

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 783 374**

51 Int. Cl.:

**B60T 8/172** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.12.2016 PCT/EP2016/002121**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.06.2017 WO17102086**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2016 E 16816197 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.01.2020 EP 3206924**

54 Título: **Estimación de rigidez de neumático y estimación de fricción de carretera**

30 Prioridad:

**18.12.2015 DE 102015016507**

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

**17.09.2020**

73 Titular/es:

**NIRA DYNAMICS AB (100.0%)  
Wallenbergs gata 4  
58330 Linköping, SE**

72 Inventor/es:

**SVANTESSON, THOMAS y  
MYKLEBUST, ANDREAS**

74 Agente/Representante:

**SUGRAÑES MOLINÉ, Pedro**

**ES 2 783 374 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**

Estimación de rigidez de neumático y estimación de fricción de carretera

**5 Campo técnico**

La divulgación de la presente invención se refiere en general al área de la estimación de la fricción entre un neumático y la superficie de una carretera y al área de la estimación de las propiedades de los neumáticos en los vehículos de ruedas. En particular, se refiere a procedimientos, sistemas y productos de programas informáticos de estimación de la rigidez de neumático o de fricción de carretera.

**Antecedentes de la invención**

La fricción de carretera puede variar de forma abrupta, por ejemplo, de tramos de carretera helados a secos o mojados. Estos cambios suponen un desafío importante para los conductores y su seguridad y comodidad. Desde un punto de vista técnico, la cuantificación fiable de la fricción de carretera resulta crucial para poder implementar sistemas de control de vehículos tales como el sistema antibloqueo de frenos (ABS, por sus siglas en inglés). El conocimiento del potencial de fricción disponible se puede utilizar, por ejemplo, para optimizar la distancia de frenado cuando es necesario realizar un frenado con ABS. De manera adicional o alternativa, la fricción puede ser utilizada por uno o más de una variedad de sistemas, incluyendo la conducción autónoma, el control de cruceo adaptativo, la detección de carreteras resbaladizas y la conducción conectada.

Los enfoques conocidos para la estimación o el cálculo de la fricción de carretera incluyen enfoques basados en el deslizamiento, el sonido, la deformación de la banda de rodadura del neumático, la rugosidad de la carretera y la detección de lubricantes. En particular, los enfoques basados en el deslizamiento a menudo tienen en cuenta la rigidez de neumático estimada, lo que puede servir para aumentar la precisión de la estimación.

La solicitud de patente de Estados Unidos n.º 2015/0284006 A1 divulga un análisis comparativo entre una rigidez basada en un modelo y una rigidez real y deduce un factor relativo a la fricción directamente en bucle abierto.

Sin embargo, los enfoques de bucle abierto normalmente dependen de la identificación de los neumáticos, por ejemplo, mediante etiquetas RFID, para determinar la rigidez. Las características de los neumáticos pueden variar de diversas maneras a lo largo de su vida útil, o incluso durante su funcionamiento, debido a variaciones, por ejemplo, en los tipos de neumáticos (neumáticos de invierno, de verano, de rendimiento ultra alto), a las condiciones de almacenamiento (temperatura, presión), a las condiciones de funcionamiento (temperatura, presión, desgaste, carga) o a la edad. Los enfoques de bucle abierto por lo general no son capaces de calibrar de manera fiable o de conocer las características de los neumáticos durante el funcionamiento. Además, los enfoques de bucle abierto no suelen producir una medida de incertidumbre, es decir, de la fiabilidad de sus estimaciones.

El documento US 2006/0253243 A1 se refiere a un sistema y a un procedimiento de estimación de la fricción de neumático/carretera. En particular, divulga el uso de una relación entre los parámetros de la fuerza del neumático y el deslizamiento del neumático con una actualización de diferentes parámetros sobre la base de la relación fuerza-deslizamiento.

Con el fin de superar las limitaciones de los enfoques conocidos, en particular del tipo mencionado anteriormente, un objeto de la presente invención es proporcionar una solución para estimar al menos uno de entre la fricción de carretera y la rigidez de neumático en bucle cerrado.

**Sumario de la invención**

Se divulgan procedimientos, productos de programas informáticos y aparatos para determinar al menos uno de entre un potencial de fricción y una rigidez de neumático de una rueda de un vehículo.

En general, la invención utiliza valores relativos al deslizamiento. Los valores relativos al deslizamiento incluyen uno o más de los siguientes: deslizamiento, pendiente de la fuerza de tracción frente a curva de deslizamiento y el recíproco de dicho pendiente. En lo sucesivo, cualquier curva que muestre fuerzas de tracción normalizadas frente al deslizamiento se denomina "curva de deslizamiento".

Los valores relativos al deslizamiento son proporcionados por al menos un sensor de vehículo comprendido por el vehículo, por ejemplo, sensores de velocidad de las ruedas, sensores de velocidad absoluta, sensores de radar, sensores ópticos o infrarrojos, GPS, acelerómetros, sensores de velocidad angular, sensores de ángulo de volante o sensores de ángulo de ruedas individuales. En particular, los valores relativos al deslizamiento pueden proporcionarse en forma de series cronológicas.

El deslizamiento generalmente se puede definir como una diferencia normalizada entre una velocidad de rotación de una rueda y una velocidad longitudinal del vehículo. En los vehículos con tracción delantera o trasera, las ruedas sin

tracción pueden servir como referencia(s) de velocidad. Además, los expertos conocen modelos que permiten determinar el deslizamiento en vehículos con tracción en todas las ruedas. Los procedimientos actuales no están restringidos a los valores de deslizamiento obtenidos a partir de un procedimiento o modelo particular.

- 5 En general, un procedimiento de acuerdo con la invención comprende el cálculo de un primer valor relativo a la fricción, la estimación de un segundo valor relativo a la rigidez de neumático y la retroalimentación del segundo valor relativo a la rigidez de neumático.

10 El cálculo de un primer valor relativo a la fricción se basa en un primer valor relativo al deslizamiento y un primer valor relativo a la rigidez de neumático.

15 La estimación de un segundo valor relativo a la rigidez de neumático se basa en el primer valor relativo al deslizamiento, el primer valor relativo a la fricción calculado y un segundo valor relativo a la fricción. El segundo valor relativo a la fricción puede incluir uno o más de los siguientes: una fuerza de tracción o fuerza de tracción normalizada, un par de torsión de rueda aplicado, una aceleración longitudinal o lateral utilizada, o una combinación de ambas, una presión de frenado utilizada, una fricción utilizada durante un frenado con ABS, una fricción utilizada cuando el sistema de control de tracción (TCS, por sus siglas en inglés) está activado o el potencial de fricción actual proporcionado como datos disponibles a través de la conectividad de vehículo. Se entiende que la expresión "conectividad de vehículo" abarca cualquier comunicación con entidades externas al vehículo, tal como la comunicación de vehículo a vehículo o de vehículo a infraestructura. Por ejemplo, al utilizar los datos proporcionados a través de la conectividad de vehículo, sería suficiente con que un vehículo tuviera un modelo de neumático calibrado y transmitiera su valor relativo a la fricción a otros vehículos de una flota (directamente o a través de una entidad intermedia, tal como un servidor o un servicio en la nube). Los demás vehículos de la flota podrían calibrar sus modelos de neumáticos de manera instantánea sobre la base del valor relativo a la fricción transmitido.

25 De acuerdo con la invención, el segundo valor relativo a la rigidez de neumático es retroalimentado como base para el cálculo de un tercer valor relativo a la fricción. En lo sucesivo, se entiende que el término "retroalimentado" implica que la salida de la retroalimentación está destinada a servir de entrada o de base para un cálculo o una estimación en un momento posterior, en particular durante una posterior iteración de un bucle. El cálculo o la estimación en un momento posterior puede o no formar parte del procedimiento tal como se divulga en el presente documento.

30 El segundo valor relativo a la rigidez de neumático se basa en la primera rigidez de neumático estimada. En particular, puede o no ser idéntico a la rigidez de neumático (estimada) en la que se basa.

35 Por consiguiente, en algunas realizaciones, las etapas del procedimiento de acuerdo con la invención pueden llevarse a cabo de forma repetida, es decir, iterativamente, en bucle cerrado. En tales casos, en cada iteración, los valores primero y segundo se sustituyen por valores segundo y tercero, etc.

40 En algunas realizaciones, las etapas de cálculo de un valor relativo a la fricción y de estimación de un valor relativo a la rigidez de neumático pueden llevarse a cabo en orden inverso en comparación con el anterior. En tales casos, el procedimiento comprende las etapas de: (i) estimación de una primera rigidez de neumático sobre la base de un primer valor relativo al deslizamiento y un primer valor relativo a la fricción, (ii) cálculo de un segundo valor relativo a la fricción sobre la base del primer valor relativo al deslizamiento, del primer valor relativo a la rigidez de neumático estimado y de un segundo valor relativo a la rigidez, y (iii) retroalimentación del segundo valor relativo a la fricción calculado como base para la estimación de una tercera rigidez de neumático.

45 En algunas realizaciones, se puede calcular un tercer valor relativo a la fricción sobre la base de un segundo valor relativo al deslizamiento y del segundo valor relativo a la rigidez de neumático retroalimentado.

50 En algunas realizaciones, se puede estimar un tercer valor relativo a la rigidez de neumático sobre la base de un segundo valor relativo al deslizamiento y del segundo valor relativo a la fricción retroalimentado.

55 Preferiblemente, se puede computar una medida de incertidumbre de fricción, que es indicativa de la incertidumbre de al menos uno de entre el primer valor relativo a la fricción y el segundo valor relativo a la fricción u otro valor relativo a la fricción.

60 Preferiblemente, se puede computar una medida de incertidumbre de rigidez, que es indicativa de la incertidumbre de al menos uno de entre el primer valor relativo a la rigidez de neumático y el segundo valor relativo a la rigidez de neumático u otro valor relativo a la rigidez de neumático.

65 En algunas realizaciones, se puede estimar un factor de corrección de rigidez en un bucle de alimentación hacia delante. En este caso, el primer valor relativo a la rigidez de neumático también puede basarse en el factor de corrección de rigidez.

65 Por ejemplo, la estimación del factor de corrección de rigidez puede basarse en al menos uno de los siguientes:

- una presión del neumático
- una temperatura del neumático,
- una temperatura ambiente,
- una altura de eje,
- 5 - una presión de suspensión,
- una altura de suspensión.

En algunas realizaciones, la estimación también puede basarse en al menos uno de los siguientes:

- 10 - un tipo de neumático, introducido manualmente a través de una interfaz hombre-máquina
- un potencial de fricción estimado de un frenado con ABS,
- un potencial de fricción estimado de un evento de TCS,
- un potencial de fricción estimado recibido a partir de una conectividad de vehículo,
- una fuerza de tracción normalizada sobre la rueda,
- 15 - un valor relativo a la fricción,
- un par de torsión aplicado a la rueda,
- una aceleración longitudinal
- una aceleración lateral
- una presión de frenado
- 20 - una velocidad de guiñada,
- una velocidad de rueda,
- una velocidad de vehículo
- un ángulo de volante,
- un ángulo de rueda,
- 25 - una presión de neumático,
- una temperatura de neumático
- una temperatura ambiente,
- una altura de eje,
- una presión de suspensión,
- 30 - una altura de suspensión,
- un registro de bandera de control.

Ejemplos de banderas del registro de banderas de control incluyen indicaciones de si un control ESC está en curso, un frenado con ABS está en curso, un TCS está en curso, un frenado está en curso, un cambio de marcha está en curso, el pedal del embrague está activado, una marcha atrás está activada, un remolque está conectado o un control de crucero está activado.

Además, se divulga un producto de programa informático, que incluye un código de programa configurado para, cuando se ejecuta en un dispositivo informático, llevar a cabo las etapas de uno de los procedimientos divulgados.

Por último, se divulga un aparato que comprende una unidad de procesamiento. La unidad de procesamiento está configurada para realizar las etapas de uno de los procedimientos tal como se divulga en el presente documento.

De acuerdo con la invención, la unidad de procesamiento está configurada para calcular un primer valor relativo a la fricción sobre la base de un primer valor relativo al deslizamiento y de un primer valor relativo a la rigidez de neumático, para estimar un segundo valor relativo a la rigidez de neumático sobre la base del primer valor relativo al deslizamiento, del primer valor relativo a la fricción calculado y del segundo valor relativo a la fricción y para retroalimentar el segundo valor relativo a la rigidez de neumático estimado como base para el cálculo de un tercer valor relativo a la fricción.

De manera alternativa o adicional, la unidad de procesamiento está configurada para estimar un primer valor relativo a la rigidez de neumático sobre la base de un primer valor relativo al deslizamiento y de un primer valor relativo a la fricción, para calcular un segundo valor relativo a la fricción sobre la base del primer valor relativo al deslizamiento, del primer valor relativo a la rigidez de neumático estimado y del segundo valor relativo a la rigidez y para retroalimentar el segundo valor relativo a la fricción calculado como base para la estimación de un tercer valor de rigidez de neumático.

### Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un gráfico que representa las fuerzas de tracción típicas (normalizadas) en función del deslizamiento para una variedad de superficies de carretera con diferentes potenciales de fricción.

La Figura 2 es un diagrama de flujo de un procedimiento de acuerdo con realizaciones.

La Figura 3 es un diagrama de flujo de un procedimiento de acuerdo con realizaciones.

La Figura 4 es un diagrama de flujo de un procedimiento de acuerdo con realizaciones.

La Figura 5 es un diagrama de flujo de un procedimiento de acuerdo con realizaciones.

5 La Figura 6 es un diagrama de flujo de un procedimiento de acuerdo con realizaciones.

La Figura 7 es un diagrama de caja de un aparato de acuerdo con realizaciones.

**Descripción detallada de realizaciones preferidas**

10 Tal como se ha mencionado anteriormente, cualquier curva que muestre fuerzas de tracción normalizadas frente al deslizamiento se denomina "curva de deslizamiento". El potencial de fricción generalmente se define como el máximo de una curva de deslizamiento y depende de diversas variables, tales como las características de la superficie de carretera y de los neumáticos y las condiciones de funcionamiento (presión, temperatura, carga vertical, desgaste, etc.).

15 La Figura 1 ilustra la dependencia del potencial de fricción de la superficie de carretera. Se ejemplifica la relación entre la fuerza de tracción normalizada y el deslizamiento longitudinal para tres superficies de carretera, a saber, sobre hielo, grava y asfalto. Tal como se muestra, el potencial de fricción sobre asfalto es generalmente mayor que sobre grava, mientras que el potencial de fricción sobre grava es mayor que sobre hielo. Se entiende que en la Figura 1, así como en el resto de la presente divulgación, todas las cantidades y los valores (en particular, el deslizamiento) se refieren a la dirección longitudinal, a menos que se indique lo contrario. Una curva de deslizamiento puede dividirse en múltiples regiones, incluyendo una porción aproximadamente lineal alrededor del origen, por ejemplo, de -10 % a +10 % de deslizamiento en la Figura 1.

20 En lo sucesivo, se entiende que la expresión "pendiente de deslizamiento" se refiere a la pendiente de la porción lineal de la curva de deslizamiento. Una pendiente de deslizamiento es un ejemplo preferido de un valor relativo al deslizamiento y puede utilizarse en consecuencia en los procedimientos descritos en el presente documento.

25 Los valores relativos a la fricción primero y segundo pueden expresarse específicamente, pero no exclusivamente, como valores de fricción utilizados, es decir, la ordenada de un punto sobre la curva de deslizamiento, tal como se ha mencionado anteriormente.

30 Sobre la base de una pendiente de deslizamiento y de una fricción utilizada, un experto en la materia dispone de una multitud de procedimientos de estimación de al menos un límite inferior del potencial de fricción actual. Los procedimientos descritos a continuación proporcionan formas de determinar con mayor precisión y fiabilidad el potencial de fricción.

35 La Figura 2 representa un diagrama de flujo de una realización de un procedimiento de determinación de un potencial de fricción de una rueda de un vehículo de acuerdo con la presente invención.

40 El procedimiento 20 utiliza como entradas un primer valor relativo al deslizamiento, a saber, una primera pendiente de deslizamiento  $k_1$ , y un primer valor relativo a la rigidez de neumático  $C_1$ . La primera pendiente de deslizamiento  $k_1$  se obtiene de al menos un sensor de vehículo para proporcionar valores relativos al deslizamiento.

45 En una primera etapa 22, el procedimiento 20 calcula un primer valor relativo a la fricción  $\mu_1$  sobre la base de la primera pendiente de deslizamiento  $k_1$  y del primer valor relativo a la rigidez de neumático  $C_1$ .

$$\mu_1 = f(C_1, k_1)$$

50 donde la función  $f$  puede ser un modelo de neumático a medida conocido por el experto en la materia, tal como por ejemplo un modelo de neumático Brush.

55 Además, se estima una segunda rigidez de neumático  $C_2$  (etapa 24) sobre la base de la primera pendiente de deslizamiento  $k_1$  y de un segundo valor relativo a la fricción  $\mu_2$ .

$$C_2 = g(\mu_1, \mu_2)$$

60 La segunda rigidez de neumático  $C_2$  se retroalimenta, es decir, se utiliza como entrada para un cálculo en un momento posterior. La rigidez de neumático retroalimentada puede estar destinada a servir de base para el cálculo de un tercer valor relativo a la fricción  $\mu_3$ .

Tal como se ilustra, las etapas 22, 24 y 26 se llevan a cabo en bucle cerrado. En cada iteración, los valores primero y segundo se sustituyen por valores segundo y tercero, etc. La iteración permite obtener una serie cronológica de

valores de pendiente de deslizamiento desde el al menos un sensor de vehículo y perfeccionar la determinación de la estimación de rigidez mediante un modelo adaptativo. En cada iteración, el valor más reciente de la pendiente de deslizamiento y la estimación de la rigidez de neumático retroalimentada se utilizan para calcular un valor de fricción más preciso. Por lo tanto, utilizando el modelo adaptativo divulgado en el presente documento, el efecto de la actual rigidez real de neumático y los cambios en la misma pueden explicarse antes y durante la determinación del potencial de fricción.

En algunas realizaciones, además o como alternativa a la rigidez de neumático estimada, se retroalimenta un segundo valor relativo a la fricción.

La Figura 3 es un diagrama de flujo de una realización adicional de un procedimiento. El procedimiento 30 comienza con la obtención (etapa 32) de una primera pendiente de deslizamiento, que es un valor relativo al deslizamiento. Sobre la base de esta pendiente de deslizamiento, se calcula un valor de fricción (etapa 34). Se estima una rigidez de neumático (etapa 36), en el que la estimación utiliza como base la pendiente de deslizamiento obtenida y un segundo valor relativo a la fricción.

Una vez que se obtiene un nuevo (segundo) valor de pendiente de deslizamiento (etapa 38), el procedimiento 30 continúa con la actualización (etapa 39) de la fricción calculada y/o de la estimación de la rigidez de neumático sobre la base al menos de la nueva pendiente de deslizamiento. En otras palabras, la rigidez de neumático previamente estimada se utiliza como entrada para este cálculo de manera retroalimentada.

La Figura 4 es un diagrama de flujo de un procedimiento de acuerdo con una realización. La realización representada es en general similar a la realización de la Figura 2. Además, la realización de la Figura 4 comprende el cálculo de una medida de incertidumbre de fricción, indicativa de la incertidumbre del valor relativo a la fricción.

Sobre la base de la rigidez de neumático estimada  $C$  y de una covarianza  $\sigma_k^2$  del valor relativo al deslizamiento, se computa una medida de incertidumbre de fricción  $\sigma_\mu$  (etapa 48)

$$\sigma_\mu = h(C, \sigma_k^2, \sigma_{corr}^2, T).$$

Si el valor relativo al deslizamiento es una pendiente de deslizamiento, entonces puede proporcionarse la covarianza del valor relativo al deslizamiento mediante un filtro de Kalman utilizado para estimar la pendiente de deslizamiento. La medida de incertidumbre y su evolución temporal permiten evaluar cuándo el modelo de neumático adaptativo ha alcanzado un cierto nivel deseado de fiabilidad. Además, no se puede confiar en el potencial de fricción estimado

antes de que se haya adaptado adecuadamente el modelo de neumático, lo que significa que la retroalimentación itera un número suficiente de veces. Por lo tanto,  $\sigma_{corr}^2$  presenta un valor alto antes de que se haya producido cualquier adaptación del modelo en el bucle de retroalimentación. Cuando el modelo se ha adaptado,  $\sigma_{corr}^2$  presenta un valor bajo o un valor cero dependiendo de la calidad y del número de iteraciones de retroalimentación. Solo una vez que se ha alcanzado un cierto nivel o una cierta fiabilidad, la fricción determinada puede ser transferida a otro(s) sistema(s), por ejemplo, un sistema ABS, para su posterior procesamiento. Además, la incertidumbre también puede ser una función de una temperatura  $T$ , tal como al menos una de entre la temperatura ambiente, la temperatura de la cavidad del neumático y la temperatura del revestimiento interior. Por ejemplo, la rigidez de neumático puede depender en gran medida de la temperatura alrededor del punto de congelación del agua. Esta dependencia de la temperatura puede variar para diferentes tipos de neumáticos (de verano, de invierno, de todas las estaciones, de rendimiento ultra alto, etc.).

La Figura 5 es un diagrama de flujo de un procedimiento de acuerdo con una realización. La realización representada es, en general, similar a la realización de la Figura 2. Sin embargo, en comparación con la realización de la Figura 2, se invierte el orden de estimación de la rigidez de neumático y de cálculo de un valor relativo a la fricción. En primer lugar, se estima la rigidez de neumático (etapa 52) sobre la base de un valor relativo al deslizamiento y un valor relativo a la fricción obtenidos. En segundo lugar, se calcula un segundo valor relativo a la fricción (etapa 54) sobre la base de la rigidez de neumático estimada y del valor relativo al deslizamiento obtenido. La retroalimentación (etapa 56) del segundo valor relativo a la fricción es análoga al caso de la Figura 2. El segundo valor relativo a la rigidez de neumático retroalimentado puede estar destinado a servir de base para la estimación de una tercera rigidez de neumático.

La Figura 6 representa un diagrama de flujo de una realización de un procedimiento de acuerdo con la invención. La realización representada es, en general, similar a la realización de la Figura 2.

Además, la realización de la Figura 6 comprende tener en cuenta un factor de corrección de rigidez  $\Delta C$  en la estimación de la primera rigidez de neumático  $C_1$  (etapa 64).

5 El factor de corrección de rigidez  $\Delta C$  se estima en la alimentación hacia delante. En particular, el factor de corrección de rigidez puede servir para tener en cuenta condiciones ambientales o de neumático, tales como una presión de neumático, una temperatura de neumático, una temperatura ambiente, una altura de eje, una presión de suspensión o una altura de suspensión.

10 Con fines ilustrativos, cabe recordar que la rigidez de neumático es, entre otras cosas, una función de, por ejemplo, la temperatura ambiente. La rigidez de neumático aumenta a medida que disminuye la temperatura ambiente y se acerca al punto de congelación del agua. En vista de esta circunstancia, se puede añadir un factor de corrección de rigidez durante la estimación de la rigidez de neumático, dependiendo de una diferencia de temperatura, por ejemplo, respecto de una temperatura de referencia. De manera similar, como ejemplos adicionales, la rigidez de neumático es también una función de la presión y la carga vertical que también cambiarán la rigidez longitudinal.

15 El factor de corrección de rigidez estimado puede ser un factor multiplicador o aditivo.

20 La Figura 7 representa un diagrama de caja de un aparato de acuerdo con algunas realizaciones. El aparato 70 comprende una unidad de procesamiento 72. La unidad de procesamiento 72 está configurada para calcular un primer valor relativo a la fricción sobre la base de un primer valor relativo al deslizamiento y de un primer valor relativo a la rigidez de neumático, para estimar un segundo valor relativo a la rigidez de neumático sobre la base del primer valor relativo al deslizamiento, del primer valor relativo a la fricción calculado y de un segundo valor relativo a la fricción y para retroalimentar el segundo valor relativo a la rigidez de neumático estimado como base para el cálculo de un tercer valor relativo a la fricción.

25 Los valores relativos al deslizamiento son proporcionados por un sensor de vehículo 74. En algunas realizaciones, el aparato 70 puede comprender el sensor de vehículo 74.

30 En algunas realizaciones, el aparato puede comprender, además, una interfaz de conectividad (no mostrada), que se adapta para la comunicación con entidades externas al vehículo, tal como la comunicación de vehículo a vehículo o de vehículo a infraestructura.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de determinación de al menos uno de entre un potencial de fricción y una rigidez de neumático de una rueda de un vehículo, comprendiendo el vehículo al menos un sensor de vehículo para proporcionar valores relativos al deslizamiento ( $k_1$ ,  $k_2$ ), comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- cálculo de un primer valor relativo a la fricción ( $\mu_1$ ) sobre la base de un primer valor relativo al deslizamiento ( $k_1$ ) y de un primer valor relativo a la rigidez de neumático ( $C_1$ ),
  - estimación de un segundo valor relativo a la rigidez de neumático ( $C_2$ ) sobre la base del primer valor relativo al deslizamiento ( $k_1$ ) y del primer valor relativo a la fricción ( $\mu_1$ ) calculado
- caracterizado por que**
- la estimación se basa, además, en un segundo valor relativo a la fricción ( $\mu_2$ ), y
  - el procedimiento comprende, además, la retroalimentación del segundo valor relativo a la rigidez de neumático ( $C_2$ ) estimado como base para el cálculo de un tercer valor relativo a la fricción  $\mu_3$ .
2. Procedimiento de determinación de al menos uno de entre un potencial de fricción y una rigidez de neumático de una rueda de un vehículo, comprendiendo el vehículo al menos un sensor de vehículo para proporcionar valores relativos al deslizamiento ( $k_1$ ,  $k_2$ ), comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- estimación de un primer valor relativo a la rigidez de neumático ( $C_1$ ) sobre la base de un primer valor relativo al deslizamiento ( $k_1$ ) y de un primer valor relativo a la fricción ( $\mu_1$ ),
  - cálculo de un segundo valor relativo a la fricción ( $\mu_2$ ) sobre la base del primer valor relativo al deslizamiento ( $k_1$ ) y del primer valor relativo a la rigidez de neumático ( $C_1$ ) estimado
- caracterizado por que**
- el cálculo se basa, además, en un segundo valor relativo a la rigidez de neumático ( $C_2$ ), y
  - el procedimiento comprende, además, la retroalimentación del segundo valor relativo a la fricción ( $\mu_2$ ) calculado como base para el cálculo de un tercer valor relativo a la rigidez de neumático ( $C_3$ ).
3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además
- la estimación, en un bucle de alimentación hacia delante/bucle abierto, de un factor de corrección de rigidez ( $\Delta C$ ), en el que el primer valor relativo a la rigidez de neumático ( $C_1$ ) también se basa en el factor de corrección de rigidez ( $\Delta C$ ).
4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que la estimación del factor de corrección de rigidez se basa en al menos uno de los siguientes:
- una presión del neumático,
  - una temperatura del neumático,
  - una temperatura ambiente,
  - una altura de eje,
  - una presión de suspensión,
  - una altura de suspensión.
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la estimación también se basa en al menos uno de los siguientes:
- un tipo de neumático, introducido manualmente a través de una interfaz hombre-máquina,
  - un potencial de fricción estimado de un frenado con ABS,
  - un potencial de fricción estimado de un evento de TCS,
  - un potencial de fricción estimado recibido a partir de una conectividad del vehículo,
  - una fuerza de tracción normalizada sobre la rueda,
  - un valor relativo a la fricción,
  - un par de torsión aplicado a la rueda,
  - una aceleración longitudinal,
  - una aceleración lateral,
  - una presión de frenado,
  - una velocidad de guiñada,
  - una velocidad de rueda,
  - una velocidad de vehículo,
  - un ángulo de volante,
  - un ángulo de rueda,
  - una presión de neumático,
  - una temperatura de neumático,
  - una temperatura ambiente,
  - una altura de eje,

- una presión de suspensión,
- una altura de suspensión,
- un registro de bandera de control.

5 6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además

- el cálculo de una medida de incertidumbre de fricción, indicativa de la incertidumbre de al menos uno de entre el primer valor relativo a la fricción y el segundo valor relativo a la fricción.

10 7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además

- el cálculo de una medida de incertidumbre de rigidez, indicativa de la incertidumbre de al menos uno de entre el primer valor relativo a la rigidez de neumático ( $C_1$ ) y el segundo valor relativo a la rigidez de neumático ( $C_2$ ).

15 8. Producto de programa informático que incluye un código de programa configurado para, cuando se ejecuta en un dispositivo informático, llevar a cabo las etapas de una de las reivindicaciones anteriores.

20 9. Aparato para determinar al menos uno de entre un potencial de fricción y una rigidez de neumático de una rueda de un vehículo, comprendiendo el aparato una unidad de procesamiento, estando la unidad de procesamiento configurada para:

- calcular un primer valor relativo a la fricción ( $\mu_1$ ) sobre la base de un primer valor relativo al deslizamiento ( $k_1$ ) y de un primer valor relativo a la rigidez de neumático ( $C_1$ ),
- estimar un segundo valor relativo a la rigidez de neumático ( $C_2$ ) sobre la base del primer valor relativo al deslizamiento ( $k_1$ ) y del primer valor relativo a la fricción ( $\mu_1$ ) calculado

**caracterizado por que**

- la estimación se basa, además, en un segundo valor relativo a la fricción ( $\mu_2$ ), y
- **por que** la unidad de procesamiento está configurada, además, para retroalimentar el segundo valor relativo a la rigidez de neumático ( $C_2$ ) estimado como base para el cálculo de un tercer valor relativo a la fricción ( $\mu_3$ ).

30 10. Aparato para determinar al menos uno de entre un potencial de fricción y la rigidez de una rueda de un vehículo, comprendiendo el aparato una unidad de procesamiento, la unidad de procesamiento configurada para:

- estimar un primer valor relativo a la rigidez de neumático ( $C_1$ ) sobre la base de un primer valor relativo al deslizamiento ( $k_1$ ) y de un primer valor relativo a la fricción ( $\mu_1$ ),
- calcular un segundo valor relativo a la fricción ( $\mu_2$ ) sobre la base del primer valor relativo al deslizamiento ( $k_1$ ) y del primer valor relativo a la rigidez de neumático ( $C_1$ ) estimado

**caracterizado por que**

- el cálculo se basa, además, en un segundo valor relativo a la rigidez de neumático ( $C_2$ ), y
- **por que** la unidad de procesamiento está configurada, además, para retroalimentar el segundo valor relativo a la fricción ( $\mu_2$ ) calculado como base para el cálculo de un tercer valor relativo a la rigidez de neumático ( $C_3$ ).

40

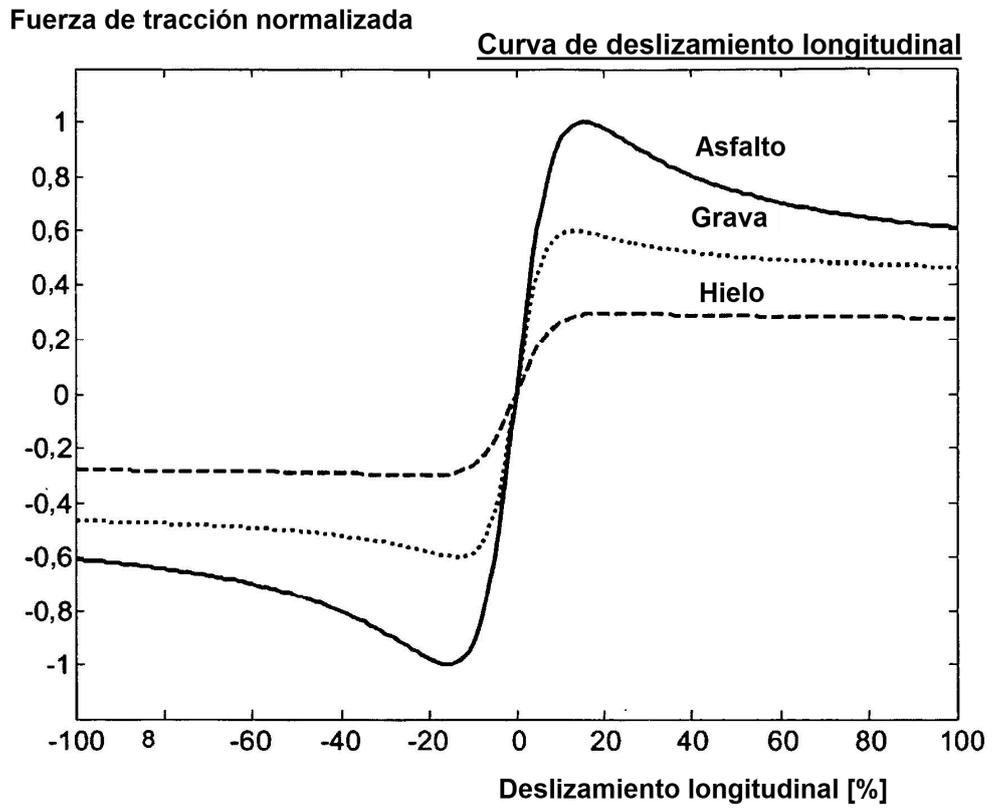


Fig. 1

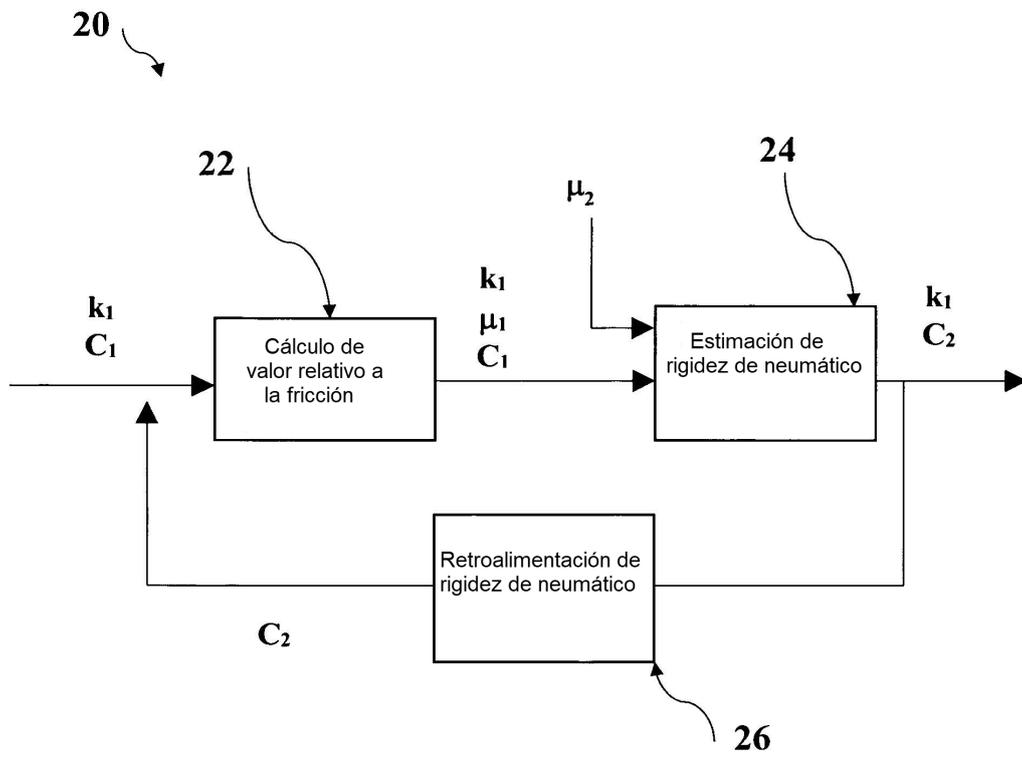


Fig. 2

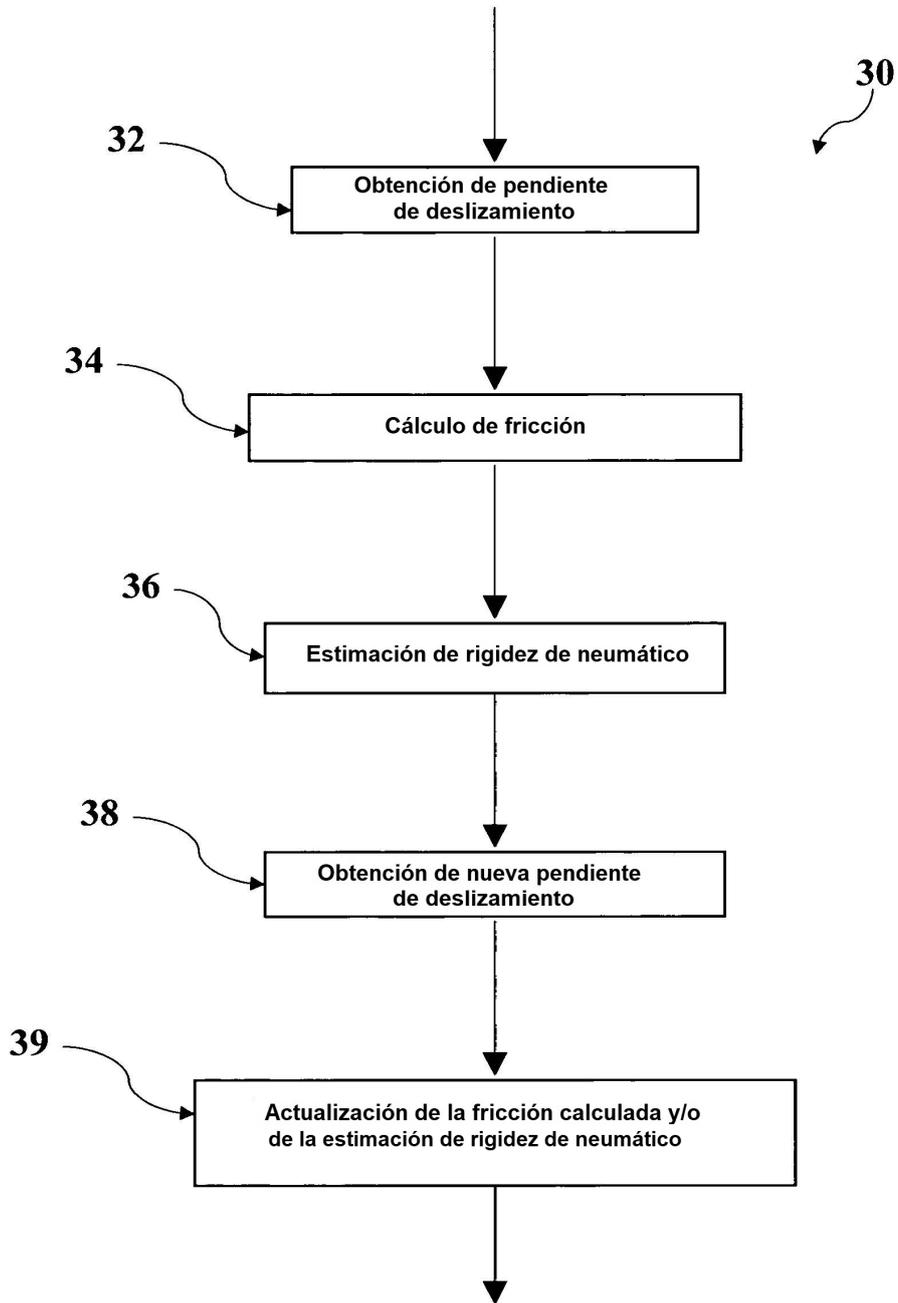


Fig. 3

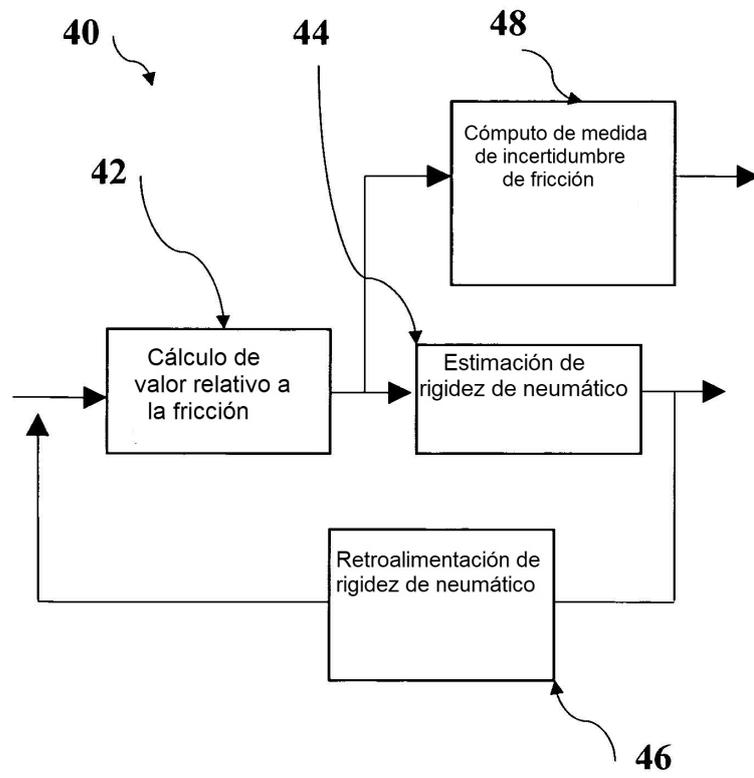


Fig. 4

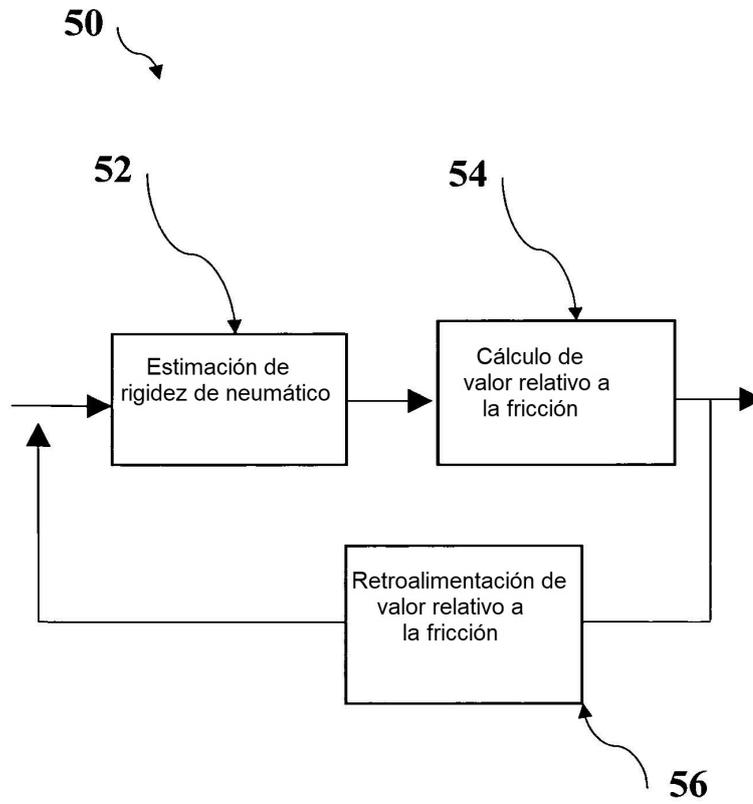


Fig. 5

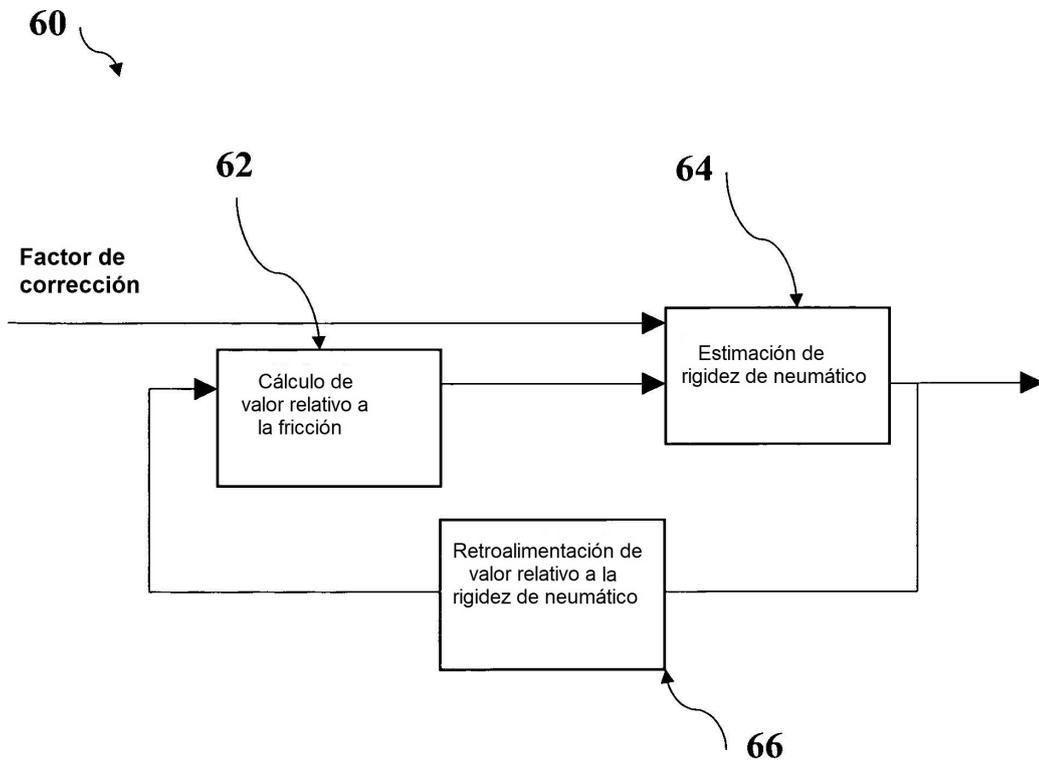
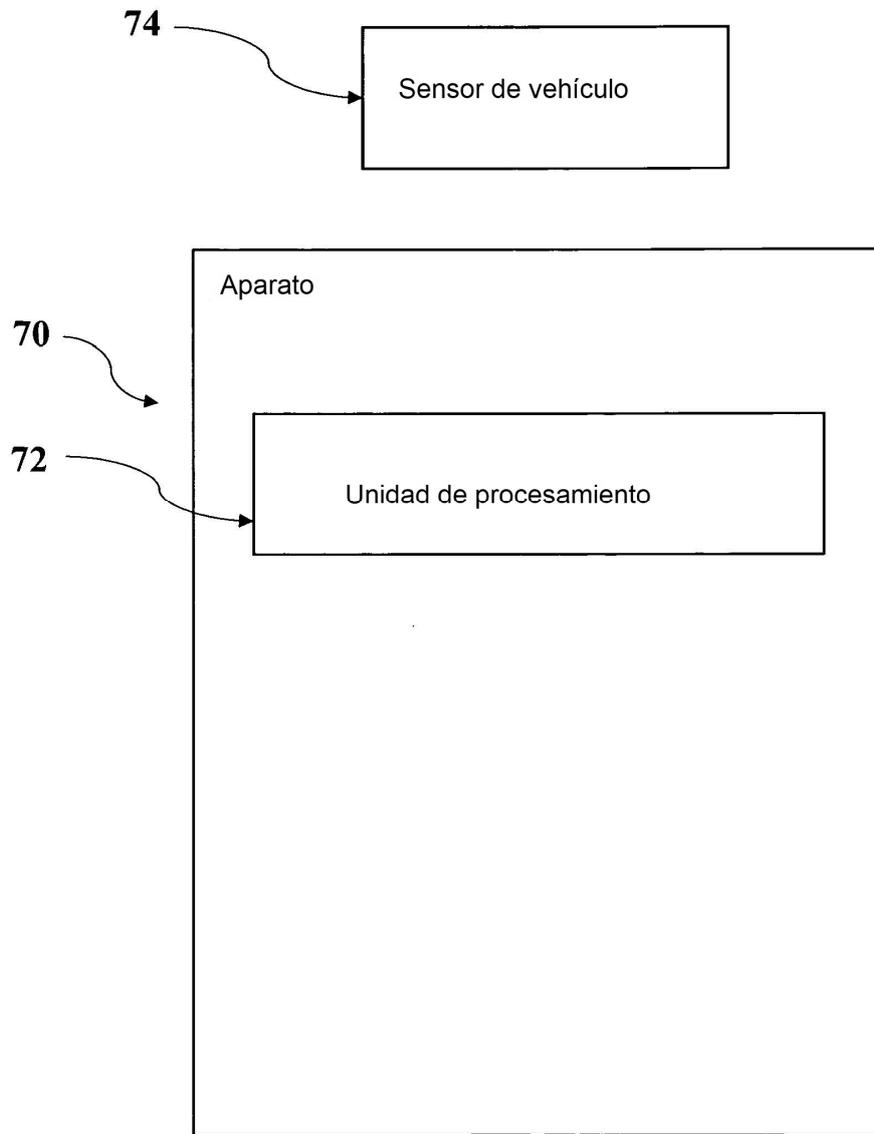


Fig. 6



**Fig. 7**