



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 358 732**

51 Int. Cl.:  
**B60T 8/00** (2006.01)  
**B60C 23/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **01941142 .0**  
96 Fecha de presentación : **21.06.2001**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1219515**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.07.2002**

54 Título: **Procedimiento para la estimación del estado de rodadura de un vehículo, dispositivo de estimación del estado de rodadura de un vehículo, dispositivo de control del vehículo y neumático.**

30 Prioridad: **23.06.2000 JP 2000-190231**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**13.05.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**13.05.2011**

73 Titular/es: **KABUSHIKI KAISHA BRIDGESTONE  
10-1, Kyobashi 1-chome  
Chuo-ku, Tokyo 104-8340, JP**

72 Inventor/es: **Yokota, Hidetoshi;  
Morinaga, Hiroshi y  
Ootani, Koji**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 358 732 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

Procedimiento para la estimación del estado de rodadura de un vehículo, dispositivo de estimación del estado de rodadura de un vehículo, dispositivo de control del vehículo y neumático.

### Antecedentes de la invención

#### 5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento y un aparato para la estimación del estado de rodadura de un vehículo mediante la estimación de la condición de una superficie de la carretera o el estado de rodadura de cada neumático mientras circula, un aparato para el control de un vehículo en base al estado de rodadura estimado de un vehículo y un neumático que comprende el aparato de estimación de la rodadura del vehículo anterior y una unidad de generación de energía para la activación de este aparato.

#### 10 Descripción de la técnica anterior

En los últimos años, se ha deseado que la relación entre cada neumático y la superficie de una carretera, que es el factor más importante para la rodadura segura de un vehículo, específicamente, el estado de contacto del neumático con la calzada tipificada por un coeficiente de fricción entre el neumático y la superficie de una carretera (coeficiente de fricción de la superficie de la carretera) o la condición de una superficie de la carretera o el estado de rodadura del neumático tal como la distorsión y la presión de aire del neumático se deberían estimar con elevada precisión y realimentarlas al control de vehículo. Esto es, si el estado de contacto con la calzada anterior y el estado de rodadura del neumático se pueden estimar por adelantado, antes de que se tome una acción para evitar un riesgo tales como el frenado o el cambio de dirección, será posible un alto nivel de control de unos frenos ABS y se esperará una mejora adicional de la seguridad. El conductor podrá realizar una operación de desaceleración antes si está informado del riesgo por la condición de la superficie de la carretera mientras circula, por lo que se puede esperar una reducción en el número de accidentes.

Para estimar un coeficiente de fricción de la superficie de la carretera, se ha propuesto un procedimiento de estimación de un coeficiente de fricción de la superficie de la carretera haciendo uso del hecho de que el nivel de uniformidad de cada neumático que es una magnitud física indicativa de un cambio en la velocidad de revolución de cada rueda se cambia por el tamaño de un coeficiente de fricción de la superficie de la carretera (Solicitud de Patente Japonesa abierta a inspección pública N° 2000-55790) y un procedimiento de estimación de un coeficiente de fricción de la superficie de la carretera que hacer uso del hecho de que la vibración en la dirección horizontal de cada neumático que tenga un ángulo de convergencia se detecta mediante la fijación de un acelerómetro en un brazo inferior de unión de las ruedas delanteras y el chasis del vehículo y este nivel de vibración se cambia con un coeficiente de fricción de la superficie de la carretera (Solicitud de Patente Japonesa abierta a inspección pública N° 6-258196).

Sin embargo, en el procedimiento anterior de estimación de un coeficiente de fricción de la superficie de la carretera a partir del nivel de uniformidad del neumático, la uniformidad se deteriora por la formación de puntos planos en el neumático y en el curso de su recuperación, es difícil una estimación precisa.

Mientras tanto, el procedimiento anterior de estimación de un coeficiente de fricción de la superficie de la carretera a partir de la vibración en la dirección horizontal de las ruedas delanteras que tienen un ángulo de convergencia, la precisión en la medición es baja cuando el ángulo deslizamiento del neumático se lleva a completamente nulo o grande.

Se ha propuesto también un procedimiento de estimación del coeficiente de fricción de la superficie de la carretera a partir de las características de la transmisión entre una aceleración por debajo de un muelle que es la aceleración en la dirección vertical de cada rueda y la aceleración por encima del muelle que es la aceleración en la dirección vertical del cuerpo del vehículo (Solicitud de Patente Japonesa abierta a inspección pública N° 11-94661). Este procedimiento tiene una ventaja en que se puede estimar el coeficiente de fricción de la superficie de la carretera en una carretera recta para la que casi no se realiza ninguna acción en la dirección debido a que no se usa la fuerza de dirección para estimación de un coeficiente de fricción de la superficie de la carretera. Sin embargo, dado que el coeficiente de fricción de la superficie carretera se estima partir de las características de transmisión de la vibración entre dos puntos a través de una unidad de suspensión que tiene unas características de amortiguación grandes tales como un muelle o amortiguador, el coeficiente de fricción de la superficie de la carretera queda afectado claramente por la desigual superficie de la carretera. Por ejemplo, dado que la vibración bajo el muelle es grande en una carretera desigual tal como en una carretera cubierta con nieve, la diferencia en el nivel de vibración entre la vibración por encima del muelle que se absorbe por la suspensión y la vibración por debajo del muelle se hace grande, haciendo de ese modo imposible estimar con precisión un coeficiente de fricción de la superficie de la carretera.

Entretanto, la presión interna del neumático es también un factor importante para la condición de rodadura del neumático. Dicho más específicamente, el estado de contacto del neumático con la calzada y el estado de rodadura del neumático se estiman con precisión a partir del estado de distorsión o nivel de vibración del neumático mientras

5 rueda y se mejora el rendimiento en cuanto a agarre o se mejora el confort de conducción aumentando el área de contacto con la calzada o se reduce la rigidez del neumático reduciendo la presión interna del neumático cuando el rendimiento en cuanto a agarre del neumático se reduce en una carretera mojada o en una carretera cubierta con nieve helada o cuando el vehículo circula sobre una carretera desigual. Inversamente, cuando el vehículo circula a alta velocidad o sucede un fenómeno de hidrodeshlizamiento, se debe mejorar el coste en consumo de combustible o se debe promover la recuperación de la gobernabilidad mediante el aumento de la presión interna del neumático.

10 Sin embargo, dado que un sensor, que es el medio de detección del estado de contacto con la calzada para la medida del estado de distorsión o el nivel de vibración del neumático mientras rueda, requiere una fuente de alimentación eléctrica, se debe suministrar la alimentación al sensor anterior. Adicionalmente, cuando se monta en el neumático un aparato para la estimación del control de la condición de una superficie de la carretera o el estado de rodadura del neumático en base a la salida del medio de detección del estado de contacto con la calzada anterior y una unidad de radio para la transmisión de la señal de salida desde el medio de estimación de la condición de la superficie de la carretera u otro similar en el chasis del vehículo, es necesaria una fuente de alimentación eléctrica para el aparato anterior y la unidad de radio.

15 Para la alimentación de potencia al neumático como un rotor, se puede usar la fuerza electromotriz que se transfiere a través de un anillo deslizante o se genera mediante inducción electromagnética que hace uso del movimiento relativo entre el cuerpo del vehículo y el neumático. Sin embargo, la estructura del chasis del vehículo se debe cambiar para suministrar alimentación a éstos medios, incrementando de ese modo los costes.

20 Aunque se podría decir que el procedimiento más realista es cargar baterías que se habrían de cambiar, continúan problemas tales como el molesto recambio y el tiempo de vida de las baterías.

Se ha deseado el desarrollo de un sistema que estime el estado de rodadura de un vehículo tal como la condición de una superficie de la carretera o el estado de rodadura de cada neumático con precisión, que suministre la información sobre el estado de rodadura del vehículo al vehículo y al conductor y que controle las características del neumático usando la información anterior para proporcionar un estado de rodadura más seguro o más comfortable.

25 Los documentos EP0.887.211, EP0.363.570, EP0.783.982 y EP0.891.904 desvelan conocidos sistemas de supervisión de los parámetros de un neumático.

30 Es un objeto de la presente invención, que se ha realizado la vista de los problemas anteriores de las técnicas existentes, proporcionar un procedimiento y un aparato para la estimación con precisión del estado de rodadura de un vehículo tal como la condición de una superficie de la carretera o el estado de rodadura de cada neumático mientras circula, un aparato para el control del vehículo para mejorar la seguridad de un vehículo mediante el control por realimentación del estado de rodadura del vehículo en base a la condición estimada de la superficie de la carretera o el estado de rodadura estimado de cada neumático y un neumático que comprende el aparato de estimación del estado de rodadura del vehículo anterior y una unidad de generación de energía para la activación del aparato.

### 35 **Sumario de la invención**

40 Para conseguir el objeto anterior, el inventor de la presente invención ha desarrollado varios estudios y ha descubierto que el estado de rodadura de un vehículo tal como la condición de una superficie de la carretera o un estado de rodadura del neumático mientras circula se estima mediante la detección del nivel de vibración de una parte por debajo del muelle de un vehículo en rodadura o el nivel de transmisión de la vibración entre al menos dos puntos de una parte por debajo del muelle del vehículo, haciendo de ese modo posible estimar el estado de rodadura del vehículo con precisión incluso cuando la carretera es desigual, lo que ha sido difícil con las técnicas existentes o cuando el ángulo de deslizamiento es nulo. La presente invención se ha llevado a cabo en base a este descubrimiento.

45 Esto es, de acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de rodadura de un vehículo de acuerdo con la reivindicación 1 y un aparato correspondiente de acuerdo con la reivindicación 2.

Las características preferidas del primer aspecto de la invención se proporcionan en las reivindicaciones dependientes 3 a 5.

50 Los otros objetos, características y ventajas de la presente invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción cuando se tome en conjunto con los dibujos adjuntos.

### **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es un diagrama que muestra la constitución de un aparato de estimación del estado de rodadura de un vehículo de acuerdo con la Realización 1 de la presente invención;

las Figuras 2(a), 2(b) y 2(c) son diagramas que muestran las localizaciones de instalación de los sensores

de vibración de acuerdo con la Realización 1 de la presente invención;

la Figura 3 es un diagrama que muestra los cambios con el tiempo en el nivel de vibración de cada neumático de acuerdo con la Realización 1 de la presente invención;

5 las Figuras 4(a) y 4(b) son diagramas que muestran las distribuciones del nivel de vibración en la dirección circunferencial del neumático en una superficie de la carretera regular de acuerdo con la Realización 1 de la presente invención;

las Figuras 5(a) y 5(b) son diagramas que muestran las distribuciones del nivel de vibración en la dirección circunferencial del neumático en una superficie con hielo de acuerdo con la Realización 1 de la presente invención;

10 la Figura 6 es un diagrama que muestra la constitución de un aparato de estimación del estado de rodadura de un vehículo de acuerdo con la Realización 2, que es útil para la comprensión de la presente invención;

las Figuras 7(a) y 7(b) son diagramas que muestran el espectro de vibración en la dirección circunferencial del neumático de acuerdo con la Realización 2;

15 la Figura 8 es un diagrama que muestra la constitución de un aparato de estimación del estado de rodadura de un vehículo de acuerdo con la Realización 3, que es útil para la comprensión de la presente invención;

la Figura 9 es un diagrama que muestra las relaciones entre el valor calculado del nivel de vibración y la velocidad del vehículo bajo diferentes condiciones de la superficie de la carretera de acuerdo con la Realización 3;

20 la Figura 10 es un diagrama que muestra la constitución de un aparato de estimación del estado de rodadura de un vehículo de acuerdo con la realización 4, que es útil para la comprensión de la presente invención;

la figura 11 es un diagrama que muestra las localizaciones de instalación de los sensores de vibración de acuerdo con la Realización 4;

25 las Figuras 12(a) y 12(b) son diagramas que muestran el espectro de vibración del nivel de transmisión de vibración de acuerdo con la Realización 4;

la Figura 13 un diagrama que muestra otra localización de instalación de un sensor de vibración de acuerdo con la Realización 4;

la Figura 14 es un diagrama que muestra la relación entre el coeficiente de fricción  $\mu$  de la superficie de la carretera y el nivel de transmisión de la vibración de acuerdo con la realización 4;

30 la figura 15 es un diagrama que muestra la constitución de un alarma de deslizamiento en la carretera de acuerdo con la Realización 5 de la presente invención;

la Figura 16 es un diagrama que muestra un mapa de zonas de aviso de acuerdo con la Realización 5 de la presente invención;

35 la Figura 17 es un diagrama que muestra la constitución de un aparato de aviso de calzada deslizante de acuerdo con la Realización 6, que es útil para la comprensión de la presente invención;

la Figura 18 es un diagrama que muestra un mapa de zonas de aviso de acuerdo con la Realización 6;

la Figura 19 es un diagrama que muestra la constitución de un aparato de estimación del estado de rodadura de un vehículo de acuerdo con la Realización 7, que es útil para la comprensión de la presente invención;

40 la Figura 20 es un diagrama que muestra la relación entre la frecuencia de la vibración natural y la presión de aire del neumático de acuerdo con la Realización 7;

la Figura 21 es un diagrama que muestra la constitución de un aparato de estimación del estado de rodadura de un vehículo de acuerdo con la Realización 8, que es útil para la comprensión de la presente invención;

45 la Figura 22 es un diagrama que muestra un ejemplo de detección de un problema de despegue del neumático de acuerdo con la Realización 8; y

la Figura 23 es un diagrama que muestra la constitución de un aparato de control de un vehículo de acuerdo con la Realización 9, que es útil para la comprensión de la presente invención.

### **Descripción de las realizaciones preferidas**

Las realizaciones preferidas de la presente invención se describirán en el presente documento a continuación con referencia a los dibujos adjuntos.

#### **Realización 1**

5 La Figura 1 es un diagrama de bloques que muestra la constitución de un aparato 10 de estimación del estado de rodadura de un vehículo de acuerdo con la Realización 1 de la presente invención. En la figura, el número de referencia 11 indica un sensor de vibración instalado sobre la superficie interior de la banda de rodadura del neumático, el medio de detección de la velocidad del vehículo 12 para la detección de la velocidad del vehículo en base al pulso de salida de un sensor de revoluciones 12a para la detección de la velocidad de una rueda, el medio de detección de la forma de onda de la vibración 13 para la obtención de la forma de onda de la vibración mediante la disposición de los niveles de salida (niveles de vibración) del sensor de vibración anterior en una secuencia de tiempos, medios de cálculo de la distribución del nivel de vibraciones 14 para la obtención de la distribución del nivel de vibraciones de la banda de rodadura de un neumático mediante el cálculo de los niveles de vibración en una parte del borde de ataque, una parte del contacto con la calzada y una parte del borde de salida del neumático usando los pulsos de salida del sensor de revoluciones anterior 12a, y 15 medios de estimación de la condición de la superficie de la carretera para la estimación de la condición de una superficie de la carretera como uno de los estados de rodadura de un vehículo a partir del nivel de vibración calculado anterior y de la velocidad del vehículo detectada usando la curva maestra previamente obtenida de niveles de vibración en función de la velocidad del vehículo almacenada en los medios de almacenamiento del nivel de vibración 16.

20 En la presente realización 1, el sensor de vibración 11 para la medición del estado de vibración de una banda de rodadura del neumático se instala sobre la superficie interior 1A de la banda de rodadura del neumático (que se denominará simplemente como "banda de rodadura" de aquí en adelante) como se muestra en la Figura 2(a) aunque la localización de instalación del sensor de vibración 11 no se limita a ésta. Se puede instalar en una parte por debajo del muelle de un vehículo, por ejemplo, en el lado exterior de la llanta 2A de una parte de la rueda 2 o en el brazo de suspensión 3A de una parte de la suspensión 3 como se muestra en las Figuras 2(b) y 2(c).

La curva maestra anterior del nivel de vibración se traza mediante la fijación del sensor de vibración 11 en la superficie interior 1A de la banda de rodadura 1 de un vehículo de ensayo y haciendo que el vehículo circule sobre superficies de carretera que difieren en el coeficiente de fricción  $\mu$  de la superficie de la carretera a una velocidad V para realmente medir el nivel de vibración de la banda de rodadura 1 anterior.

30 Se da a continuación una descripción del procedimiento de estimación de la condición de una superficie de la carretera.

Primero, se detecta el nivel de vibración de la banda de rodadura 1 mientras circula por parte del sensor de vibración 11 instalado sobre la superficie interior 1A de la banda de rodadura 1, se obtiene una forma de onda de la vibración formada por la disposición de los niveles de vibración detectados en una secuencia en el tiempo por el medio de detección de la forma de onda de vibración 13 y se traza una curva (que se denominará como "distribución del nivel de vibración" de aquí en adelante) indicativa de la distribución del nivel de vibración que muestra las posiciones de detección de la vibración en un eje de tiempo de la forma de onda anterior como se muestra en la Figura 3 mediante los medios de cálculo de la distribución de vibración 14. Se usó un valor de la potencia del nivel de vibración como la dimensión del nivel de vibración anterior.

40 La vibración se genera en la parte del borde de ataque (1) por delante de la banda de rodadura por el impacto cuando la banda de rodadura 1 hace contacto con la superficie de la carretera L. En la banda de rodadura (parte de contacto con la superficie) (2) en donde la banda de rodadura 1 hace contacto con la superficie de la carretera L, dado que la banda de rodadura 1 queda confinada a la superficie de la carretera L, raramente se genera vibración. Posteriormente, en la parte del borde de salida (3), se genera de nuevo vibración por la liberación del confinamiento anterior tan pronto como la banda de rodadura 1 se separa de la superficie de la carretera L.

Las posiciones anteriores de la parte del borde de ataque (1), parte de contacto con la calzada (2) y parte del borde de salida (3) y la velocidad del vehículo V se detectan por los medios de detección de la velocidad del vehículo 12 en base al pulso de salida del sensor de revoluciones 12a montado en cada rueda, no mostrado.

50 El nivel de vibración de la banda de rodadura 1 anterior depende principalmente de la condición de la superficie de la carretera sobre la que está circulando el vehículo y de la velocidad del vehículo.

La Figura 4(a) es un diagrama que muestra la distribución del nivel de vibración de la banda de rodadura 1 cuando un vehículo de ensayo circula sobre una carretera asfaltada seca regular a una baja velocidad ( $V = 20$  km/h) y la Figura 4(b) es un diagrama que muestra la distribución del nivel de vibración de la banda de rodadura 1 cuando el vehículo de ensayo circula a una elevada velocidad ( $V = 90$  km/h).

55 Entretanto, cuando el coeficiente de fricción  $\mu$  de la superficie de la carretera es bajo, lo que se considera generalmente como peligroso, la distribución del nivel de vibración de la banda de rodadura 1 difiere grandemente

de la de cuando el vehículo circula sobre la carretera asfaltada seca anterior. Por ejemplo, incluso cuando el vehículo circula sobre la carretera helada, que se considera que tiene un coeficiente de fricción  $\mu$  de la superficie de la carretera extremadamente bajo a baja velocidad ( $V = 20$  km/h), dado que las limitaciones por parte de la superficie de contacto con la calzada es pequeño, la banda de rodadura 1 vibra en gran medida en la parte de contacto con la calzada (2) cuando la vibración se genera raramente como se muestra en la Figura 5(a). Cuando el vehículo circula sobre una gruesa película de agua a alta velocidad ( $V = 90$  km/h), tiene lugar un fenómeno de hidrodeshlizamiento y el nivel de vibración de la banda de rodadura 1 aumenta adicionalmente en la parte de contacto con la calzada (2) y la banda de rodadura 1 vibra en gran medida incluso en la parte del borde de ataque (1) como se muestra en la Figura 5(b).

Esto es debido a que la banda de rodadura 1 vibra en gran medida incluso en la parte de contacto con la calzada (2) en la que la vibración se genera raramente dado que la restricción de la superficie de contacto con la calzada es pequeña cuando el coeficiente de fricción  $\mu$  de la superficie de la carretera es bajo o cuando el neumático está flotando sobre una película de agua. Particularmente cuando tiene lugar el fenómeno de hidrodeshlizamiento, la vibración de la banda de rodadura 1 ocurre en una posición antes de la superficie de contacto esencial con la calzada debido a una película de agua o corriente de agua formada por delante del neumático.

En la presente Realización 1, el vehículo que comprende el sensor de vibración 11 montado en la superficie interior 1A de la banda de rodadura 1 se hace que circule sobre carreteras que difieren en el coeficiente de fricción  $\mu$  de la superficie de la carretera a una velocidad  $V$  para obtener la distribución del nivel de vibración de la banda de rodadura 1 a partir de la condición de la superficie de la carretera y de la velocidad del vehículo  $V$  como parámetros y esta distribución del nivel de vibración se almacena en el medio de almacenamiento del nivel de vibración 16 del aparato de estimación del estado de rodadura del vehículo 10 como una curva maestra para la estimación de la condición de una superficie de la carretera.

Por lo tanto, la distribución del nivel de vibración de la banda de rodadura 1 obtenida por los medios de cálculo de la distribución del nivel de vibración 14 y la curva maestra anterior almacenada en el medio de almacenamiento del nivel de vibración 16 se comparan entre sí para estimar la condición de una superficie de la carretera.

Alternativamente, se simplifica la operación de comparación de la curva de distribución de vibración medida y la curva maestra, se establece un valor de umbral para uno o una pluralidad de niveles de vibración predeterminados en las posiciones de detección o para un intervalo de tiempo predeterminado y se estima la carretera como una carretera de bajo  $\mu$  cuando el nivel de vibración calculado anterior excede del valor de umbral anterior. Por ejemplo, el nivel de vibración de la banda de rodadura 1 en la parte de contacto con la calzada (2) que satisface los requisitos para el coeficiente de fricción  $\mu$  de una superficie de la carretera y velocidad del vehículo que se consideran como seguras, se almacenan en el medio de almacenamiento del nivel de vibración 16 como el valor de umbral anterior y el nivel de vibración calculada de la banda de rodadura 1 en la parte de contacto con la calzada (2) mientras se circula se compara con el valor de umbral anterior para estimar si la carretera por la que el vehículo está circulando es una carretera segura de alto  $\mu$  o una carretera deslizante de bajo  $\mu$ . Se puede estimar si la carretera es una carretera de alto  $\mu$  o una carretera de bajo  $\mu$  a partir de los dos niveles de vibración de la parte del borde de ataque (1) y de la parte de contacto con la calzada (2).

Alternativamente, la relación (P1:P2:P3) de los valores de potencia de los niveles de vibración en las posiciones (1), (2) y (3) bajo varias condiciones de superficie de la carretera tales como una carretera regular seca y una carretera helada se almacenan para cada velocidad y se comparan con la relación de los valores de potencia de los niveles de vibración en las posiciones (1), (2) y (3) en la distribución del nivel de vibración calculada para estimar la condición de una superficie de la carretera.

## **Realización 2**

En la Realización 1 anterior, los niveles de vibración de una parte por debajo del muelle del vehículo medidos por el sensor de vibración 11 se disponen en una secuencia de tiempo por los medios de detección de la forma de onda de la vibración 13 y se obtiene la distribución del nivel de vibración de la banda de rodadura 1 por el medio de cálculo de la distribución del nivel de vibración 14 para estimar la condición de una superficie de la carretera. Como se muestra en la Figura 6, se proporcionan medios de análisis de frecuencia 14F para la obtención del espectro de frecuencia del nivel de vibración obtenido mediante la conversión de la frecuencia del nivel de vibración anterior y los medios de cálculo del nivel de vibración 14S para el cálculo del nivel de vibración en una banda de frecuencia predeterminada del espectro de frecuencia obtenido en lugar del medio de cálculo de la distribución del nivel de vibración anterior 14 y se proporcionan medios adicionales de estimación de la condición de la superficie de la carretera 15S para la estimación de la condición de una superficie de la carretera mediante la comparación del nivel de vibración calculado por el medio de cálculo del nivel de vibración anterior 14S con una curva maestra para la estimación de la condición de la superficie de la carretera a partir del espectro de frecuencia del nivel de vibración almacenado en el medio de almacenamiento del nivel de vibración 16S para estimar la condición de una superficie de la carretera a partir del nivel de vibración en una banda de frecuencia de vibración predeterminada de una parte por debajo del muelle del vehículo.

Las Figuras 7(a) y 7(b) muestran el espectro de vibración de la banda de rodadura 1 cuándo el vehículo circula

sobre una carretera asfaltada seca regular y cuando el coeficiente de fricción  $\mu$  de la superficie de la carretera se consideró como extremadamente bajo. La Figura 7(a) muestra el espectro de vibración cuando el vehículo circula en una carretera helada a baja velocidad ( $V = 20$  km/h) y la Figura 7(b) muestra el espectro de vibración cuando el vehículo circula sobre una película de agua a alta velocidad ( $V = 90$  km/h).

5 Cuando se analizaron los componentes de frecuencia del espectro de vibración anterior, se descubrió que el nivel de vibración a una frecuencia de 500 Hz a 2 kHz cambiaba grandemente de acuerdo con la condición de una superficie de la carretera. Este componente de frecuencia es idéntico al componente de frecuencia de vibración justamente después de que la banda de rodadura 1 se separe de la banda de rodadura en una superficie de la carretera regular y se estima que se producía por el desgaste o la frecuencia natural de distorsión de un bloque de la banda de rodadura. Entonces, es posible estimar la condición de una superficie de la carretera mediante la comparación del nivel de vibración a una frecuencia de aproximadamente 1,4 kHz que es la frecuencia natural del bloque de la banda de rodadura en el espectro de frecuencia anterior.

10 Por lo tanto, la condición de una banda de rodadura se puede estimar mediante la obtención del espectro de frecuencia del nivel de vibración obtenida en el mismo vehículo de ensayo real que en la Realización 1 anterior, almacenando este espectro de vibración como una curva maestra para estimación de la condición de una superficie de la carretera, convirtiendo la frecuencia de la forma de onda de vibración de la banda de rodadura 1 obtenida mediante el medio de detección de la forma de onda de vibración 13 a través del medio de análisis de frecuencia 14F y la comparación del nivel de vibración en un intervalo de frecuencias predeterminado obtenida por los medios de cálculo del nivel de vibración 14S con la curva maestra anterior almacenada en el medio de almacenamiento del nivel de vibración 16S.

15 Adicionalmente, se simplifica la operación de comparar el espectro de frecuencia medido con la curva maestra del espectro de frecuencia anterior, se calcula un nivel de vibración en una o más frecuencias cercanas a la frecuencia de vibración natural de la parte (bloque) de la banda de rodadura en la calzada anterior o se calcula una banda de frecuencia predeterminada, se establece un valor de umbral para el nivel de vibración anterior y se estima que la carretera es una carretera de bajo  $\mu$  cuando el nivel de vibración anterior excede del nivel de umbral anterior.

### Realización 3

20 En la realización 2 anterior, se estima la condición de una superficie de la carretera a partir del nivel de vibración en una banda de frecuencia predeterminada calculada por el medio del cálculo del nivel de vibración 14S. Como se muestra en la Figura 8, se proporciona el medio de cálculo del nivel de vibración 14 para el cálculo de al menos dos niveles de vibración en diferentes bandas de frecuencia del espectro de frecuencia obtenido en lugar del medio de cálculo del nivel de vibración anterior 14S y se proporciona el medio de estimación de la condición de la superficie de la carretera 15S para la estimación de la condición de una superficie de la carretera mediante la comparación del valor calculado del nivel de vibración, calculado mediante el medio de cálculo del nivel de vibración anterior 14R con una curva maestra para la estimación de la condición de una superficie de la carretera a partir del espectro de frecuencia del nivel de vibración almacenado en el medio de almacenamiento del nivel de vibración 16R para estimar la condición de una superficie de la carretera.

25 Las dos bandas de frecuencia anteriores son preferentemente 300 a 1.000 Hz que son difícilmente afectadas por la condición de una superficie de la carretera y 800 a 5.000 Hz que reflejan lo deslizante de una superficie de la carretera en el espectro de vibración de una parte por debajo del muelle del vehículo mostrado en las Figuras 7(a) y 7(b).

30 El valor calculado del nivel de vibración no se limita a un valor en las dos bandas de frecuencia anteriores y se puede hallar un valor calculado del nivel de vibración en tres o más bandas de frecuencia para estimar la condición de una superficie de la carretera.

35 La Figura 9 muestra los resultados del cálculo de la relación  $\alpha$  del valor medio del nivel de vibración en una banda de frecuencia de 300 a 1.000 Hz con el valor medio del nivel de vibración en una banda de frecuencia de 1.000 a 2.000 Hz cuando el vehículo circula en una carretera seca, carretera mojada y carretera helada a una velocidad del vehículo de 15 a 90 km/h.

40 Sobre la carretera seca, el valor  $\alpha$  calculado anteriormente es aproximadamente 0,4 con neumáticos nuevos y neumáticos gastados independientemente de la velocidad, mientras que sobre carretera mojada, el valor  $\alpha$  calculado anteriormente se hace más grande cuando la velocidad del vehículo aumenta y mayor con los neumáticos gastados que con neumáticos nuevos. Esto es debido a que tiene lugar el fenómeno de hidrodeshlizamiento y que el vehículo está en un estado peligroso de deslizamiento cuando el vehículo circula sobre la carretera mojada a alta velocidad con neumáticos gastados. Mientras tanto, sobre la carretera helada, el valor  $\alpha$  calculado anteriormente es tan grande como 0,8 a 1,1 independientemente de la velocidad del vehículo.

45 Por ello, mediante el uso de un valor calculado a partir de un nivel de vibración en una pluralidad de bandas de frecuencia, se puede juzgar el riesgo de la condición de la superficie de la carretera con precisión en una base en tiempo real independientemente de la velocidad y del desgaste del neumático.

En este punto, el valor de referencia que es un valor de umbral, se fija usando la relación entre el coeficiente de fricción  $\mu$  y el valor calculado anteriormente  $\alpha$  para juzgar la condición de una superficie de la carretera (1) como normal cuando  $\alpha$  es igual o más pequeño que 0,6, (2) como que requiere precaución cuando  $\alpha$  es más grande que 0,6 e igual o más pequeño que 0,9 y (3) como peligrosa cuando  $\alpha$  es más grande que 0,9 (hidrodeslizamiento, carretera nevada o carretera helada). Por ello se puede juzgar el deslizamiento = riesgo de superficie de la carretera sobre la que el coche está circulando.

#### Ejemplo

Se realizó el siguiente ensayo usando un vehículo con el aparato estimación del estado de rodadura del vehículo 10 de la presente invención y un dispositivo de alarma que da una alarma al conductor de que se debe tener cuidado cuando el valor calculado anterior  $\alpha$  obtenido mediante el medio de cálculo del nivel de vibración 14R excede de 0,6 y una alarma de peligro cuando el valor  $\alpha$  excede de 0,9.

Sobre una carretera seca y una carretera mojada que tenía una profundidad de agua de 10 mm, el vehículo circuló con neumáticos nuevos y con neumáticos gastados a una velocidad de 30 a 90 km/h y sobre una carretera helada, el vehículo circuló con neumáticos nuevos a una velocidad de 15 a 60 km/h.

Como resultado, sobre la carretera mojada, se dio una alarma de que se debía tener precaución cuando el vehículo circuló a una velocidad de 60 km/h o más con neumáticos nuevos y a una velocidad de 45 km/h o más con neumáticos gastados y se dio una alarma de peligro cuando el vehículo circuló a una velocidad de 90 km/h o más con neumáticos nuevos y a una velocidad de 70 km/h o más con neumáticos gastados. Cuando el vehículo circuló con neumáticos nuevos sobre una carretera helada, se dio una alarma de que se debía tener precaución a una velocidad de 15 km/h o más y se dio una alarma de peligro a una velocidad de 30 km/h o más.

#### Realización 4

En las anteriores Realizaciones 1 a 3, se ha descrito el procedimiento de estimación de la condición de una superficie de la carretera mediante la detección del nivel de vibración de una parte por debajo del muelle de un vehículo mientras se circula. Es posible también estimar la condición de una superficie de la carretera a partir de las características de transmisión de la vibración entre dos partes de una parte por debajo del muelle del vehículo mediante la detección de los estados de vibración de los dos puntos.

La Figura 10 es un diagrama de bloques que muestra la constitución de un aparato de estimación del estado de rodadura de un vehículo de acuerdo con la Realización 4. En la figura, los símbolos de referencia 21A y 21B denotan un primer de un segundo sensores de vibración montados en dos puntos diferentes de una parte por debajo del muelle del vehículo, comprendiendo los medios de detección de la velocidad del vehículo 12 un sensor de revoluciones 12a, 23 medios de cálculo de la función de transmisión para el cálculo de una función de transmisión de la vibración entre los dos puntos anteriores a partir de los niveles de salida (niveles de vibración) de los primer y segundo sensores de vibración anteriores 21A y 21B, 24 medios de cálculo del nivel de transmisión de la vibración para el cálculo de un nivel de vibración en una banda de frecuencia predeterminada a partir de las características de frecuencia de la función de transmisión anterior y 25 medios de estimación de la condición de la superficie de la carretera para la recepción del nivel de transmisión de vibración calculado anterior y una velocidad del vehículo a partir de los medios anteriores de detección de la velocidad del vehículo 12 y la estimación del estado de rodadura del vehículo mediante la estimación de la condición de una superficie de la carretera a partir del nivel de transmisión de vibración calculado anterior usando el mapa G- $\mu$ , previamente obtenido, que muestra la relación entre el nivel de transmisión de la vibración para cada velocidad del vehículo y la condición de una superficie de la carretera, almacenada en el medio de almacenamiento del nivel de vibración 26.

Los dos puntos que difieren entre sí en sus características de vibración relativa y que se requieren para obtener las características de transmisión de la vibración son preferentemente dos puntos que intercalan un elemento de amortiguación. Por lo tanto en la presente Realización 4, como se muestra en la Figura 11, los sensores de vibración anteriores 21A y 21B se montan en el lado exterior de la llanta 2A de una parte de la rueda 2 y sobre el brazo de suspensión 3A de la suspensión 3. El brazo de suspensión 3A sobre el que se monta el sensor de vibración 21B anterior está conectado a una parte del cubo 3C a través de un eje de goma próximo 3B, por lo que los dos sensores de vibración 21A y 21B están dispuestos con el elemento de amortiguación entre ellos.

Las Figuras 12(a) y 12(b) muestran los resultados de las mediciones de los niveles de transmisión de vibración medidos por el primer y el segundo sensores de vibración 21A y 21B montados sobre la parte de la rueda 2 y la parte de suspensión 3, respectivamente, siendo partes por debajo del muelle del vehículo. La Figura 12(a) muestra los niveles de transmisión de la vibración a baja velocidad ( $V = 20$  km/h) y la Figura 12(b) muestra los niveles de transmisión de la vibración a alta velocidad ( $V = 90$  km/h).

Como es obvio a partir de las figuras, los niveles de transmisión de la vibración sobre una carretera helada y una película de agua son extremadamente más elevados en una banda de frecuencia de 500 Hz a 2 kHz que los niveles de transmisión de la vibración en una carretera asfaltada seca regular. Esto es debido a que la rueda que incluye el neumático es excitada por la vibración dentro de la banda de la banda de rodadura 1, y la vibración entre el



neumático y la rueda y entre la suspensión y la rueda se transmite fácilmente dado que la limitación desde la superficie de la carretera de la banda de rodadura 1 es pequeña debido al bajo  $\mu$  de la carretera, dando como resultado un aumento en el nivel de transmisión de la vibración en la banda de frecuencia anterior.

5 Por lo tanto, mediante la supervisión del nivel de transmisión de la vibración en la banda anterior, se puede estimar la condición de una superficie de la carretera. Dicho más específicamente, se obtiene previamente el espectro de frecuencia de los niveles de transmisión de la vibración en varias condiciones de superficie de la carretera y se almacena como una curva maestra para la estimación de la condición de la superficie de la carretera, se convierte en frecuencia una función de transmisión de la vibración obtenida por el medio de cálculo de la función de transmisión 23 y el espectro de frecuencia obtenido se compara con la curva maestra anterior del espectro de frecuencia para estimar la condición de una superficie de la carretera. Alternativamente, se calcula el nivel de transmisión de la vibración en una banda de frecuencia de 500 Hz a 2 kHz, se establece un valor de umbral por encima del nivel de transmisión de la vibración y se estima que la carretera es una carretera de bajo  $\mu$  cuando el nivel de transmisión de la vibración anterior excede del valor de umbral anterior.

15 En la presente Realización 4, a diferencia de la técnica anterior descrita en la Solicitud de Patente Japonesa abierta a inspección pública N° 11-94661, se supervisa el nivel de transmisión de la vibración entre dos puntos de la parte por debajo del muelle del vehículo, haciendo posible de ese modo estimar la condición de una superficie de la carretera con alta precisión sin que se esté influenciado por perturbaciones tales como la rugosidad de la superficie de la carretera.

20 Como se muestra en la Figura 13, se puede montar un metal como "flotante" 4 en la parte de la rueda 3 a través de un elemento de amortiguación 5 hecho de un material elástico y el segundo sensor de vibración 21B se puede montar sobre este "flotante" 4 para medir las características de transmisión de la vibración entre la parte de la rueda anterior 3 y el "flotante" 4 con el primer sensor de vibración 21A y el segundo sensor de vibración 21B montado sobre la parte de rueda 3, respectivamente.

25 El elemento de amortiguación 5 puede ser un estabilizador o un casquillo de enlace o puede estar adherido a una parte por debajo del muelle existente. El elemento de amortiguación está hecho de una goma que tenga características elásticas (en base a silicona, olefina, o fenileno) o de resina (en base a uretano o teflón).

30 En las anteriores Realizaciones 1 a 4, se han tomado como ejemplo de carreteras la carretera asfaltada regular seca y la carretera que tiene un bajo coeficiente de fricción  $\mu$  en la superficie de la carretera. El tipo de carretera no está limitado a éstas y se fija una carretera adecuadamente de acuerdo con el entorno y distrito en donde el vehículo se usa, y las condiciones de la superficie de la carretera se pueden clasificar en tres o más condiciones estimadas de superficie de la carretera, por ejemplo, (1) carretera de  $\mu$  elevado ( $\mu \geq 0,6$ ), (2) carretera de  $\mu$  intermedio ( $0,3 \leq \mu < 0,6$ ), y (3) carretera de  $\mu$  bajo ( $\mu < 0,3$ ).

35 Dado que el nivel de vibración de las Realizaciones 1 a 3 anteriores y el nivel de transmisión de la vibración de la Realización 4 anterior cambian por las variaciones en el tiempo en la presión de aire y la temperatura de cada neumático, la dureza de la goma o la cantidad de desgaste de la banda de rodadura, si la curva maestra o el valor de umbral se pudiera cambiar por los valores de datos anteriores, la precisión de la estimación de la condición de una superficie de la carretera se podría mejorar adicionalmente.

40 En las Realizaciones 1 a 4 anteriores, se estima la condición de la superficie de la carretera a partir del nivel de vibración o de nivel de transmisión de la vibración usando la curva maestra de las formas de onda de la vibración o el espectro de frecuencia de varias condiciones de superficie de la carretera. Se realiza un ensayo de rodadura y un ensayo de frenada sobre varias condiciones de superficie de la carretera, se miden los niveles de vibración o los niveles de transmisión de la vibración en estos momentos y se calcula el coeficiente de fricción  $\mu$  de la superficie de la carretera entre el neumático y la superficie de la carretera de ensayo a partir de la distancia de frenado sobre la superficie de la carretera para trazar una curva maestra de las formas de onda de vibración o espectro de frecuencia en cada coeficiente de fricción  $\mu$  de superficie de la carretera, haciendo posible de ese modo construir un aparato de estimación de la condición de la superficie de la carretera capaz de estimar el coeficiente de fricción  $\mu$  de la superficie de la carretera usando la curva maestra a partir del nivel de vibración o del nivel de transmisión de la vibración medido mientras se circula.

50 Por ejemplo, la Figura 14 traza el coeficiente de fricción  $\mu$  de la superficie de la carretera obtenido a partir de la distancia de frenado sobre una carretera helada, carretera con nieve y carretera asfaltada seca en el eje de accisas y el tamaño del nivel de transmisión de la vibración a 50 Hz a 2 kHz de la función de transmisión de la vibración descrita en la Realización 4 anterior (en el momento de circular a una velocidad fija de 20 km/h) en el eje de ordenadas. De ese modo, dado que el coeficiente de fricción  $\mu$  de la superficie de la carretera y el nivel de transmisión de la vibración están próximamente correlacionados entre sí ( $R^2 = 0,9983$ ), se puede estimar con gran precisión el coeficiente de fricción  $\mu$  de la superficie de la carretera a partir del nivel de transmisión de la vibración medido mientras se circula.

**Realización 5**

En las Realizaciones 1 a 4 anteriores, se ha descrito el procedimiento de estimación de la condición de una superficie de la carretera a partir del nivel vibración o del nivel de transmisión de la vibración de una parte por debajo del muelle del vehículo. Cuando se ha estimado a partir del nivel de vibración o del nivel de transmisión de la vibración anterior cómo de deslizante es la superficie de la carretera y la condición de la superficie de la carretera se estima que es deslizante, es posible dar un aviso del riesgo al conductor o pasajero.

La Figura 15 es un diagrama que muestra la constitución de un aparato de aviso de carretera deslizante 30 de acuerdo con la Realización 5. El aparato de aviso de carretera deslizante 30 comprende medios de almacenamiento del mapa 36 para el almacenamiento del mapa de la zona de aviso que tiene dos zonas de aviso Z1 y Z2 delimitadas por una velocidad del vehículo V y el tamaño del nivel de vibración mostrado en la Figura 16 en lugar del medio de almacenamiento del nivel de vibración 16 de la Realización 1 anterior, medios para juzgar la condición de la carretera 35 para juzgar donde se sitúa el nivel de vibración de la banda de rodadura 1, obtenido mediante el medio de cálculo de distribución de la vibración 14 y la velocidad del vehículo, en el mapa de la zona de aviso anterior en lugar del medio de estimación de la condición de la superficie de la carretera 15 de la Realización 1 anterior y medios de aviso adicional 37 para el aviso al conductor o pasajero de un riesgo cuando el nivel de vibración medido y la velocidad del vehículo están dentro de la zona de aviso anterior Z1 o Z2.

El aparato de aviso de carretera deslizante 30 de la Realización 5 activa un medio de aviso 37, por ejemplo, enciende y apaga una lámpara roja no mostrada cuando el nivel de vibración correspondiente a la velocidad del vehículo de la banda de rodadura 1 está en la zona de aviso Z1 de la primera etapa y hace sonar una alarma y enciende y apaga la luz roja anterior cuando el nivel de vibración anterior está en la zona de aviso Z2 de la segunda etapa. Por ello, el aparato de aviso de carretera deslizante 30 avisa al conductor o al pasajero del riesgo de la superficie de la carretera. Dado que se le puede informar al conductor mientras está circulando del riesgo de la condición de la superficie de la carretera, el conductor puede tomar acciones anticipadas para desacelerar y se puede esperar una reducción en el número de accidentes.

**Ejemplo**

Cuando se hizo que circulara un vehículo de ensayo con el aparato de aviso de carretera deslizante 30 anterior sobre una carretera asfaltada seca o una carretera mojada (acumulación de agua que tenía una profundidad de 10 mm) mediante el aumento de la velocidad del vehículo a 20, 40, 60, 80 y 90 km/h gradualmente, el nivel de vibración de la banda de rodadura 1 se elevó cuando la velocidad del vehículo aumentó sobre la carretera asfaltada seca regular (marcada con □) y la carretera mojada (marcada con O) en donde fácilmente tiene lugar hidrodeshlizamiento como se muestra en la Figura 16. Particularmente cuando la carretera estaba mojada y la velocidad del vehículo era alta, el nivel de vibración anterior dio un salto. Sobre carretera mojada, el aviso de la primera etapa se dio cuando la velocidad del vehículo llegó a 60 km/h y el aviso de la segunda etapa se dio cuando la velocidad del vehículo llegó a 80 km/h o más. Por ello, se confirmó que se podría conseguir el objeto de la presente invención.

En la Realización 5 anterior, se dio un aviso por la estimación del deslizamiento de la carretera mediante la obtención de la distribución del nivel de vibración de una parte por debajo del muelle del vehículo medido por el sensor de vibración como en la Realización 1 anterior. Como en las Realizaciones 2 y 3, el deslizamiento de la carretera se puede estimar a partir del nivel vibración en una banda de frecuencia predeterminada o el valor obtenido mediante la realización de una operación sobre al menos dos niveles de vibración en diferentes bandas de frecuencia del espectro de frecuencia del nivel de vibración obtenido mediante la conversión en frecuencia del nivel de vibración anterior.

**Realización 6**

En la realización 5 anterior, se juzgó directamente el riesgo de la condición de la carretera a partir del nivel de vibración medido de la parte por debajo del muelle del vehículo. Se detectan los estados de vibración de dos puntos de la parte por debajo del muelle del vehículo y se estima el deslizamiento de la superficie de la carretera a partir del nivel de transmisión de la vibración entre los dos puntos anteriores para dar un aviso.

La Figura 17 es un diagrama que muestra la constitución de un aparato de aviso de carretera deslizante 40 de acuerdo con la Realización 6 de la presente invención. El aparato de aviso de carretera deslizante 40 comprende medios de almacenamiento del mapa 46 para el almacenamiento del mapa de las zonas de aviso que tienen dos zonas de aviso K1 y K2 delimitadas por la velocidad del vehículo y el nivel de transmisión de la vibración G mostrado en la Figura 18 en lugar del medio de almacenamiento del nivel de vibración 26 de la Realización 4 anterior, medios para juzgar la condición de la superficie de la carretera 45 para juzgar en donde se sitúan el nivel de transmisión de la vibración obtenido por el medio de cálculo del nivel de transmisión de la vibración 24 y la velocidad del vehículo dentro del mapa de aviso anterior en lugar de los medios de estimación de la condición de la superficie de la carretera 25 y medios de aviso adicionales 47 para dar el aviso al conductor o pasajero del riesgo cuando el nivel de transmisión de la vibración medido anterior y la velocidad del vehículo están en las zonas de aviso K1 o K2 anteriores. Cuando el nivel de vibración de la banda de rodadura y la velocidad del vehículo están en la zona de aviso K1 de la primera etapa o en la zona de aviso K2 de la segunda etapa, los medios de aviso 47 se activan para

avisar al conductor o pasajero del riesgo de la superficie de la carretera.

### **Ejemplo**

5 Cuando se hizo que circulara un vehículo de ensayo con el aparato de aviso de carretera deslizante 40 anterior sobre una carretera asfaltada seca o una carretera helada a una velocidad fija de 20, 30 ó 40 km/h se dio una alarma de la segunda etapa a todas las velocidades sobre la carretera helada. Por ello, se confirmó que se podría conseguir el objeto de la presente invención.

10 En las Realizaciones 5 y 6 anteriores, el riesgo de la condición de la superficie de la carretera se juzgó directamente a partir del nivel de transmisión de la vibración medido. Se puede construir un aparato de cálculo de la condición de la superficie de la carretera estimada similar al aparato de estimación del estado de rodadura del vehículo 10 y 20 de las Realizaciones 1 a 4 anteriores y se puede avisar de un riesgo al conductor o pasajero de acuerdo con la condición de una superficie de la carretera calculada mediante el aparato de cálculo de la condición de la superficie de la carretera estimada. En este caso, no es necesario decir que las condiciones de la superficie de la carretera anteriores y las zonas de aviso se pueden ajustar para relacionar las condiciones de la superficie de la carretera estimadas con las zonas de aviso ajustadas.

### **Realización 7**

15 En la Realización 2 anterior, se ha descrito el procedimiento de estimación de la condición de la superficie de la carretera mediante el cálculo del nivel de vibración en una banda de frecuencia predeterminada a partir del espectro de frecuencia del nivel de vibración de una parte por debajo del muelle del vehículo obtenida por el medio de análisis de frecuencia 14F. Como se muestra en la Figura 19, se proporcionan medios de cálculo de la vibración natural 17A para el cálculo de la frecuencia de vibración natural de cada neumático a partir del nivel de vibración en una banda de frecuencia de 200 Hz o menor del nivel de vibración detectado, medios de estimación de la presión de aire 17B para la estimación de la presión de aire de cada neumático a partir de la frecuencia calculada de la vibración natural del neumático y medios de estimación del estado de rodadura del neumático 18, para la estimación del estado de rodadura de cada neumático a partir de la presión de aire estimada del neumático, para estimar el estado de rodadura del neumático que es uno de los estados de rodadura del vehículo.

20 La Figura 20 muestra la relación entre la frecuencia de la vibración natural del neumático (Hz) y la presión de aire (MPa) del neumático real. Dado que la frecuencia de la vibración natural del neumático y la presión de aire del neumático anteriores están cercanamente correlacionadas entre sí ( $R^2 = 0,9891$ ), se detecta el nivel de vibración de una parte por debajo del muelle del vehículo y se analiza la frecuencia de modo que se puede estimar con alta precisión la presión de aire del neumático a partir del nivel de vibración en una banda de frecuencia de 200 Hz o menor en el nivel de vibración detectado.

25 En la presente realización, se proporciona medios de supervisión de la presión del neumático 19A para la supervisión de la presión del neumático mientras circula usando la presión de aire estimada anterior y medios de aviso de reducción en la presión del neumático 19B para la aviso al pasajero de una reducción en la presión del neumático cuando la presión de aire supervisada por el medio de supervisión de la presión de aire anterior 19A cae por debajo de un valor predeterminado para avisar al pasajero de una reducción en la presión del neumático. De ese modo, se puede estimar el estado de rodadura del neumático y cuando la presión del neumático supervisada mientras circula cae por debajo de un valor predeterminado, esto se puede avisar al pasajero, haciendo por ello posible mejorar la seguridad del vehículo.

### **Realización 8**

30 En la Realización 7 anterior, se estima la presión de aire del neumático mediante el cálculo de la frecuencia de la vibración natural del neumático a partir del nivel de vibración en una banda de frecuencia de 200 Hz o menor del nivel de vibración de una parte por debajo del muelle del vehículo por medio del medio de cálculo de vibración natural del neumático 17A y del medio de estimación de la presión de aire del neumático 17. Como se muestra en la Figura 21, se proporcionan medios de detección de la velocidad de revolución del neumático 27, medios de estimación del estado de rodadura del neumático 28 para la estimación del estado del neumático mientras circula mediante el cálculo del cambio medio en el valor del nivel de vibración por la velocidad de revolución del neumático en una banda de frecuencia de 100 Hz o menor del nivel de vibración detectado, medios de detección de anomalía en el neumático 29A para juzgar que el neumático está en una situación anormal cuando el valor medio calculado del nivel de vibración excede del valor de referencia preestablecido y medios de aviso de anomalía en el neumático 29B para el aviso al pasajero de la anomalía en el neumático en base al resultado de la detección del medio de detección de la anomalía del neumático anterior 29A, para estimar el estado de rodadura del neumático para juzgar la anomalía en el neumático, haciendo posible de ese modo avisar al pasajero de esta anomalía.

35 Por ejemplo, cuando parte de la parte de banda de rodadura se despegga, el aire en el interior del neumático queda excitado por la generación de la vibración cada vez que la parte hace contacto con la superficie de una carretera. Cuando tiene lugar la perturbación de despegado inicial en un lado sobre la superficie exterior del neumático, la vibración generada es por ello periódica de acuerdo con la revolución del neumático. El ciclo es de

aproximadamente 14 Hz (primaria), 28 Hz (secundaria) y 42 Hz (terciaria) a una velocidad de 100 km/h en el caso del neumático para un vehículo de pasajeros general. El pico anterior aparece en general por el contacto con la calzada del neumático incluso mientras circula pero cuando tiene lugar una perturbación de despegue en un lado de la superficie exterior del neumático, el nivel del pico anterior es extremadamente alto, por lo que se estima que algo anormal ocurre en el neumático.

Por lo tanto, se calcula un nivel de vibración en una banda de frecuencias de 100 Hz o menor (por ejemplo, 14 Hz, 28 Hz o 42 Hz) del nivel de vibración de una parte por debajo del muelle del vehículo mediante el medio de estimación del estado de rodadura del neumático anterior 28, se juzga que el neumático está en una condición anormal cuando el valor medio del nivel de vibración calculado excede un valor de referencia predeterminado y esta información se envía al medio de detección de la anomalía en el neumático 29A para avisar al pasajero de la aparición de la anomalía en el neumático.

La Figura 22 es un diagrama que muestra los resultados de la comparación entre el nivel de vibración (dB) de un neumático defectuoso que tiene un corte en un lado sobre la superficie exterior entre la banda de rodadura del neumático y el talón de acero y el de un neumático normal. Dicho más específicamente, el neumático defectuoso anterior y el neumático normal se hicieron circular sobre un tambor interior a una velocidad fija de 100 km/h para medir sus niveles de vibración y analizar las frecuencias de los niveles de vibración.

Como se ha descrito anteriormente, incluso en el caso del neumático normal, aparecen picos en las frecuencias de aproximadamente 14 Hz (primaria), 28 Hz (secundaria), 42 Hz (terciaria),... mientras que en el caso del neumático defectuoso, como se muestra en una línea discontinua en la figura, los tamaños de los picos son aproximadamente 20 dB más grandes que los del neumático normal. Los picos son mucho mayores que los picos del neumático normal a las frecuencias anteriores, lo que se establece como referencia para la detección de un problema en el neumático y se puede detectar un problema en el neumático mediante la detección del nivel de vibración en la parte por debajo del muelle del vehículo.

El valor de referencia anterior se establece en un intervalo de 1,2 a 5 veces el nivel de vibración en una frecuencia de decisión de referencia  $F_n = n \times V / (2\pi r)$  cuando el vehículo circula a una velocidad de vehículo  $V$  predeterminada mientras no sucede ninguna anomalía en el neumático para detectar la anomalía anterior con alta precisión. En la ecuación anterior,  $r$  es el radio de rodadura del neumático y  $n$  es un número natural.

El valor de referencia anterior se puede cambiar por las variaciones con el tiempo en la temperatura, la cantidad de desgaste de la banda de rodadura del neumático o el deterioro de la dureza de la goma.

### **Realización 9**

La Figura 23 es un diagrama que muestra la constitución de un aparato de control del vehículo 50 de acuerdo con la Realización 9. El aparato del control del vehículo 50 comprende sensores de vibración 21A y 21B instalados en dos puntos diferentes de una parte por debajo del muelle del vehículo, medios de detección del vehículo 12, medios de cálculo de la función de transmisión 23 para el cálculo de una función de transmisión de la vibración entre los dos puntos anteriores a partir de los niveles de salida (niveles de vibración) de los sensores de vibración anteriores 21A y 21B, medios de cálculo del nivel de transmisión de la vibración 24 para el cálculo de un nivel de vibración en una banda de frecuencia predeterminada a partir de las características de frecuencia de la función de transmisión anterior, medios de estimación de la condición de la superficie de la carretera 25 para la recepción del nivel de transmisión de vibración calculado anterior y una velocidad del vehículo a partir del medio de detección de velocidad del vehículo anterior 12 y la estimación de la condición de una superficie de la carretera usando el mapa  $G-\mu$  obtenido previamente que muestra la relación entre el nivel de transmisión de la vibración para cada velocidad del vehículo y la condición de la superficie de la carretera almacenada en el medio de almacenamiento del nivel de vibración 26 y medios de control del vehículo 57 para el control del estado de rodadura del vehículo en base a la condición estimada de la superficie de la carretera obtenida por el medio de estimación de la condición de la superficie de la carretera 25.

El aparato de control del vehículo 57 anterior controla la presión de aire del neumático en base a la condición estimada anterior de la superficie de la carretera y disminuye la distancia de frenado sobre una carretera deslizante. Por ejemplo, mediante la reducción de la presión de aire del neumático sobre una carretera de bajo  $\mu$  tal como una carretera helada, se puede acortar la distancia de frenado sobre una carretera de bajo  $\mu$ .

Esto es, cuando la carretera se estima como una carretera que bajo  $\mu$ , se reduce la presión de aire del neumático por el medio de control del vehículo 57 para aumentar el área de contacto con la calzada del neumático, aumentando de ese modo la fuerza de fricción entre la superficie de la carretera y el neumático para acortar la distancia de frenado.

Es aceptable cualquier sistema de control automático de la presión del aire pero el sistema comprende un medidor de presión, un controlador, una rueda con una válvula de control de presión, un manguito flexible de unión, un tanque de reserva y un compresor, por ejemplo.

El aparato de control del vehículo 50 puede estar provisto con medios de aviso al conductor o al pasajero de un

riesgo de acuerdo con la condición de la superficie de la carretera como se ha descrito anteriormente para controlar el estado de rodadura y dar un aviso al mismo tiempo.

### Ejemplo

- 5 Se realizó un ensayo de frenado sobre una carretera asfaltada seca y una carretera helada usando un vehículo de ensayo que estaba cargado con el aparato de control del vehículo 50 de la presente Realización 9 para el control de la presión de aire de cada neumático para confirmar si se podría acortar la distancia de frenado mediante el control automático de la presión de aire del neumático cuando el vehículo se frenaba sobre una carretera helada. El aparato de control del vehículo anterior 50 estaba provisto con un aparato de aviso de carretera deslizante similar a los de las Realizaciones 5 y 6 anteriores.
- 10 Se confirmó primero que cuando se hizo que el vehículo de ensayo de la presente invención entrara en una carretera helada a una velocidad fija  $V$  de 20 km/h, se dio un aviso y a la vez la presión de aire del neumático se redujo automáticamente desde 220 a 160 kPa. Esto es debido a que cuando se detecta que el vehículo entra en la zona helada, el calculador se programa para dar una instrucción para reducir la presión de aire. Adicionalmente, cuando se realizó el ensayo de frenado sobre una carretera asfaltada seca y una carretera helada, la distancia de frenado de un vehículo con un aparato de control convencional fue el 85% más larga que cuando circulaba sobre la
- 15 carretera asfaltada mientras que la distancia de frenado del vehículo de ensayo de la presente invención fue del 59% más larga. Esto es, la distancia de frenado de la presente invención se puede acortar en aproximadamente el 14% sobre la carretera de asfalto y aproximadamente el 30% sobre la carretera helada. Se confirmó a partir de este resultado que el vehículo se puede detener con seguridad incluso sobre la carretera helada mediante el uso del
- 20 aparato de control del vehículo 50 de la presente Realización 9.
- En la Realización 9 anterior, se proporcionan medios de control del vehículo para el control del estado de bloqueo de cada rueda y la presión de aire de cada neumático en base a la condición estimada de una superficie de la carretera para controlar la distancia de frenado sobre la carretera de bajo  $\mu$ . La distancia de frenado sobre la carretera de bajo  $\mu$  se puede acortar también mediante la realización de un control de deslizamiento de un vehículo mediante el
- 25 control de la unidad de freno de cada rueda de modo independiente.
- Alternativamente, se pueden proporcionar medios de control del vehículo para el control del deslizamiento de un vehículo para realizar un control de deslizamiento del vehículo, por ejemplo, mediante el control de la unidad de freno de cada rueda de modo independiente en base a la condición estimada de una superficie de la carretera, haciendo de ese modo posible reducir la distancia de frenado sobre una carretera de bajo  $\mu$ .
- 30 Adicionalmente, se pueden proporcionar medios de control del vehículo para el control del estado de patinaje de cada rueda para controlar el estado de patinaje de la rueda mediante el control de la unidad de frenado o la velocidad del motor en base a la condición estimada de una superficie de la carretera, haciendo posible de este modo reducir la distancia de frenado sobre una carretera de bajo  $\mu$ .
- Adicionalmente, en un vehículo con un sistema de conducción automática, se puede proporcionar medios de control del vehículo para el control del cambio del valor de ajuste de la distancia entre vehículos para cambiar el valor de
- 35 ajuste de la distancia entre vehículos anterior en base a la condición estimada de la superficie de la carretera de modo que se controle la distancia entre vehículos en un valor apropiado, haciendo posible de ese modo mantener sin fallos una distancia entre vehículos segura incluso en una carretera de bajo  $\mu$ .
- En el ejemplo anterior, el estado de rodadura de un vehículo se controla en base a la condición de una superficie de la carretera estimada a partir del nivel de transmisión de la vibración como en la Realización 4. Como en las Realizaciones 1 a 3, el estado de rodadura del vehículo se puede controlar en base a la condición de una superficie de la carretera estimada a partir del nivel de vibración.
- 40 Alternativamente, se puede controlar el estado de rodadura del vehículo en base al estado de rodadura de cada neumático estimada por el medio de estimación del estado de rodadura del neumático 18 ó 28 mostrados en la
- 45 Realización 6 ó 7.
- Como se ha descrito anteriormente, de acuerdo con la presente invención, se detecta el nivel de vibración de una parte por debajo del muelle de un vehículo en rodadura o el nivel de transmisión de la vibración entre al menos dos puntos de la parte por debajo del muelle de un vehículo para estimar la condición de una superficie de la carretera sobre la que está circulando el vehículo. Por lo tanto, incluso aunque la carretera sea rugosa, lo que ha sido difícil con las técnicas anteriores o cuando el ángulo de deslizamiento es nulo, se puede estimar la condición de la
- 50 superficie de la carretera con precisión. Usando la condición estimada de la superficie de la carretera, se avisa del riesgo de la condición de la superficie de la carretera a los pasajeros o se puede realizar un control por realimentación del estado de rodadura del vehículo, haciendo posible de ese modo mejorar grandemente la seguridad del vehículo.
- 55 Adicionalmente, se detecta la condición de una superficie de la carretera o la presión de aire de cada neumático a partir del nivel de vibración en una pluralidad de bandas de frecuencia del nivel de vibración para detectar la condición de la superficie de la carretera o el estado de rodadura del neumático incluyendo la existencia de una

anormalidad en el neumático. Por lo tanto, se puede construir un sistema de detección multifunción que pueda detectar con precisión la condición de la superficie de la carretera, la presión del neumático y adicionalmente la existencia de una anomalía en el neumático con un sensor, que tenga una estructura simple y muchas funciones y no sea caro.

- 5 En la presente invención, dado que se monta en una rueda un aparato para la estimación de la condición de contacto con la calzada de cada neumático o la condición de una superficie de la carretera y una unidad de generación de energía para la generación de energía por la rodadura del neumático y la alimentación de la energía al aparato anterior, para controlar las características de cada neumático en base al estado de rodadura estimado del vehículo, el estado contacto con la calzada del neumático se puede estimar y controlar establemente durante un
- 10 largo tiempo sin cambiar la estructura del chasis del vehículo.

- Adicionalmente, dado que la unidad de generación de energía anterior comprende un rotor magnetizado y que se hace girar por la rodadura del neumático, un estator hecho a partir de un material de alta permeabilidad magnética y adyacente al rotor, una bobina de generación de energía instalada dentro de un circuito magnético que incluye el rotor y el estator anteriores y un condensador para la acumulación de la fuerza electromotriz generada en esta
- 15 bobina de generación de energía, se hace posible un suministro de alimentación mediante la energía obtenida a partir de la rodadura del neumático de modo semipermanente y sus funciones se pueden mantener establemente durante un largo tiempo.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de estimación del estado de rodadura de un vehículo que comprende las etapas de:

5 la detección del nivel de vibración de una parte por debajo del muelle de un vehículo en rodadura por medios (11) de detección del nivel de vibración montados en la superficie interior de una banda de rodadura del neumático;  
 la detección de una forma de onda de los cambios en el tiempo en el nivel de vibración; y  
 la estimación de al menos una de las condiciones de la superficie de la carretera sobre la que el vehículo está circulando y el estado de rodadura de cada neumático mediante la comparación de dicha forma de onda de cambio en el tiempo en el nivel de vibración con una curva maestra dependiente de la velocidad del vehículo.

2. Un aparato de estimación del estado de rodadura de un vehículo que comprende:

15 medios (11) de detección del nivel de vibración de una parte por debajo del muelle de un vehículo en rodadura, en el que dichos medios (11) se montan en la superficie interior de una banda de rodadura (1) del neumático;  
 medios (13) de cálculo de la forma de onda de los cambios en el tiempo en el nivel de vibración;  
 medios de almacenamiento de nivel de vibración (16) para el almacenamiento de las curvas maestras dependientes de la velocidad; y  
 medios de estimación de las condiciones de la superficie de la carretera (15) para la estimación de la condición de la superficie de la carretera sobre la que el vehículo está circulando mediante la comparación de dicha forma de onda de los cambios en el tiempo en el nivel de vibración con una curva maestra.

3. Un aparato de estimación del estado de rodadura de un vehículo como se reivindica en la reivindicación 2, que comprende además medios (14) de cálculo del nivel de vibración de la forma de onda de al menos uno de entre la parte del borde de ataque del neumático, la parte de contacto con la calzada del neumático y la parte del borde de salida del neumático.

25 4. Un aparato de estimación del estado de rodadura de un vehículo que comprende el aparato de estimación del estado de rodadura del vehículo como se ha reivindicado en la reivindicación 2 ó 3, medios (35) para juzgar el deslizamiento de la superficie de la carretera en base a la condición de la superficie de la carretera estimada por el medio de estimación de la condición de la superficie de la carretera y medios de aviso (37) para dar un aviso cuando se juzga que la condición de la superficie de la carretera es deslizante.

30 5. Un aparato de estimación del estado de rodadura de un vehículo como se ha reivindicado en la reivindicación 4, que comprende además medios de detección de la velocidad del vehículo (12) para cambiar la decisión sobre el deslizamiento de una superficie de la carretera y el nivel de aviso en base a la velocidad del vehículo.

FIG. 1

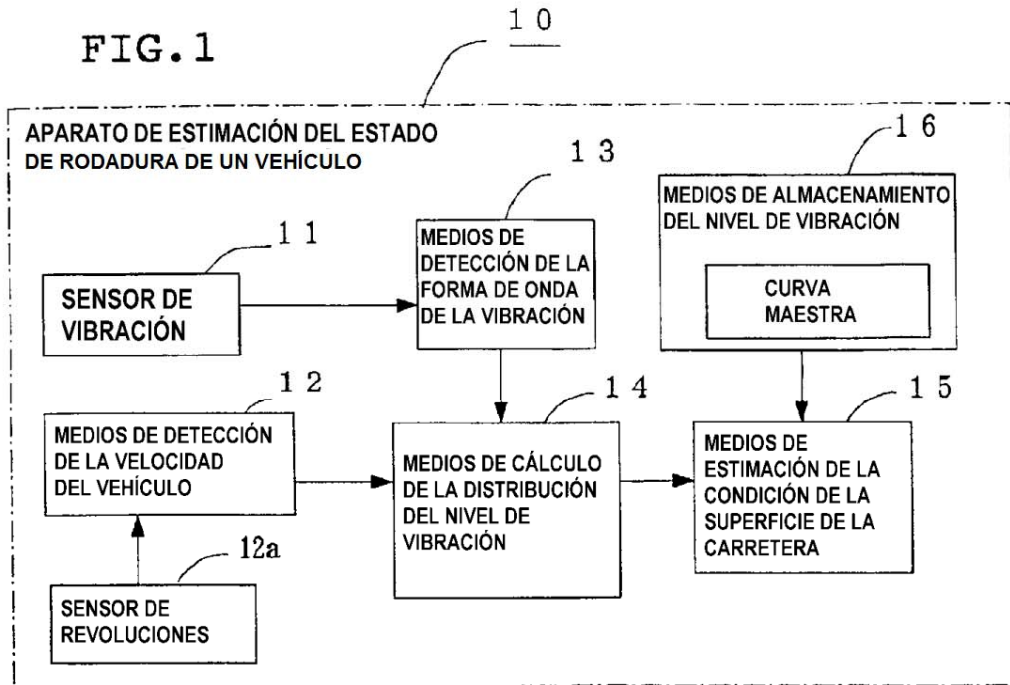




FIG.2 (a)

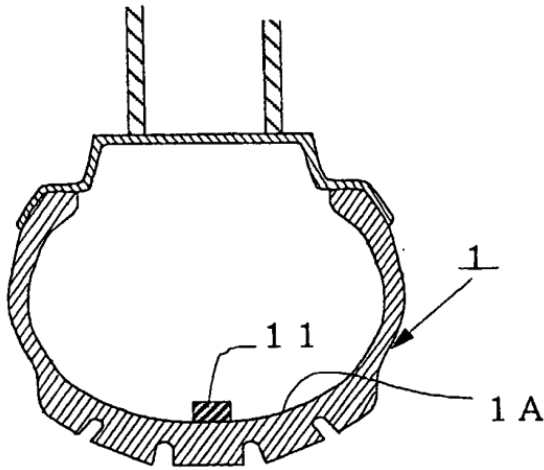


FIG.2 (b)

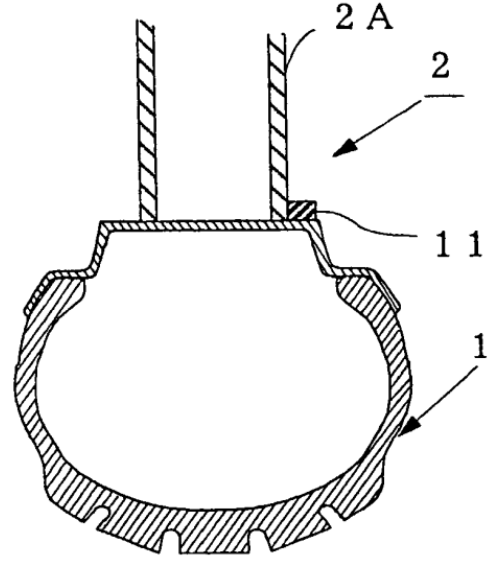
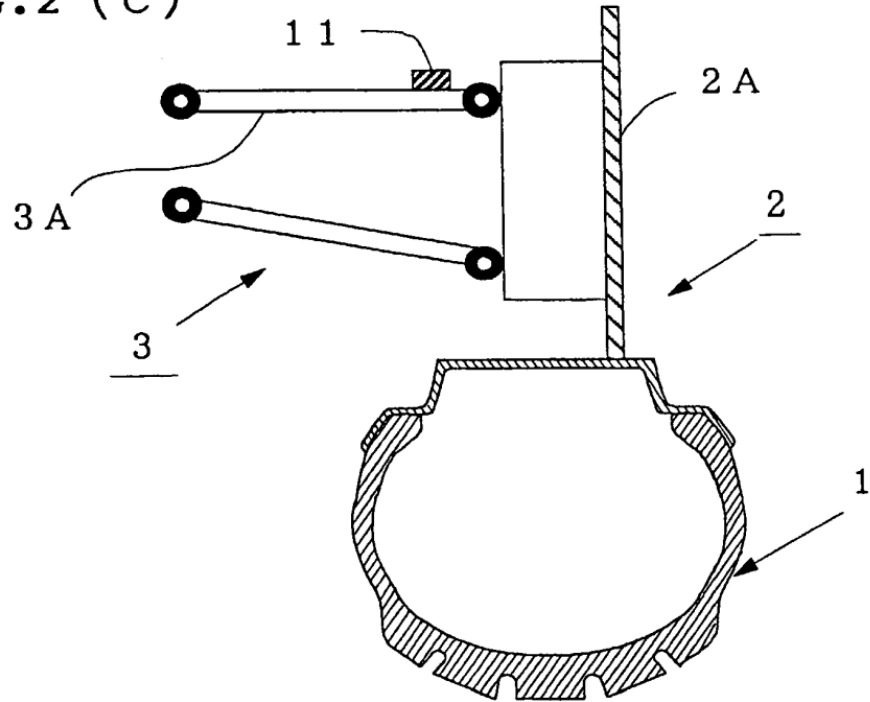


FIG.2 (c)



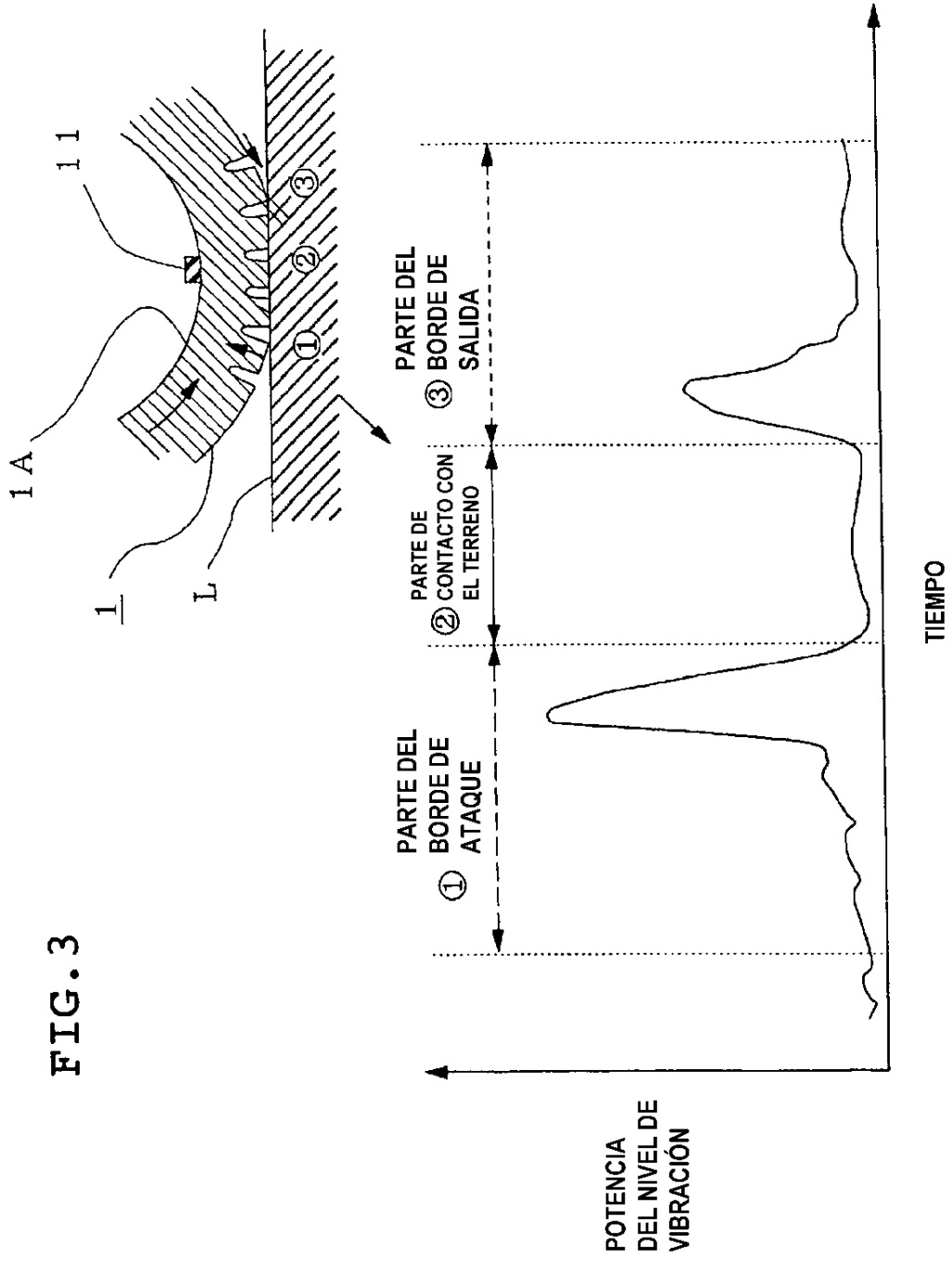


FIG. 3

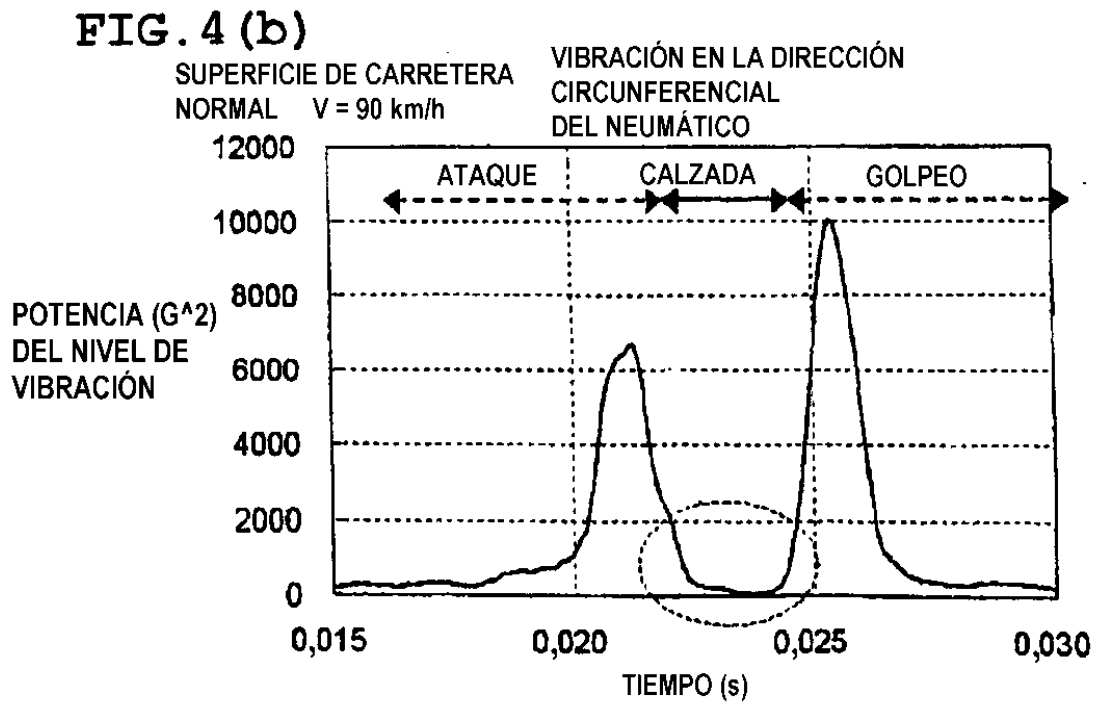
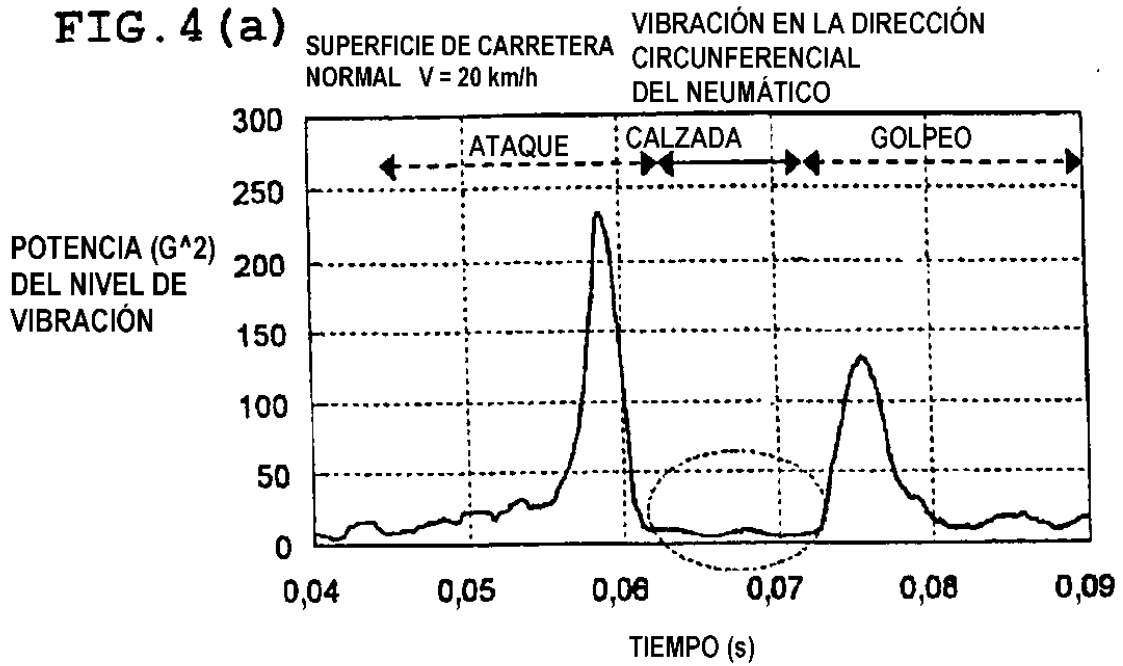


FIG. 5 (a)

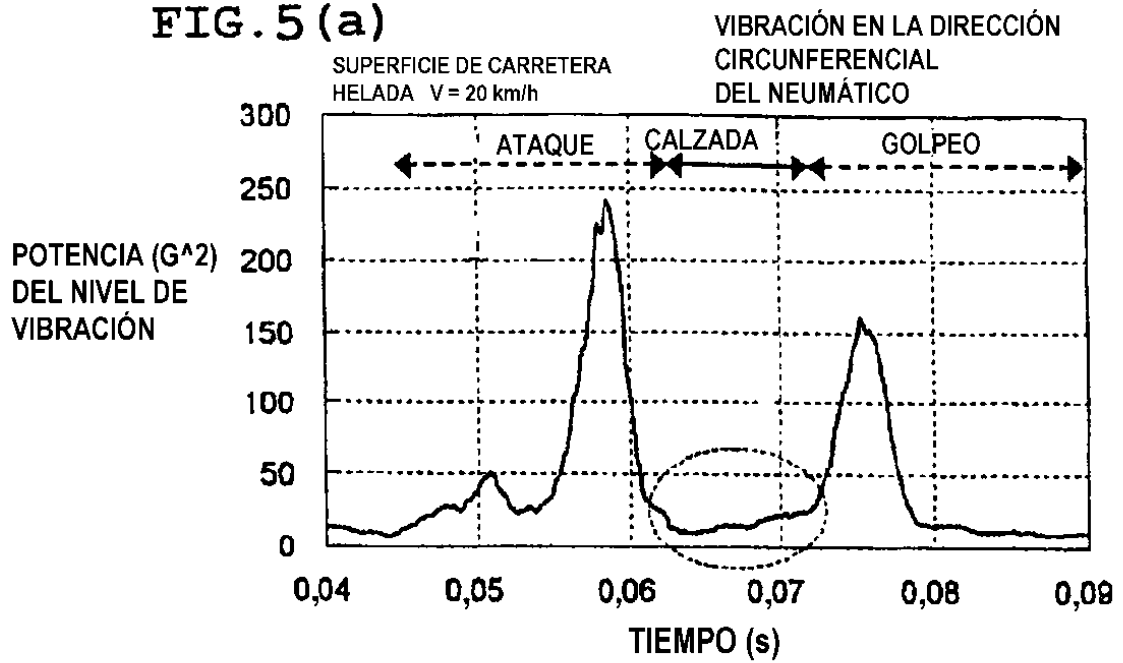


FIG. 5 (b)

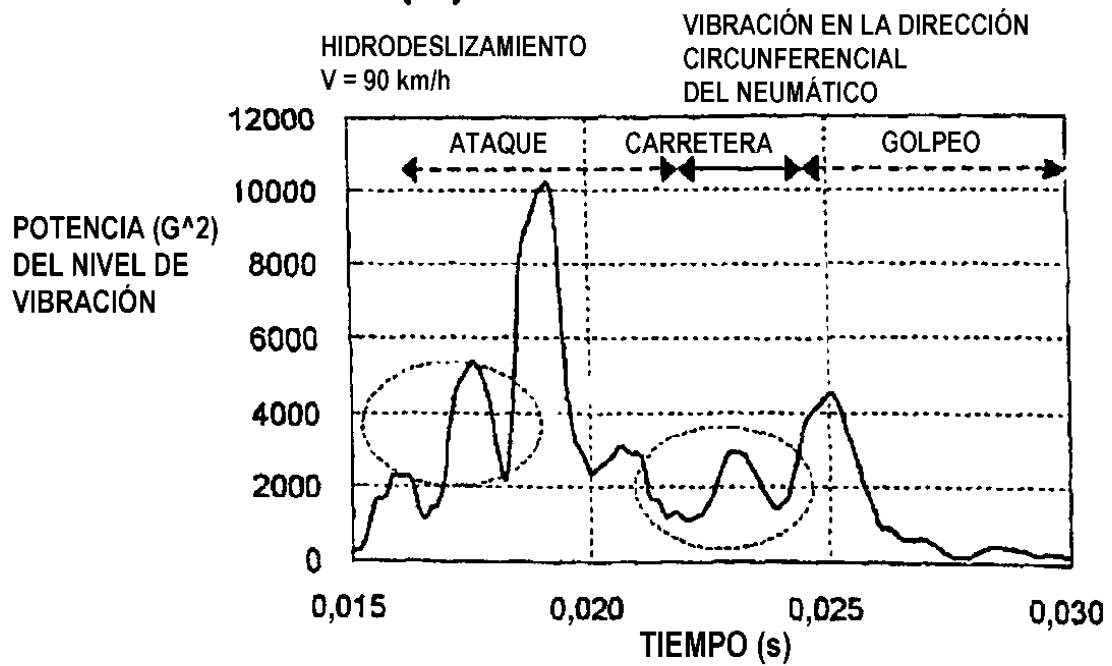


FIG. 6

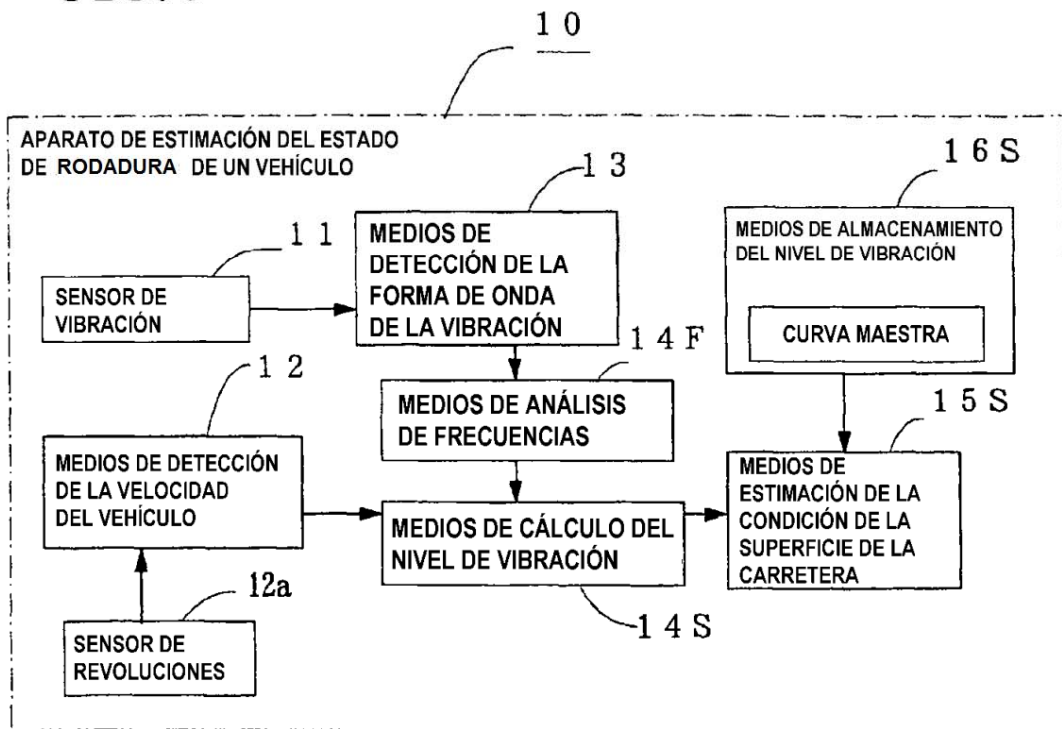


FIG. 7 (a)

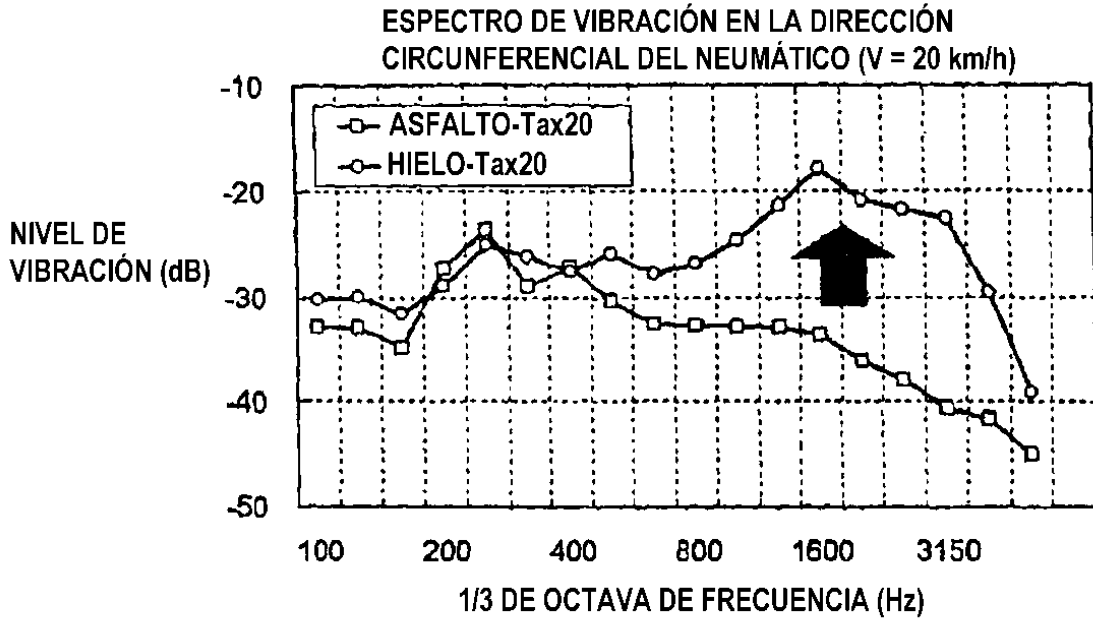


FIG. 7 (b)

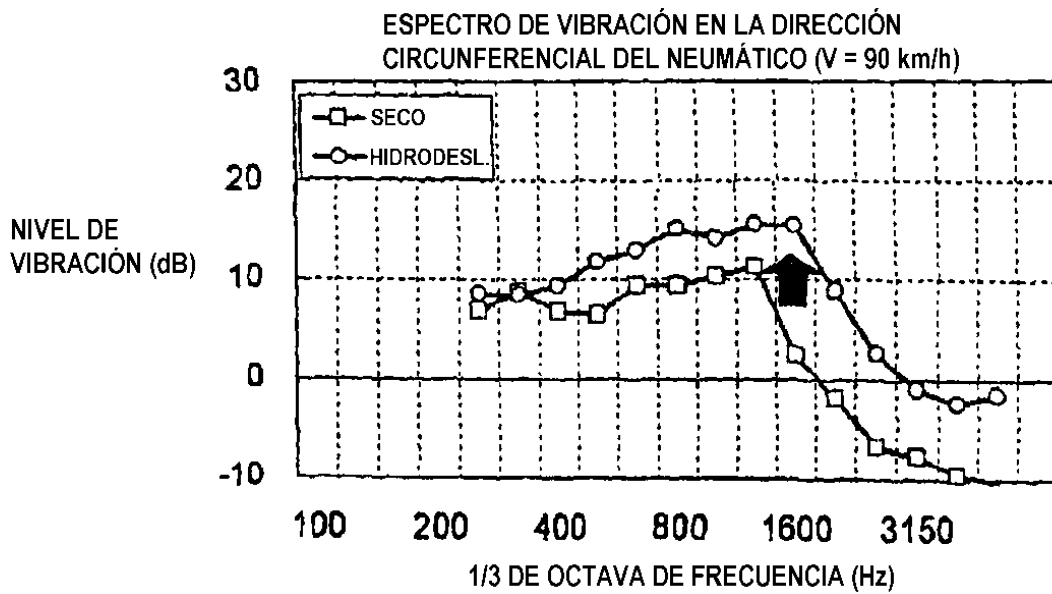


FIG. 8

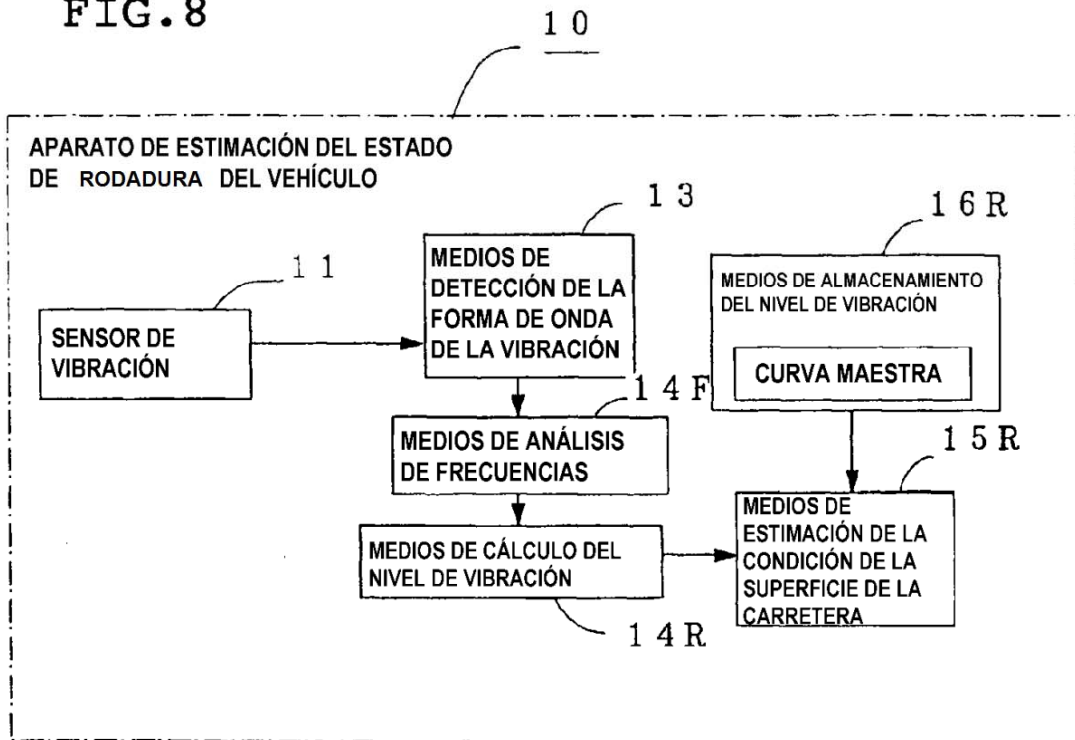


FIG. 9

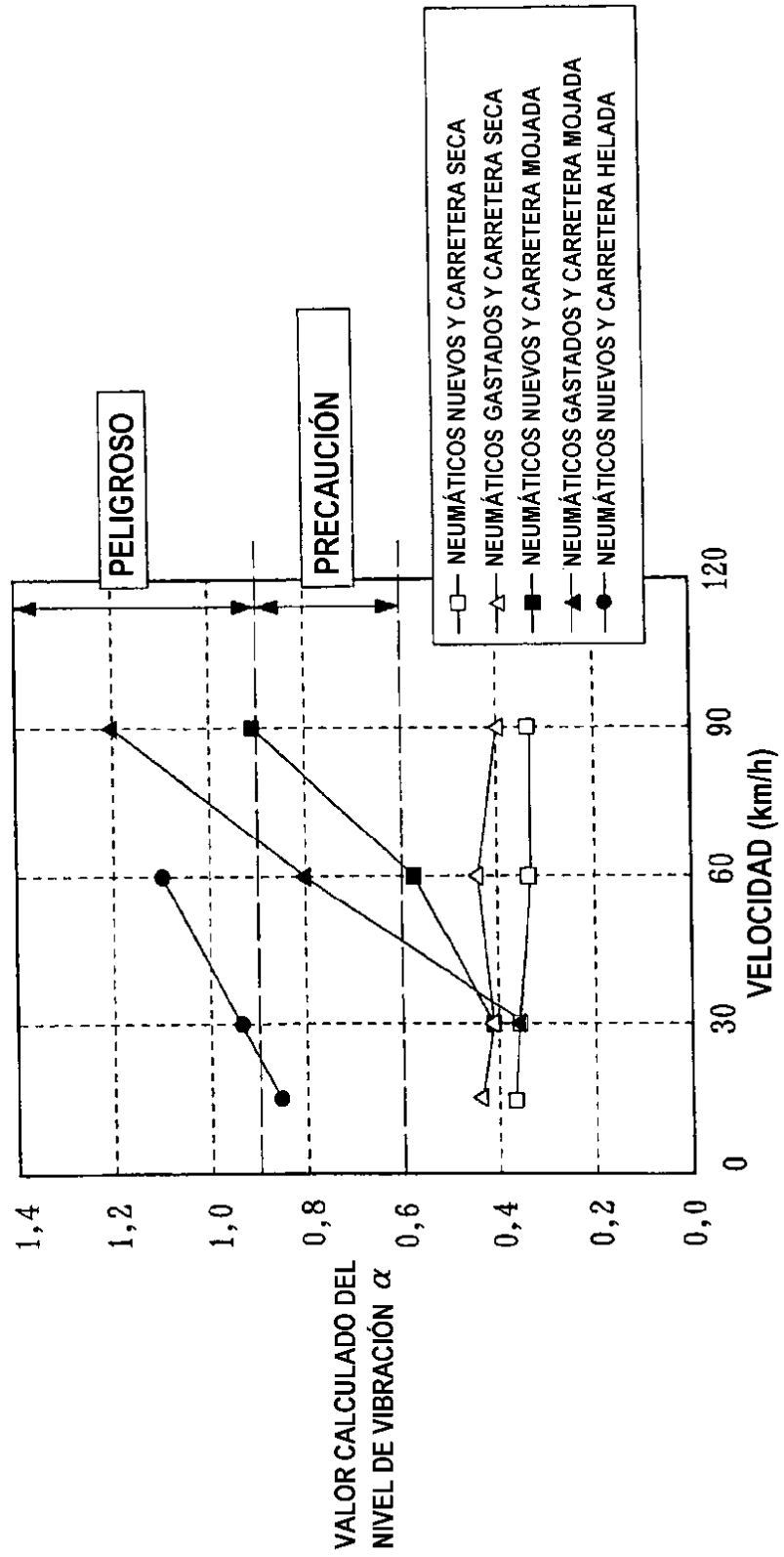




FIG. 10

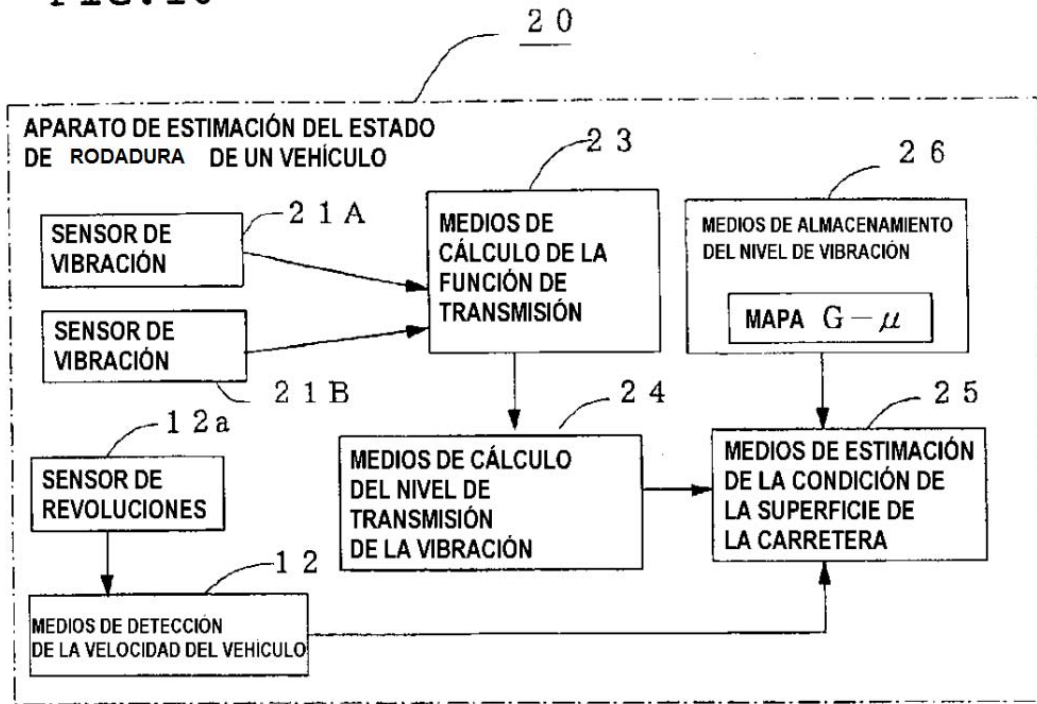
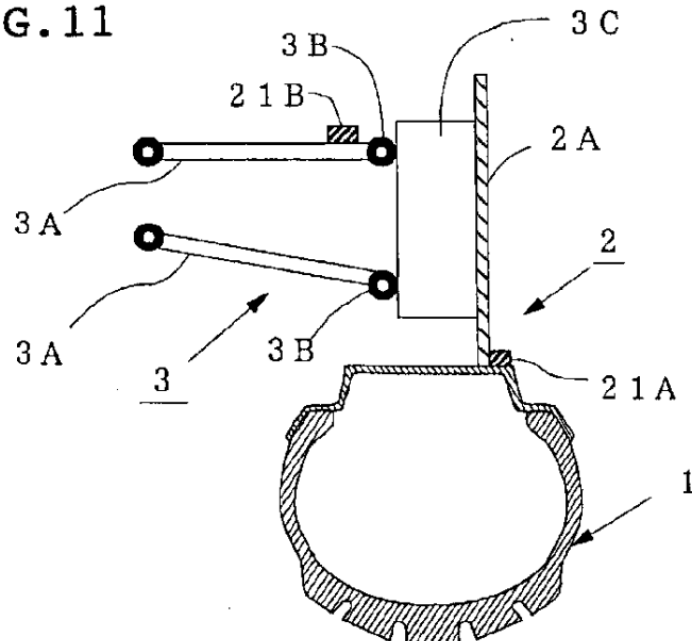
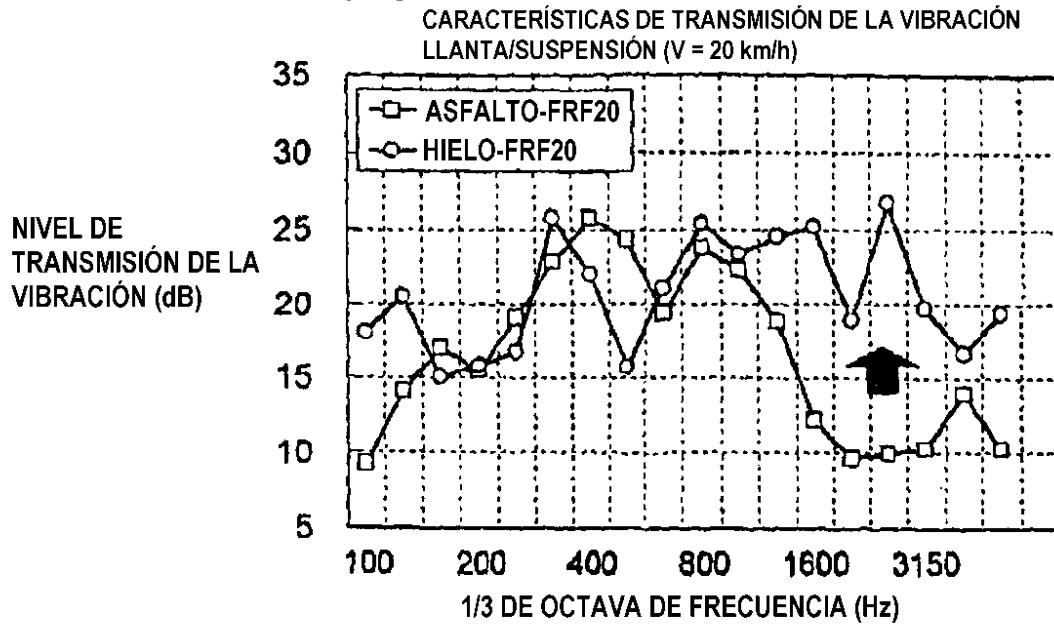


FIG. 11



**FIG.12(a)**



**FIG.12(b)**

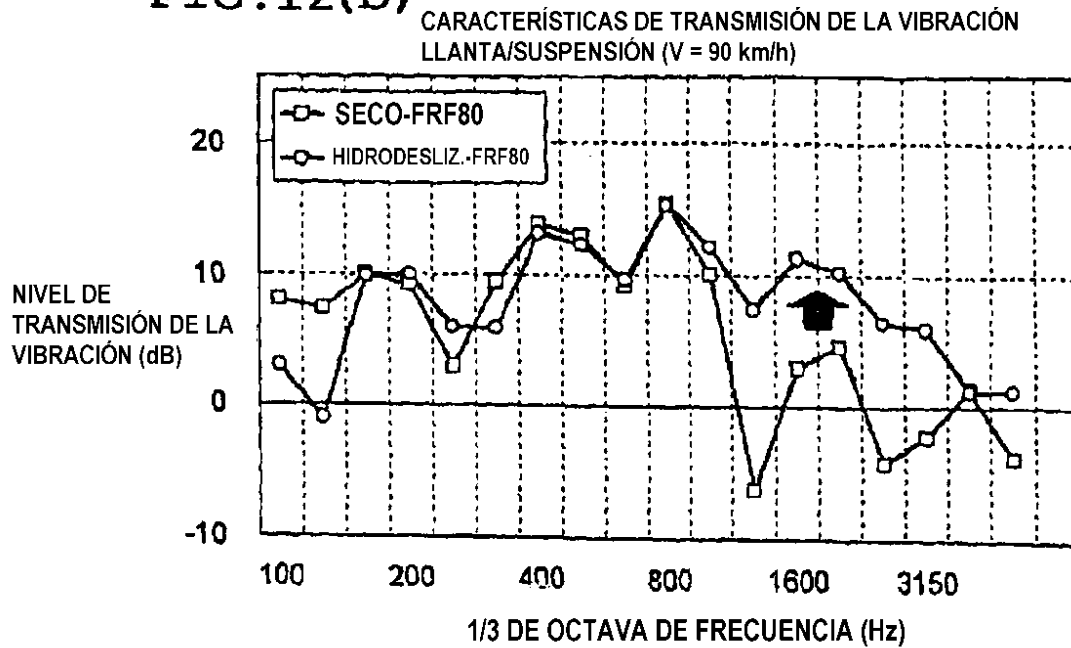


FIG. 13

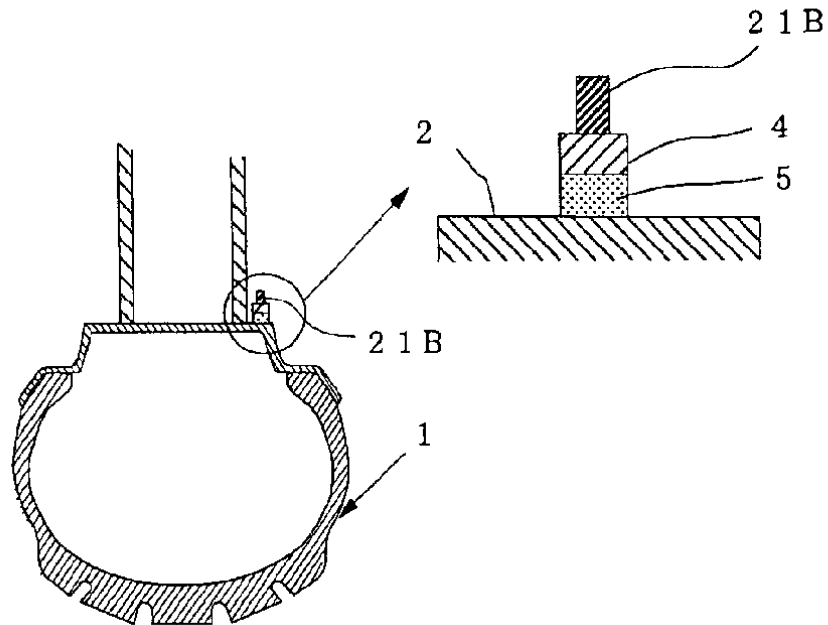


FIG. 14

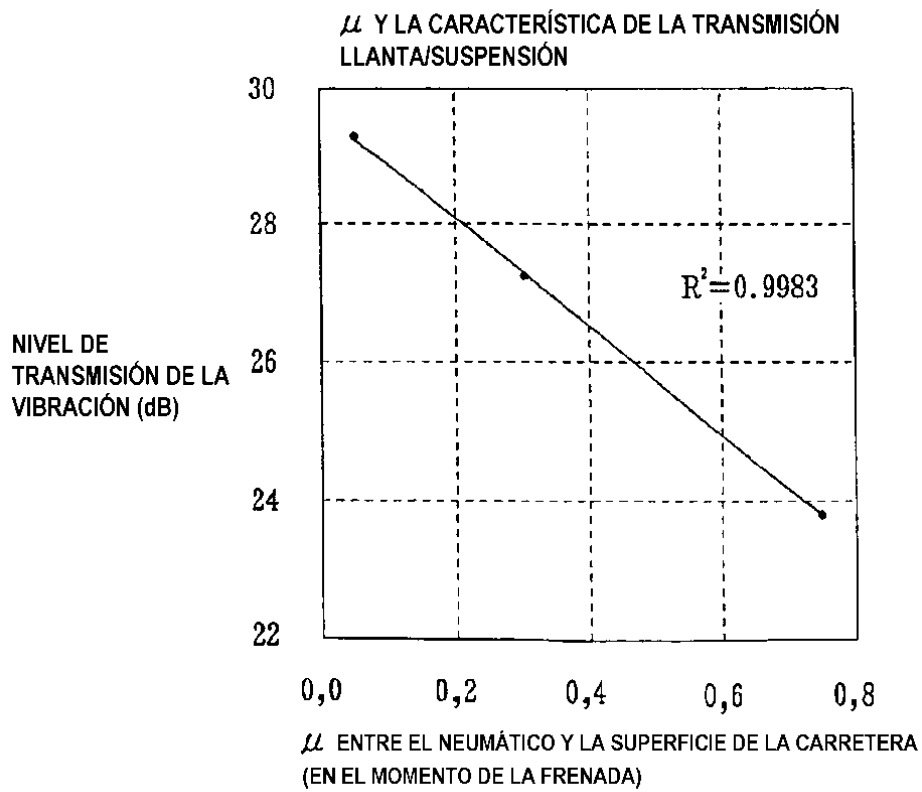


FIG. 15

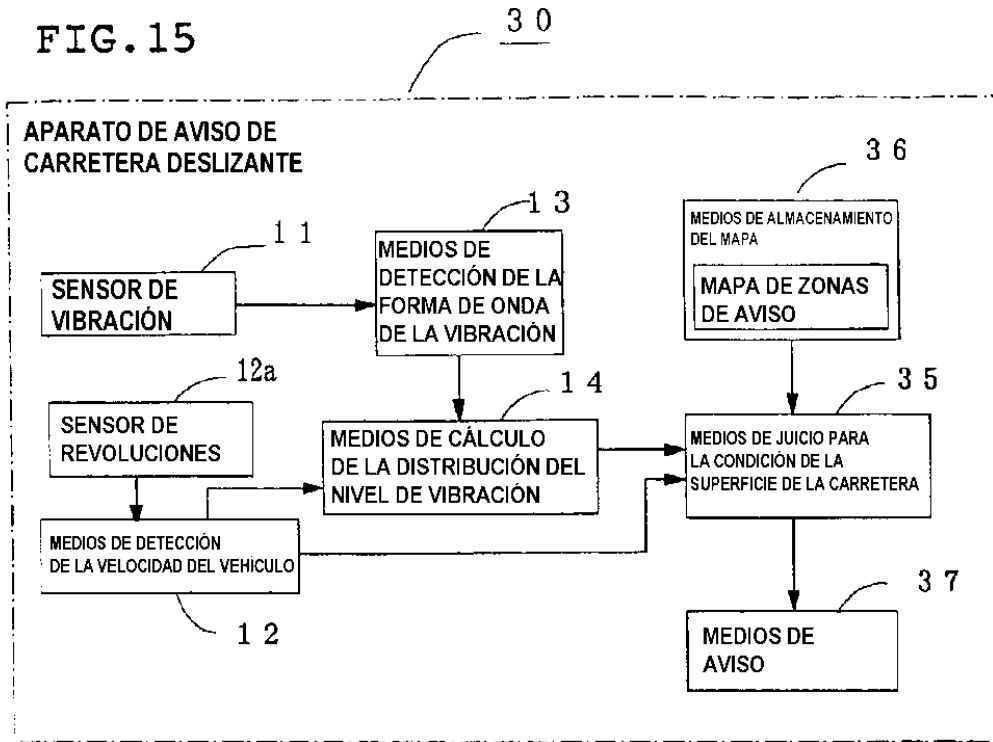


FIG. 16

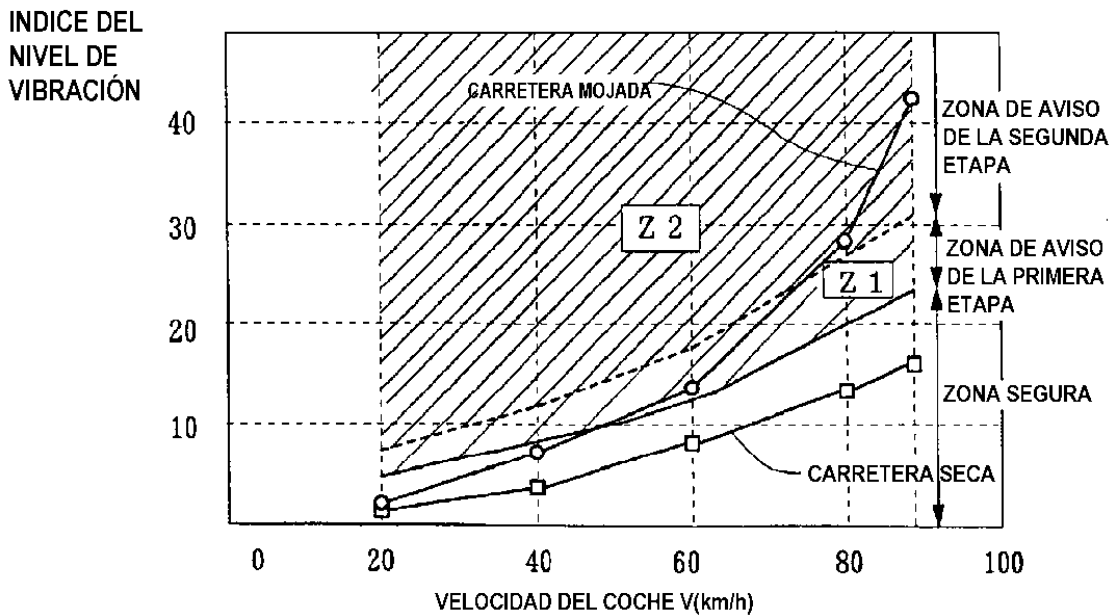


FIG. 17

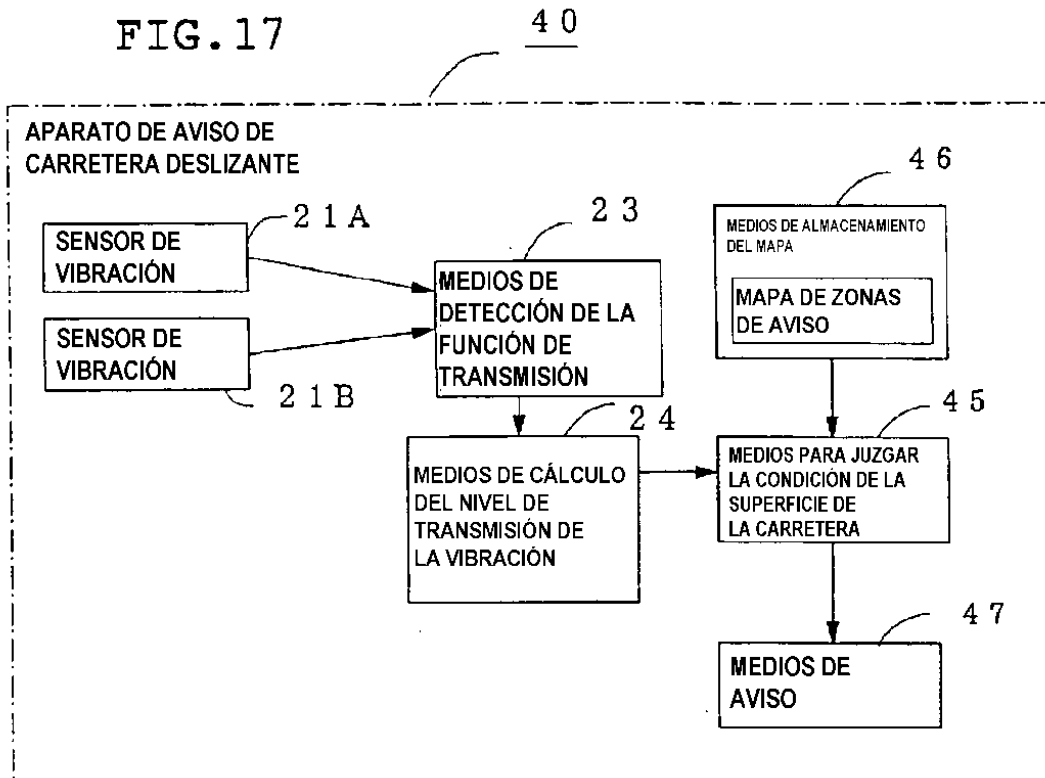


FIG. 18

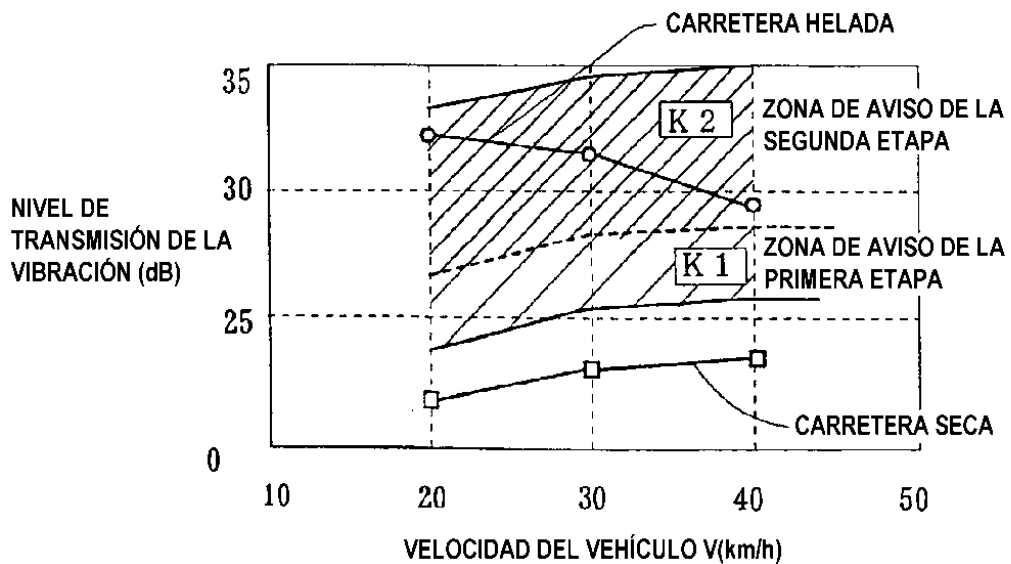


FIG. 19

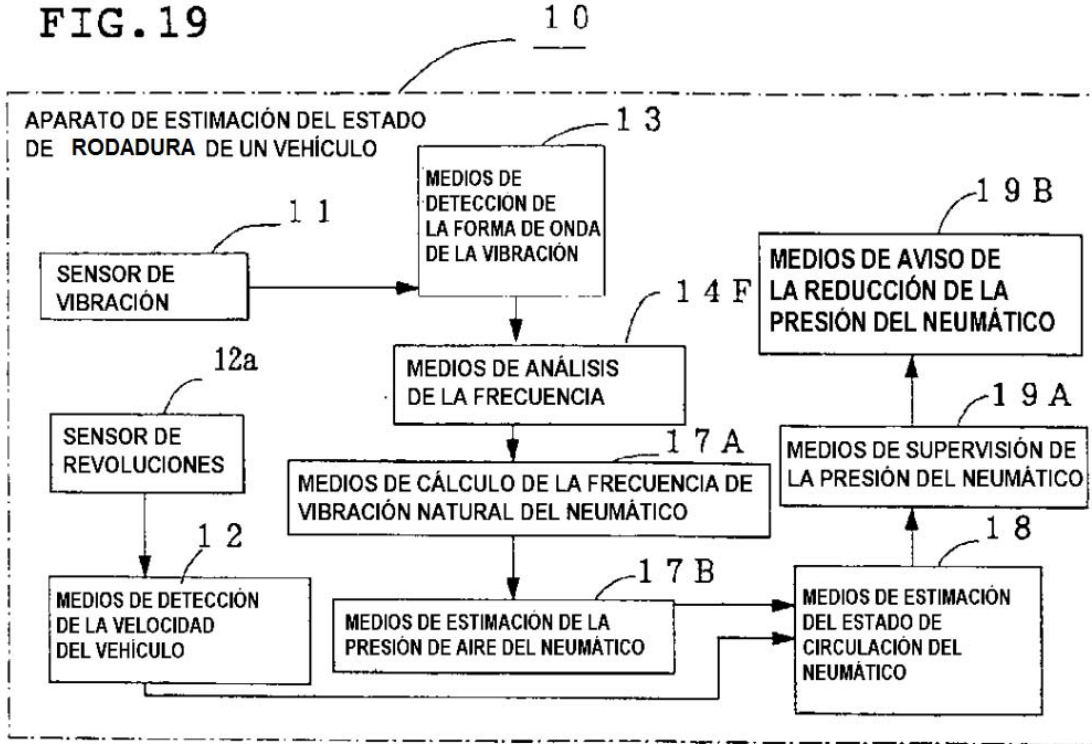


FIG. 20

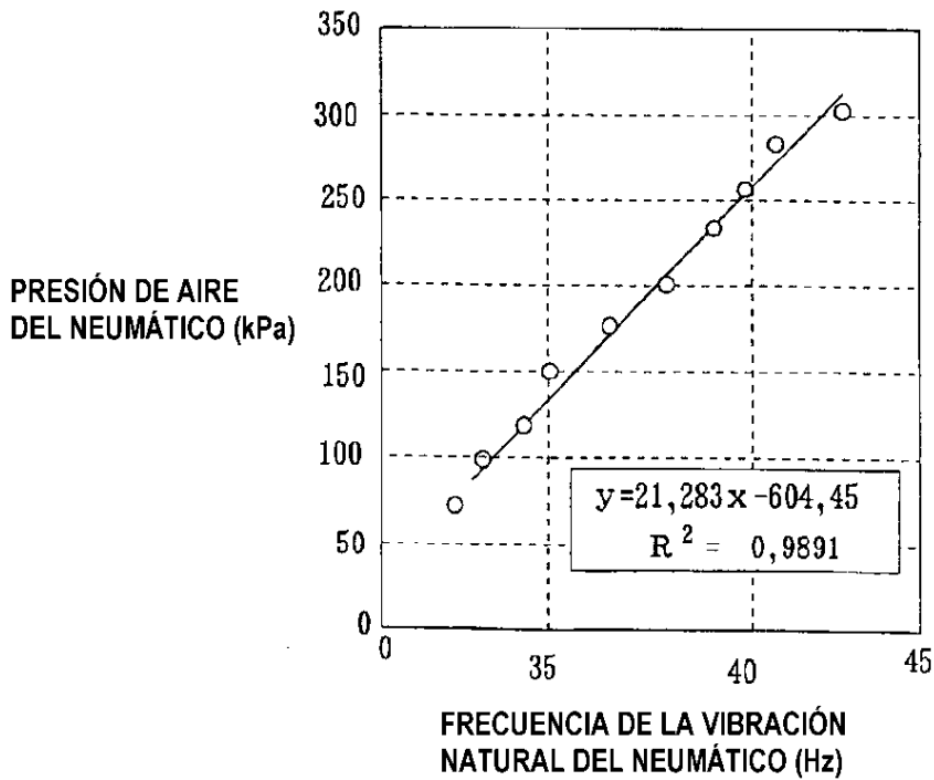


FIG. 21

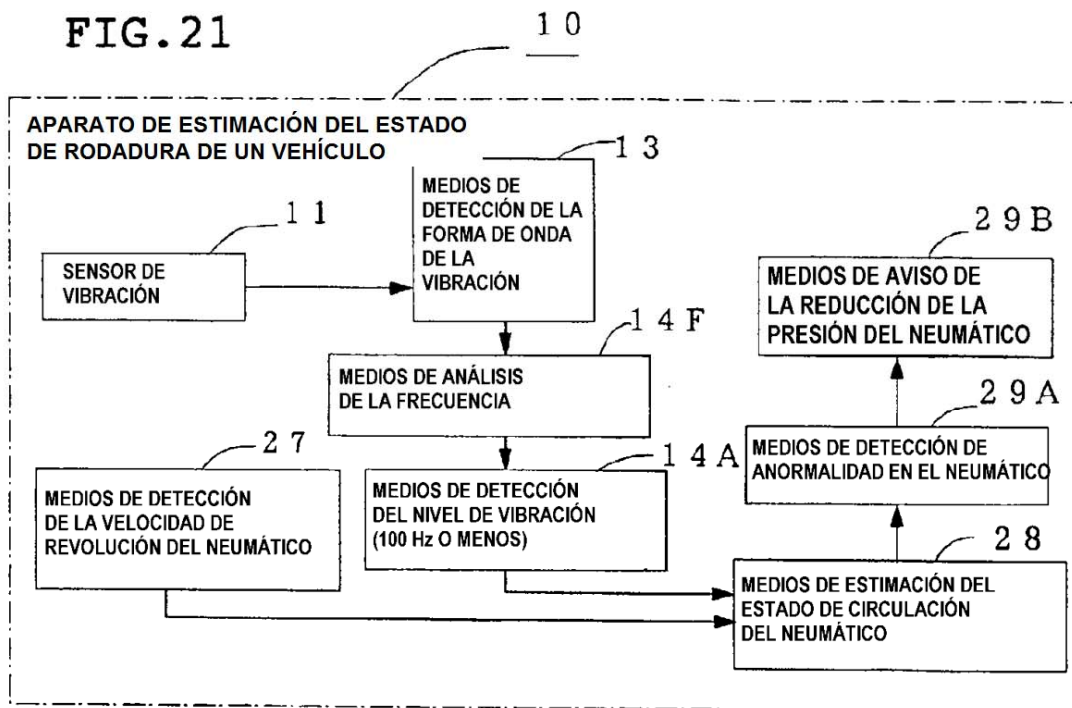


FIG. 22

VIBRACIÓN POR DEBAJO DEL MUELLE  
 V = 90 km/h

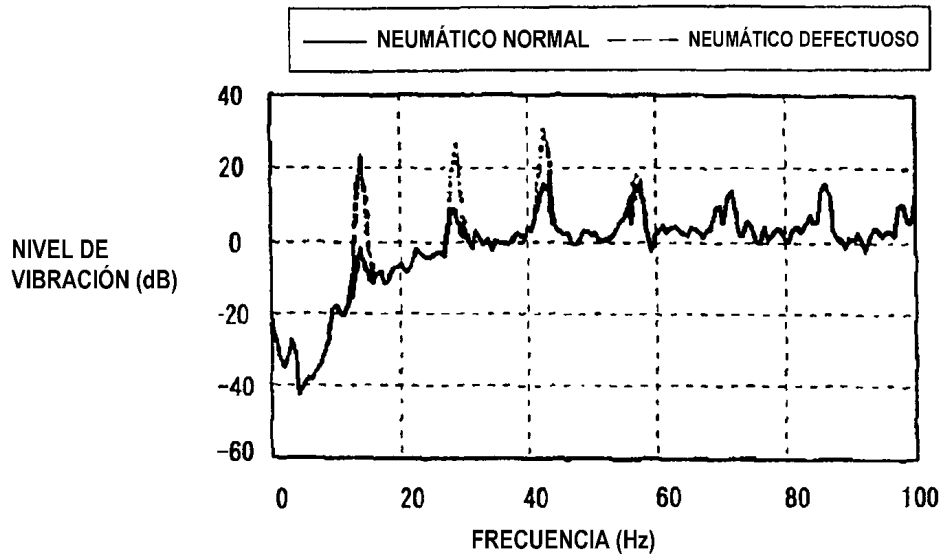




FIG. 23

