matrices de 1 x 8 se pueden implementar, mediante el almacenamiento, paso a paso, solo dicho  $\bar{\dot{V}}^2$  y  $\bar{\Delta p}$ .

Ventajosamente, la subdivisión del intervalo aplicable de flujos de aire en, preferentemente 8, "intervalos discretos" confiere gran solidez de alta cálculo para el método.

Sin embargo, un número diferente de intervalos puede tenerse en cuenta o una estrategia matemática diferente, conocida de por sí, que no requiere tal subdivisión de intervalos se puede implementar.

Las matrices de memoria se pueden restablecer periódicamente, por ejemplo, en cualquier desconexión del motor, y también después de cada cálculo de k de acuerdo con Ec. 4, o función de k como en Ec. 3. Después de eso, los datos se consideran como "utilizados" y se restablecen, es decir, se sobrescriben por el siguiente nuevo conjunto de datos.

Especialmente, en este último caso específico, varias pruebas se han realizado y se ha encontrado que Ec. 4 podría dar lugar a resultados poco fiables con grandes errores cuando las mediciones de flujo de aire están demasiado juntas, esto podría suceder en la aplicación específica en la que el motor está llamado a funcionar casi estacionario.

Por lo tanto, la subdivisión de intervalos antes mencionada permite inhibir el cálculo de la Ec. 4, cuando los valores adquiridos de los flujos de aire no se propagan suficientemente. Preferentemente, el método comprende una etapa de comprobar que al menos 4 - 5 de los 8 grupos asociados a los intervalos correspondientes contienen al menos una pareja de datos.

La Figura 2 muestra gráficamente ejemplos de cálculo del factor k a través de la regresión lineal antes mencionada de las parejas de datos, para los dos motores diferentes.

La Figura 1 muestra, en cambio, una realización preferida del método de la presente invención, a través de un diagrama de bloques, que comprende las siguientes etapas en sucesión:

- (v) la adquisición preliminar de valores de parejas de datos, cada uno comprendiendo un valor de caída de presión (ia) en el filtro de aire y el cuadrado del valor de flujo de aire (ib) que cruza el filtro de aire, que corresponde a dicho valor de caída de presión,
- (iii) la subdivisión de un intervalo aplicable  $[\dot{V}_{\min}, \dot{V}_{\max}]$  de flujos de aire o, como alternativa,  $[\dot{V}_{\min}^2, \dot{V}_{\max}^2]$

de los flujos de aire al cuadrado en un número predefinido de intervalos adyacentes (0 - 7), a continuación,

- (iv) la agrupación de dichos valores de parejas de datos  $\Delta p, \dot{V}^2$  basándose en el intervalo respectivo que pertenece al valor del flujo de aire  $\dot{V}$  y que se asocia con el intervalo respectivo,
  - (vi) la inhibición de cualquier cálculo adicional, hasta que al menos un número predefinido de intervalos se asocie con al menos una pareja de datos,
- 5
- (ik) el cálculo de un coeficiente angular k de una regresión lineal interpretada en dichas parejas de datos,
  - (iki) la comparación de dicho coeficiente angular con al menos un umbral, preferentemente tres umbrales ThL, Th1, ThU, que tienen la siguiente relación: ThL < Th1 < ThU y correspondientemente
  - La detección (ikii) de una de las siguientes condiciones:
- 10
- Primera condición: ThL < k < Th1: el filtro es reconocido como nuevo y/o en buenas condiciones;
  - Segunda condición: Th1 < k < ThU: el filtro es reconocido como sucio, pero aún no obstruido peligrosamente;
  - Tercera condición: ThU < k: el filtro es reconocido como peligrosamente obstruido;
  - Cuarta condición: k < ThL: el coeficiente angular k es reconocido como demasiado bajo incluso para un nuevo filtro, por lo que se reconoce una condición peligrosa severa:
- 15
- sin cartucho de filtro presente,
  - cartucho de filtro presente erróneo,
  - fugas de admisión.
- (ikiii) la detección de una quinta condición, cuando el coeficiente angular k pasa de repente de la segunda o tercera condición a la cuarta condición, lo que indica un enfoque de manipulación
- 20
- (ix) cuando dicha Segunda condición se reconoce, un mensaje de error se muestra (ix) en el salpicadero de vehículo que indica que "el filtro de aire debe reemplazarse en la siguiente ocasión" y/o
  - (x) cuando dicha tercera o cuarta o quinta condición se reconoce, un mensaje de error grave se muestra (x) en el salpicadero del vehículo y el motor se lleva a un modo de recuperación, con una potencia/par/velocidad limitada.
- 25
- La presente invención se puede implementar ventajosamente en un programa informático que comprende medios de códigos de programa para realizar una o más etapas de dicho método, cuando dicho programa se ejecuta en un ordenador. Por esta razón, la patente también debe cubrir dicho programa informático y el medio legible por ordenador que comprende un mensaje grabado, comprendiendo tal medio legible por ordenador los medios de códigos de programa para realizar una o más etapas de dicho método, cuando dicho programa se ejecuta en un ordenador.
- 30
- Muchos cambios, modificaciones, variaciones y otros usos y aplicaciones de la presente invención serán evidentes para los expertos en la materia después de considerar la memoria descriptiva y los dibujos adjuntos que divulgan las realizaciones preferidas de la misma. Todos tales cambios, modificaciones, variaciones y otros usos y aplicaciones que no se apartan del alcance de la invención se consideran cubiertos por la presente invención.
- 35
- No se describirán adicionalmente detalles de implementación, puesto que el hombre experto en la materia es capaz de realizar la invención a partir de la enseñanza de la descripción anterior.

**REIVINDICACIONES**

1. Método para detectar una condición del filtro de aire, en particular, para motores de combustión, que comprende las siguientes etapas

– (ik) cálculo de una regresión lineal sobre los valores de parejas de datos, comprendiendo cada uno

- 5 • valor de caída de presión (ia) en el filtro de aire
- cuadrado del valor de flujo de aire (ib) que cruza el filtro de aire, que corresponde a dicho valor de caída de presión,

con el fin de obtener un coeficiente angular (k) de la regresión lineal,

10 – (iki) comparación de dicho coeficiente angular con al menos un umbral (ThL, Th1, ThU) con el fin de detectar (ikii) una condición operativa del filtro de aire.

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que, cuando (iki) dicho coeficiente angular (k) excede un umbral más alto (ThU) ( $k > ThU$ : Sí), el filtro de aire se reconoce (ikii) como obstruido.

15 3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 1 o 2, en el que, cuando (iki) dicho coeficiente angular (k) es menor que un umbral inferior (ThL) ( $k < ThL$ : Sí), el filtro de aire se reconoce (ikii) como manipulado o ausente o el tubo de admisión se reconoce como teniendo fugas.

4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que (iki) dicho coeficiente angular (k) se compara con al menos tres umbrales  $ThL < Th1 < ThU$  con el fin de detectar una de las siguientes, al menos cuatro condiciones:

- 20 • Primera condición:  $ThL < k < Th1$ : el filtro es reconocido como nuevo y/o en buenas condiciones;
- Segunda condición:  $Th1 < k < ThU$ : el filtro es reconocido como sucio, pero aún no obstruido peligrosamente;
- Tercera condición:  $ThU < k$ : el filtro es reconocido como peligrosamente obstruido;
- Cuarta condición:  $k < ThL$ : el coeficiente angular k es reconocido como demasiado bajo incluso para un nuevo filtro, por lo que se reconoce una condición peligrosa severa:

- 25 • no hay un cartucho de filtro presente,
- cartucho de filtro presente erróneo,
- fugas de admisión.

5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, que comprende una etapa de detección (ikiii) de una quinta condición, cuando dicho coeficiente angular (k) pasa de repente de dicha segunda o tercera condición a la cuarta condición, lo que indica un enfoque de manipulación.

30 6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 o 5, en el que, cuando se detecta dicha cuarta o quinta condición, el método comprende una etapa adicional (x) en la que el motor se lleva a un modo de recuperación, con una potencia/par/velocidad limitada.

7. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho valor de la caída de presión se adquiere (v) por un sensor de presión diferencial o restando

- 35 – una primera presión absoluta medida, medida por medio de un primer sensor de presión absoluta dispuesto aguas abajo del filtro de aire de acuerdo con la dirección del flujo de aire, de
- una presión absoluta segunda medida, medida por medio de un segundo sensor de presión absoluta dispuesto en el entorno.

8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que un intervalo aplicable  $[V_{min}, V_{max}]$  de flujos de aire se subdivide (iii) en un número predefinido de intervalos adyacentes (0 - 7), a continuación, dichos valores de parejas de datos  $\Delta p, V^2$  se agrupan (iv) basándose en el intervalo respectivo que pertenece al valor del flujo de aire  $V$  y se asocian con el intervalo respectivo,

y en el que dicho coeficiente angular k se calcula (ik) por medio de la siguiente fórmula

$$k = \frac{\sum_n (\dot{V}^2 - \bar{V}^2) \cdot (\Delta p - \bar{\Delta p})}{\sum_n (\dot{V}^2 - \bar{V}^2)^2} \quad \text{Ec. 2}$$

donde n es el número de dichas parejas de datos,  $\bar{V}^2$  y  $\bar{\Delta p}$  son, respectivamente, valores medios de los n valores de flujo de aire considerados y de los n valores de caída de presión.

9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende además una etapa preliminar (v) de adquisición de dichas parejas de datos  $\bar{V}^2$ ,  $\bar{\Delta p}$  y una etapa posterior de inhibición (vi) de dicho cálculo de regresión lineal, hasta que al menos un número predefinido de intervalos se asocia con al menos una pareja de datos.
10. Aparato para detectar una condición del filtro de aire, en particular para motores de combustión, que comprende
- medios para la adquisición de (v) un valor de caída de presión en el filtro de aire de aire,
  - medios para la adquisición de (v) un valor de flujo de aire que cruza el filtro de aire, que corresponde a dicho valor de caída de presión
  - medios de elaboración (ECU) adaptados para realizar todas las etapas (ik - ikiii, x, iii, iv, v, vi) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 9.
11. Programa informático que comprende código de programa informático adaptado para realizar todas las etapas (ik - ikiii, x, iii, iv, v, vi) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, cuando dicho programa se ejecuta en un ordenador.
12. Un medio legible por ordenador que tiene un programa registrado en el mismo, comprendiendo dicho medio legible por ordenador medios de código de programa informático adaptados para realizar todas las etapas (ik-v, vi) ikiii, x, iii, iv, de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, cuando dicho programa se ejecuta en un ordenador.
13. Motor de combustión que comprende un filtro de aire y un aparato para detectar sus condiciones operativas de acuerdo con la reivindicación 10.
14. Vehículo terrestre que comprende un motor de combustión de acuerdo con la reivindicación 13.

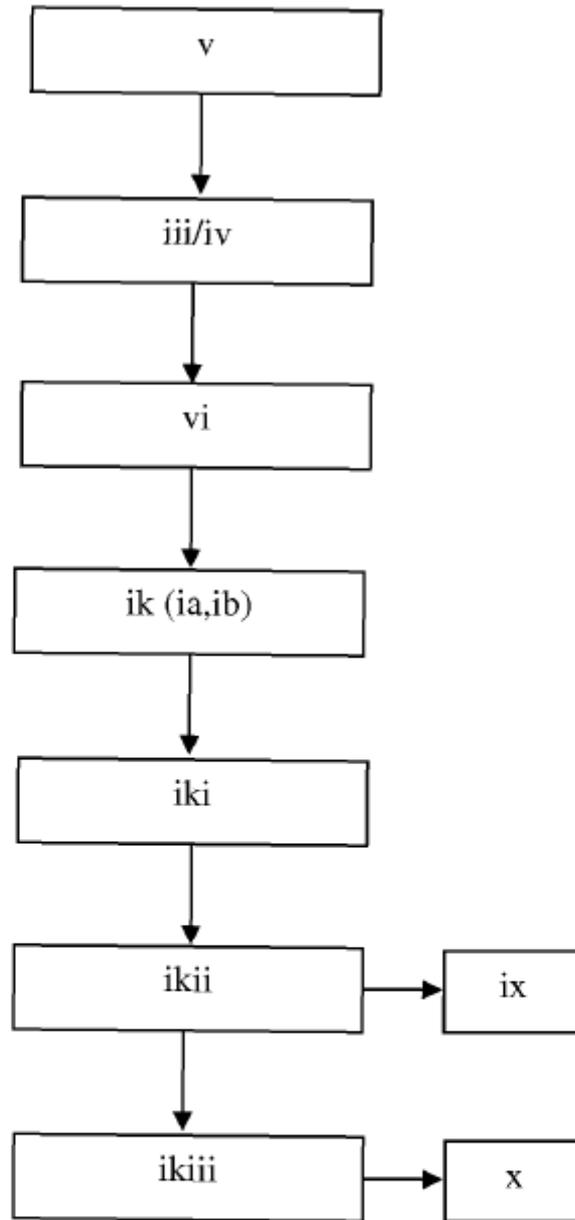


Fig. 1

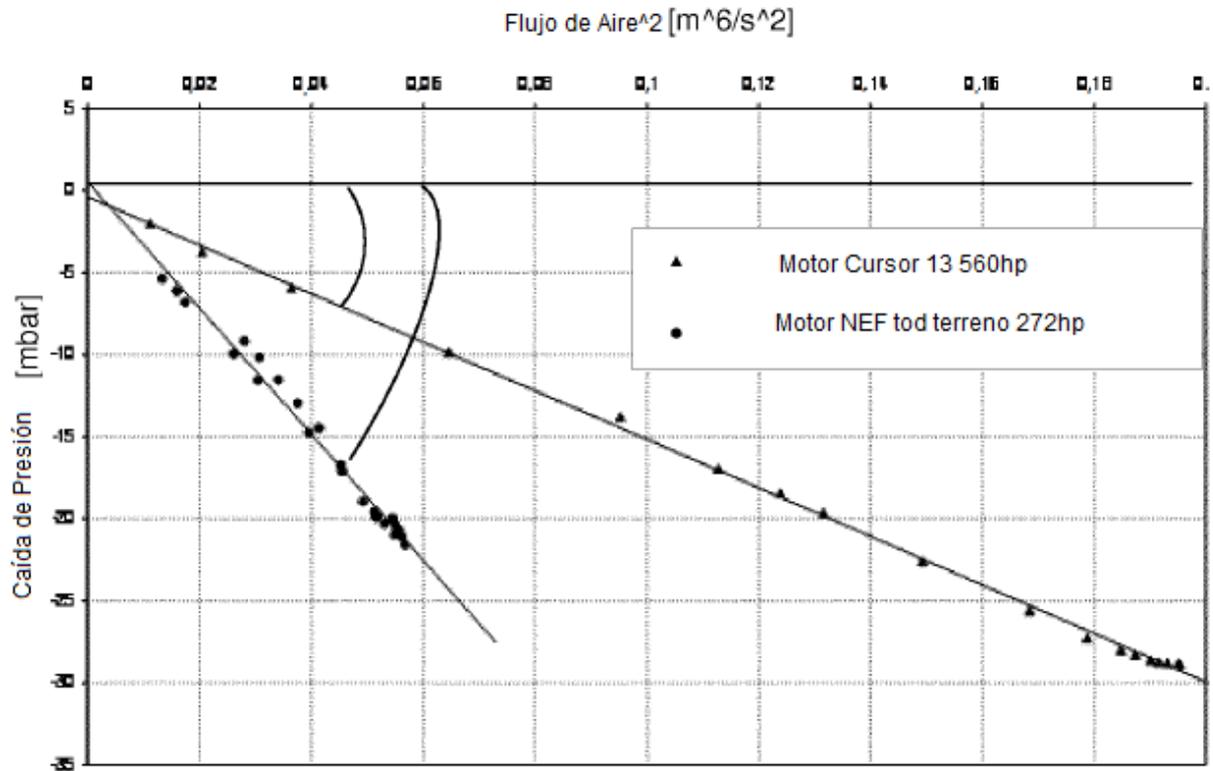


Fig. 2