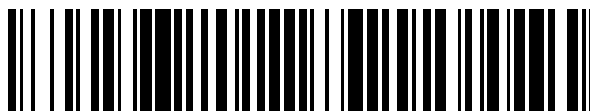


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 553 396**

51 Int. Cl.:

**G01N 21/35** (2014.01)

**G01N 21/3504** (2014.01)

**G01N 21/31** (2006.01)

**G01M 15/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2010 E 10802627 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.09.2015 EP 2449361**

54 Título: **Método de detección remota de emisiones de un vehículo**

30 Prioridad:

**29.06.2009 US 493634**

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

**09.12.2015**

73 Titular/es:

**HAGER, J. STEWART (100.0%)  
7308 Nubbin Ridge Drive  
Knoxville, TN 37919, US**

72 Inventor/es:

**HAGER, J. STEWART**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 553 396 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

Método de detección remota de emisiones de un vehículo

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere generalmente a la detección de emisiones de vehículos, y más en particular a un método que utiliza la tecnología LIDAR para detectar remotamente emisiones de los vehículos.

10 **Antecedentes de la invención**

Se conoce que las emisiones de los vehículos son un factor que contribuye en gran medida a la contaminación aérea. Para identificar vehículos que liberan emisiones excesivamente contaminantes, en muchos países es obligatoria una inspección anual de las emisiones de los vehículos. Por consiguiente, se han desarrollado diversos sistemas de inspección de emisiones para la inspección de las emisiones de los vehículos. Generalmente, estos sistemas son muy expansivos, y sus operaciones requieren una gran cantidad de trabajo y habilidad. Adicionalmente, estos funcionan en estaciones de ensayo para detectar emisiones de vehículos, ya sea en condiciones de parada o artificialmente cargadas. Aunque la detección proporciona información general de línea basal con respecto a las emisiones de un vehículo, no es representativa de la conducción en el "mundo real".

Recientemente se han desarrollado sistemas de detección remota de emisiones para detectar emisiones de vehículos conducidos en la carretera. Por ejemplo, la patente de Estados Unidos con n.º 5.319.199 y 5.498.872 de Stedman y col. divulga un sistema de detección remota en el que la fuente de luz 910 y el detector 930 se ubican en oposición en ambos lados de la carretera 901, respectivamente, tal como se muestra en la Fig. 9(a). Para tal disposición, un haz de luz 915 generado desde la fuente 910 pasa a través de una columna de humo de escape 940 emitida desde un vehículo 905 conducido sobre la carretera 901, transportando por tanto la señal de absorción asociada con componentes y concentraciones de la columna de humo de escape 940. El haz 915 se recoge mediante el detector 930 para analizar los componentes y concentraciones de la columna de humo de escape 940. Como alternativa, tal como se muestra en la Fig. 9(b), la fuente de luz 910 y el detector 930 se ubican en el mismo lado de la carretera 901. Y dos reflectores 950 ubicados en el lado opuesto de la carretera 901 se usan para reflejar el haz 915 generado desde la fuente 910 hasta el detector 930 con dos pasadas a través de la columna de humo de escape 940 del vehículo, lo que incrementa la señal de absorción.

Sin embargo, para tales sistemas remotos de detección de emisiones, la fuente, el detector y los reflectores se instalan en ambos lados de la carretera, y debe tenerse un extremo cuidado durante la instalación y el mantenimiento. Por otro lado, es difícil asociar correctamente cada vehículo con sus datos de emisión cuando más de un vehículo está presente en múltiples carriles. Por ejemplo, si múltiples vehículos están presentes en la ubicación de detección, cada columna de humo de escape del vehículo puede aportar emisiones. De esta manera, los sistemas existentes no son capaces de diferenciar entre varias columnas de humo de escape.

Además, la precisión puede depender de la altura del haz de luz que atraviesa la carretera. La altura del tubo de escape varía de un vehículo a otro. Las lecturas de emisión variarán dependiendo de si el haz se encuentra a la altura del tubo de escape, más abajo o más arriba donde los gases tienen tiempo de diluirse antes de la detección. Al mirar hacia abajo sobre

Además, la técnica anterior de acuerdo con el documento US 2002/0092988 A1 se basa en tal planteamiento de medición convencional.

El documento US 6.542.831 B1 aplica un planteamiento de medición LIDAR de corto alcance para medir partículas en gas de escape de vehículos. Un detector recibe radiación que se retrodispersa mediante las partículas en el gas de escape que se va a medir. En un lado de la carretera, se despliegan una fuente láser y el detector y en el otro lado se despliega un término del haz para terminar con el haz láser emitido mediante la fuente láser. El planteamiento de medición requiere que el término del haz reduzca de manera suficiente la retrodispersión trasera, para que la retrodispersión del término del haz no brille sobre la retrodispersión de las partículas en el gas de escape.

Por tanto, existe una necesidad hasta ahora no abordada en la técnica de solucionar las deficiencias y defectos antes mencionados.

Por consiguiente, es un objeto proporcionar un método para una detección remota y eficaz de emisiones de un vehículo conducido en una carretera. Tal método se proporciona mediante la reivindicación 1. Las realizaciones preferentes se definen en las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con la invención, una retrodispersión de luz desde la superficie de la carretera en la que se conduce un vehículo o desde la parte inferior de un puente a través del que se está conduciendo el vehículo se usa para devolver la radiación, que se emitió mediante una fuente de luz, hasta el detector, para determinar componentes y

concentraciones de la columna de humo de escape.

A continuación, se indican unas realizaciones preferentes de un dispositivo para detección remota de emisiones de un vehículo conducido en una carretera, que pueden usarse para mediciones de acuerdo con el método de la invención.

En una realización, el método usa una fuente para emitir un haz de luz y transmitir la luz emitida a través de una columna de humo de escape emitida desde el vehículo hasta la superficie de un carril de la carretera en el que se conduce el vehículo, en el que la luz transmitida se dispersa en la superficie del carril; un detector para recibir al menos una porción de la luz dispersa dispersada desde la superficie del carril; y un procesador para procesar la luz recibida en su interior para proporcionar uno o más espectros de la luz recibida para determinar componentes y concentraciones de la columna de humo de escape. La fuente y el detector se ubican en el mismo lado de la carretera.

En una realización, la fuente tiene una fuente de luz halógena. Un colimador óptico se adapta para colimar la luz emitida y transmitir la luz colimada a través de la columna de humo de escape a la superficie del carril. En una realización, el colimador óptico comprende un primer espejo cóncavo y un segundo espejo cóncavo ubicados en relación con la fuente de manera que el primer espejo cóncavo recibe el haz de luz emitido desde la fuente y refleja la luz recibida hacia el segundo espejo cóncavo, el segundo espejo cóncavo, a su vez, colima la luz reflejada y transmite la luz colimada a través de la columna de humo de escape a la superficie del carril. El primer espejo cóncavo y el segundo espejo cóncavo definen un foco entremedias, y se coloca un troceador sobre el foco.

Cuando el haz de luz es una luz de banda ancha, uno o más filtros se adaptan y se colocan enfrente del detector. Cada filtro tiene un ancho de banda predeterminado.

En otra de las realizaciones, la fuente comprende diodos emisores de luz (LED).

En otra realización adicional, la fuente comprende un láser. En una realización, el láser incluye un láser de diodo. En este caso, tanto la fuente como el detector se colocan en el mismo eje óptico.

El método puede usar además un colector óptico ubicado en una trayectoria óptica entre la fuente y el detector para recoger la luz dispersa dispersada desde la superficie del carril y suministrar la luz recogida al detector, donde el colector óptico tiene un foco sobre la trayectoria óptica, y el detector se coloca en el foco. En una realización, el colector óptico comprende un telescopio newtoniano. En otra realización, el colector óptico comprende un espejo cóncavo.

En una realización, el detector incluye una pluralidad de fotosensores, generando cada fotosensor una señal eléctrica en respuesta a la luz dispersa recibida, donde la señal eléctrica es indicativa de la absorción de la luz dispersa mediante la columna de humo de escape. En otra realización, el detector comprende un conjunto detector capaz de capturar imágenes de la columna de humo de escape.

En una realización, el procesador comprende un espectrómetro.

En una realización, el método usa una fuente para emitir un haz de luz y transmitir la luz emitida a través de una columna de humo de escape emitida desde el vehículo a la superficie de un carril de la carretera en la que se conduce el vehículo, en el que la luz transmitida se dispersa en la superficie del carril; un detector para recibir luz y procesar la luz recibida en su interior para proporcionar uno o más espectros de la luz recibida, en el que el detector y la fuente se ubican en el mismo lado de la carretera y definen una trayectoria óptica entremedias; y un colector óptico ubicado en la trayectoria óptica para recoger la luz dispersa dispersada desde la superficie del carril y suministrar la luz recogida al detector.

La fuente comprende una fuente de luz halógena, unos LED o un láser. El colector óptico comprende un espejo cóncavo o un telescopio newtoniano.

En una realización, el detector comprende una pluralidad de fotosensores, generando cada fotosensor una señal eléctrica en respuesta a la luz dispersa recibida, en el que la señal eléctrica es indicativa de la absorción de la luz dispersa mediante la columna de humo de escape. El detector puede incluir además un procesador que responde a las señales eléctricas desde la pluralidad de fotosensores para determinar los componentes y concentraciones de la columna de humo de escape.

En otra realización, el detector tiene un conjunto detector capaz de capturar imágenes de la columna de humo de escape.

En una realización, el método usa un lector de matrículas para identificar el vehículo que se va a detectar. Además, el dispositivo puede tener un lector de velocidad para detectar la velocidad del vehículo para determinar un patrón de escape del vehículo.

En una realización, el método usa una fuente para emitir un haz de luz y transmitir la luz emitida a través de una columna de humo de escape emitida desde el vehículo a una superficie en la que se dispersa la luz transmitida, y un detector para recibir al menos una porción de la luz dispersa dispersada desde la superficie y procesar la luz recibida en su interior para proporcionar uno o más espectros de la luz recibida para determinar componentes y concentraciones de la columna de humo de escape. La superficie se corresponde con la superficie inferior de un puente a través del que se conduce el vehículo, o la superficie de un carril de una carretera en la que se conduce el vehículo.

Estos y otros aspectos de la presente invención serán aparentes a partir de la siguiente descripción de la realización preferente tomada junto con los dibujos adjuntos, aunque pueden realizarse variaciones y modificaciones en la misma sin apartarse del alcance de la invención tal como se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

**Breve descripción de los dibujos**

Los dibujos adjuntos ilustran una o más realizaciones de la invención y, junto con la descripción escrita, sirven para explicar los principios de la invención. Donde sea posible, se usarán los mismos números de referencia a través de los dibujos para hacer referencia a elementos iguales o similares de una realización, en la que:

- La Fig. 1 muestra esquemáticamente un dispositivo para la detección remota de las emisiones de un vehículo que puede usarse en el método de la presente invención;
- La Fig. 2 muestra esquemáticamente un diagrama óptico del dispositivo de detección remota que puede usarse en el método de la presente invención;
- La Fig. 3 muestra esquemáticamente un colimador óptico utilizado en el dispositivo de detección remota que puede usarse en el método de la presente invención;
- La Fig. 4 muestra las líneas de absorción a mayores energías rotativas siguiendo el factor de Boltzmann;
- La Fig. 5 muestra esquemáticamente un colector óptico utilizado en el dispositivo de detección remota que puede usarse en el método de la presente invención;
- La Fig. 6 muestra esquemáticamente un colector óptico utilizado en el dispositivo de detección remota que puede usarse en el método de la presente invención;
- La Fig. 7 muestra esquemáticamente una aplicación de dispositivo de detección remota de las emisiones de un vehículo que puede usarse en el método de la presente invención;
- La Fig. 8 muestra esquemáticamente un dispositivo para detección remota de las emisiones de un vehículo que puede usarse en el método de la presente invención; y
- La Fig. 9 muestra esquemáticamente un dispositivo convencional para la detección remota de las emisiones de un vehículo.

**Descripción detallada de la invención**

La presente invención se describe más particularmente en los siguientes ejemplos que pretenden ser únicamente ilustrativos ya que numerosas modificaciones y variaciones de los mismos serán aparentes para los expertos en la materia. Diversas realizaciones de la invención se describirán ahora en detalle. En referencia a los dibujos, los números similares indican componentes similares a través de las vistas. Tal como se usa en la descripción en el presente documento y a través de las reivindicaciones que siguen, el significado de “un”, “una”, y “el” incluye referencias en plural al menos que el contexto indique claramente lo contrario. Además, tal como se usa en la descripción del presente documento y a través de las reivindicaciones que siguen, el significado de “en” incluye “en” y “sobre” al menos que el contexto indique claramente lo contrario. Adicionalmente, algunos términos usados en esta memoria descriptiva se definen más específicamente a continuación.

Los términos usados en esta memoria descriptiva tienen generalmente sus significados ordinarios en la técnica, dentro del contexto de la invención, y en el contexto específico donde se usa cada término. Determinados términos que se usan para describir la invención se analizan a continuación, o en otros lugares en la memoria descriptiva, para proporcionar una guía adicional para el profesional con respecto a la descripción de la invención. El uso de ejemplos en cualquier lugar de esta memoria descriptiva, incluyendo ejemplos de cualquier término analizado en el presente documento, es únicamente ilustrativo, y no limita de ninguna manera el alcance y significado de la invención o de cualquier término ejemplificado. De igual manera, la invención no se limita a las diversas realizaciones aportadas en esta memoria descriptiva.

Tal como se usan en el presente documento, “alrededor de”, “en torno a” o “aproximadamente” se referirán generalmente a dentro de un 20 %, preferentemente dentro de un 10 % y más preferentemente dentro de un 5 % de un determinado valor o distancia. Las cantidades numéricas aportadas en el presente documento son aproximadas, lo que significa que los términos “alrededor de”, “en torno a” o “aproximadamente” pueden deducirse si no se mencionan expresamente.

Tal como se usa en el presente documento, el término “LIDAR” es un acrónimo o abreviatura de “detección y localización de luz”, y es una tecnología óptica de detección remota que mide propiedades de luz dispersa para encontrar la distancia y/u otra información de un objetivo distante.

Tal como se usan en el presente documento, los términos “comprendiendo”, “incluyendo”, “teniendo”, “conteniendo”, “implicando”, y similares deben entenderse como abiertos, es decir, incluyendo pero sin limitarse a.

5 La descripción se realizará de acuerdo con las realizaciones de la presente invención junto con los dibujos adjuntos  
 en las Fig. 1-8. De acuerdo con los fines de esta invención, tal como se incorpora y se describe ampliamente en el  
 presente documento, esta invención, en un aspecto, se refiere a un método que utiliza la tecnología LIDAR para  
 detectar emisiones de un vehículo. El método usa un dispositivo que es un sistema de carretera portátil para la  
 10 detección de emisiones de gases de un vehículo que tiene motores de combustión interna y se conduce en un carril  
 de una carretera. Aunque los dispositivos convencionales de detección de emisiones usan espejos o  
 15 retroreflectores para devolver un haz de luz emitido desde una fuente y transmitido a través de una columna de  
 humo de escape del vehículo a un detector, el método inventado usa la tecnología LIDAR. El haz de luz emitido  
 desde una fuente se dirige hacia abajo, pasando a través de la columna de humo de escape, hacia la superficie de  
 un carril de tráfico de una carretera en la que se conduce el vehículo. La luz transmitida se dispersa después en la  
 superficie del carril de tráfico. El método inventado recoge la luz dispersa desde la superficie del carril de tráfico con  
 espejos cóncavos para el detector. Además, un conjunto detector puede utilizarse para adquirir imágenes de la  
 columna de humo de escape y de la superficie de la carretera para determinar las concentraciones de columna de  
 contaminantes de gas en la columna de humo de escape.

20 En referencia a las Figs. 1 y 2, y particularmente la Fig. 2, un dispositivo 100 para detección remota de las emisiones  
 de un vehículo se muestra esquemáticamente de acuerdo con un ejemplo de la presente divulgación. El dispositivo  
 100 incluye una fuente 110, un detector 130, y un colector óptico 150 de óptica. La fuente 110 y el detector 130  
 definen una trayectoria óptica a lo largo de la que viaja un haz de luz desde la fuente 110 al detector 130, y el  
 colector óptico 150 se coloca en la trayectoria óptica. Además, la fuente 110, el detector 130 y los medios colectores  
 150 se ubican en el mismo lado de la carretera.

25 Durante el funcionamiento, la fuente 110 emite un haz de luz 112 que se transmite a través de una columna de  
 humo 140 de escape emitida desde el vehículo 105 a la superficie 102 de un carril 101 de la carretera en la que se  
 conduce el vehículo 105. La luz 112 transmitida se dispersa, en un hemisferio estereorradián  $2\pi$ , en la superficie 102  
 del carril 101. Una porción 122 de la luz 120 dispersa a lo largo de la trayectoria óptica se recoge mediante el espejo  
 30 cóncavo (el colector óptico de óptica) 150. El espejo cóncavo 150, a su vez, suministra la porción 122 de luz 120  
 dispersa al detector 130 que se ubica en el foco del espejo cóncavo 150. El detector 130 puede incluir una pluralidad  
 de fotosensores. Cada fotosensor genera una señal eléctrica en respuesta a la luz dispersa recibida. La señal  
 eléctrica es indicativa de la absorción de la luz dispersa mediante la columna de humo de escape. Además, el  
 dispositivo 100 tiene un procesador (no se muestra) en comunicación con el detector 130 para procesar las señales  
 35 eléctricas desde el detector 130 para determinar componentes y concentraciones de la columna de humo de escape.  
 En un ejemplo, el procesador puede tener un espectrómetro.

40 Adicionalmente, el plano focal del espejo cóncavo 150 puede usarse para colocar varios detectores diferentes que  
 forman imágenes de diferentes secciones de la carretera. Uno puede formar una imagen de una tira de la superficie  
 de la carretera usando un conjunto detector paralelo.

45 Se utilizan diferentes fuentes de luz que requieren diferentes configuraciones y tecnologías de detector. Las fuentes  
 de luz se pulsan o trocean de acuerdo con amplificadores sensibles a fase para incrementar la sensibilidad y para  
 diferenciar fuentes de luz.

La fuente de luz puede dirigirse a carriles individuales de tráfico y por tanto puede detectar emisiones de vehículos  
 desde carriles específicos. Los gases residuales de baja concentración de los carriles cercanos de tráfico pueden  
 tenerse en cuenta y deducirse.

50 Además, la fuente de luz puede dirigirse hacia áreas en el carril de tráfico que probablemente se enfocarán a  
 vehículos de diferentes fabricantes que tengan tubos de escape en diferentes posiciones. Detectar el gas poco  
 después de que salga del tubo de escape permitirá detectar las mayores concentraciones de moléculas del gas  
 antes de que se mezcle con el aire ambiental. Esto proporcionará la detección remota más precisa de las emisiones  
 de los vehículos. Un ejemplo sería un tubo de escape de un SUV de GM colocado justo tras el neumático derecho y  
 55 trasero. El colector óptico podría formar la imagen del borde derecho de la carretera para que se enfocara a los SUV  
 de GM. Una lectura de los gases podría detectarse antes de que la parte trasera del vehículo pase por el dispositivo,  
 aportando una lectura de las mayores concentraciones posibles.

60 El dispositivo puede medir la concentración de contaminantes tales como hidrocarburos, CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> y NO<sub>2</sub>  
 de los vehículos que pasan. El dispositivo también tiene un sistema de reconocimiento de matrículas y un sistema de  
 radar de velocidad para caracterizar el perfil de emisión de diferentes vehículos. El sistema de reconocimiento de  
 matrículas y el sistema de radar de velocidad pueden ser los que están disponibles en el mercado. Por consiguiente,  
 el dispositivo usado en el presente método es mucho menos caro, y aún así con un rendimiento superior que los  
 dispositivos convencionales. Adicionalmente, un sistema de detección remota de gases de vehículos puede  
 65 comprender varios dispositivos tal como se ha divulgado antes y un sistema de reconocimiento de matrículas y un  
 sistema de radar de velocidad.

Adicionalmente, el mismo dispositivo también puede usarse para detectar de manera remota emisiones de un vehículo tal como un camión para tareas pesadas que tiene el tubo de escape instalado en su parte superior, por donde la columna de humo de escape emitida queda lejos de la superficie de la carretera en la que se conduce el vehículo. En este caso, una superficie inferior del puente o similar puede utilizarse para dispersar el haz de luz que se transmite a través de la columna de humo de escape. Tal como se muestra en la Fig. 8, el dispositivo 800 tiene una fuente y un detector, tal como se ha divulgado antes, que se alojan dentro de una funda del dispositivo. El dispositivo 800 se configura de manera que el haz de luz 812 emitido desde la fuente se dirige hacia arriba en la superficie 802 de un puente 801, en lugar de hacia abajo en la superficie del carril de la carretera en la que se conduce el vehículo 805. El haz de luz 812 se transmite a través de la columna de humo 840 de escape emitida desde el vehículo 805 hacia la superficie 802 del puente 801. La luz transmitida se dispersa después en la superficie 802 del puente 801. Al menos una porción 822 de la luz 820 dispersa se recibe mediante el detector y se procesa en su interior para determinar componentes y concentraciones de la columna de humo de escape. Adicionalmente, un procesador en comunicación con el detector puede ensamblarse dentro de la funda del dispositivo o fuera de la funda del dispositivo, para procesar las señales de datos generadas mediante el detector en respuesta a la luz dispersa.

Sin la intención de limitar el alcance de la invención, los dispositivos ejemplares y sus resultados relacionados usados en el método de acuerdo con las realizaciones de la presente invención se proporcionan a continuación. Debe apreciarse que los títulos o subtítulos pueden usarse en los ejemplos para conveniencia de un lector, lo que no debería limitar de manera alguna el alcance de la invención. Además, se proponen y se divulgan determinadas teorías en el presente documento; sin embargo, ya sean correctas o no, no deberían limitar de ninguna manera el alcance de la invención.

## FUENTES DE LUZ

*Una bombilla halógena - de fuente de banda ancha:* en una realización, una bombilla halógena tal como el faro de un coche se usa como la fuente. Para tal fuente de banda ancha, un colimador óptico puede utilizarse para colimar el haz de luz emitido desde la bombilla halógena y para transmitir la luz colimada a través de la columna de humo de escape a la superficie del carril. Tal como se muestra en la Fig. 3, el colimador óptico incluye un primer espejo cóncavo 361 y un segundo espejo cóncavo 362 ubicados en relación con la fuente 310 de banda ancha de manera que el primer espejo cóncavo 361 reciba el haz de luz 312 emitido desde la fuente 310 y refleje la luz 312 recibida en el segundo espejo cóncavo 362. El segundo espejo cóncavo 362, a su vez, colima la luz reflejada 363 y transmite la luz colimada 370 a través de la columna de humo de escape a la superficie del carril. El primer espejo cóncavo 361 y el segundo espejo cóncavo 362 definen un foco 365 entremedias. En el foco 365, la luz reflejada 363 se trocea con un troceador 366 de rueda o campana. La señal del troceador se suministra a un amplificador sensible a fase de doble fase. El amplificador sensible a fase amplifica entonces la señal sin añadir ruido.

Esta fuente de banda ancha irradia desde luz ultravioleta a luz infrarroja hasta 5  $\mu\text{m}$ . Esto cubre bandas de absorción fuertes y fundamentales de CO y CO<sub>2</sub> así como bandas violetas y ultravioletas fuertes de NO<sub>2</sub>, NO y SO<sub>2</sub>. Pueden usarse filtros para aislar bandas específicas de estas moléculas, junto con vapor de agua, hidrocarburos, amoníaco y otros.

Una fuente de luz halógena modulada es de intensidad fuerte y puede dispersarse por el carril al completo. Pueden usarse espejos para recoger la luz donde quiera que brille. Dependiendo de la longitud focal y la distancia, estos espejos pueden formar imágenes de posiciones iluminadas y específicas sobre un detector. Esto permite usar diferentes trayectorias o posiciones para enfocarse en diferentes posiciones del tubo de escape.

*Diodos emisores de luz (LED):* los LED pueden modularse y de esta manera terminar con la necesidad de un troceador físico. Estos tienen también un ancho de banda más estrecho que en el pasado. Tienen aproximadamente el mismo ancho de banda que los filtros. Por tanto, no existe necesidad de filtros sobre los detectores. La modulación de los LED puede estar en el intervalo de MHz. Esto proporciona más flexibilidad para filtrar el ruido ambiental. Este ruido se debe principalmente a las corrientes térmicas que llegan desde la superficie de la carretera.

*Láseres de diodo:* la industria de las telecomunicaciones como láseres de diodo abiertos de bajo coste. La industria de las telecomunicaciones usa fibra óptica y láseres de diodo para transmitir grandes cantidades de datos a largas distancias. Debido al material de la fibra óptica, la longitud de onda media de estos láseres es aproximadamente 1,5  $\mu\text{m}$ . Existen bandas de absorción infrarrojas de CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>O, NH<sub>2</sub> y otras en esta región. Los láseres de diodo y los detectores de InGaAs son extremadamente baratos y de una calidad extremadamente alta debido a la producción en masa y a la relación coste-afectación de sensibilidad de los productos. Esto permite detectar estas bandas incluso aunque algunas de ellas sean extremadamente débiles.

Los láseres de diodo pueden usarse para detectar de manera remota la temperatura de los gases, debido al factor de Boltzmann y a la extrema estrechez de una línea láser. La distribución térmica de niveles rotativos no se proporciona simplemente mediante el factor de Boltzmann  $e^{-E/kT}$ . El número de moléculas  $N_J$  en el nivel rotativo  $J$  del estado vibratorio más inferior en la temperatura  $T$  es proporcional a (G. Herzberg. *Spectra of Diatomic Molecules*, 2<sup>da</sup> edición, D. Van Nostrand Co. 1950):

$$N_j = (2J + 1)e^{-BJ(J+1)hc/kT}$$

5 Esto insinúa que cuanto mayor sea el valor J o la energía rotativa más dominará el término exponencial. Entonces se puede extraer la temperatura de los gases usando esta relación. La Fig. 4 muestra los espectros de CO<sub>2</sub> en la región de 1,5 μm. El factor de Boltzmann puede verse en las energías rotativas más grandes. Las líneas de absorción en las mayores energías rotativas siguen el factor de Boltzmann y por tanto pueden usarse para calcular la temperatura de los gases.

10 La relación de mezcla de las moléculas en los gases cambia a medida que un vehículo se calienta. Un coche frío contamina más que un coche caliente. Se puede detectar la temperatura junto con la concentración de gases en la columna de humo de escape usando dos o tres láseres de longitud de onda diferente. Después, se pueden ajustar las expectativas de concentración debido a la temperatura del motor y el tubo de escape.

15 Los láseres de diodo tienen una FWHM (anchura a media altura) en el intervalo de aproximadamente 6-10 MHz. Esto significa que puede asentarse en la parte superior de una línea de absorción. Pueden seleccionarse láseres con una longitud de onda diferente para proporcionar la inclinación o forma del factor de Boltzmann. Después, puede calcularse la temperatura de los gases. Estos láseres pueden modularse a diferentes frecuencias. Esto permite usar los diferentes detectores con amplificadores sensibles a fase para diferenciar entre los láseres que iluminan el mismo lugar.

20 **DISPOSITIVOS DE DETECCIÓN**

De acuerdo con la presente invención, los detectores usados se colocan en el foco del colector óptico. En una realización, el colector óptico de luz incluye un telescopio newtoniano, tal como se muestra en la Fig. 5. El telescopio newtoniano incluye un único espejo cóncavo 550 y una placa reflectora 555 colocada dentro de un tubo 501. El espejo cóncavo 550 recibe el haz de luz 520 dispersa desde la superficie del carril de la carretera en la que se conduce un vehículo, y lo concentra sobre la placa 555. La placa 555 dirige la luz a lo largo de su eje 556 al foco 557 en el que se coloca el detector 530. El foco 557 está fuera del tubo 501. La placa 555 se configura para rotar alrededor del eje 556. El detector 530 se conecta a un preamplificador y a un amplificador sensible a fase.

30 Diferentes fuentes necesitan diferentes sistemas detectores. Para una fuente de luz de banda ancha, uno o más filtros se colocan enfrente de los detectores. Pueden usarse detectores de conjunto para formar imágenes de tiras de la carretera. Esto permite capturar toda la columna de humo de escape y después conseguir concentraciones absolutas de los gases de un vehículo, independientemente de la posición o la altura del tubo de escape.

35 Para una fuente LED, no se necesita ningún filtro, aunque la fuente LED sea una fuente de banda ancha. Un LED de longitud de onda diferente tiene una frecuencia de modulación diferente y, por tanto, cada detector se conecta a un amplificador sensible a fase separado.

40 Para una fuente de láser de diodo, la fuente 610 y el detector 630 se colocan en el mismo eje óptico 655, tal como se muestra en la Fig. 6. El espejo esférico 650 funciona como el colector óptico para recoger la luz dispersa dispersada desde la superficie del carril y enfocar la luz recogida sobre el detector 630. La fuente de luz se lleva hasta el alojamiento del espejo con fibra óptica. El láser puede estar fuera del alojamiento.

45 Uno de los principales lastres de la detección remota de los gases de un coche es que la relación de mezcla cambia dependiendo de si el vehículo/coche se encuentra parado, acelerando o desacelerando. En el uso de una realización, se usan tres dispositivos de detección remota para detectar los gases del vehículo durante la parada, aceleración o desaceleración. La Fig. 7 muestra esquemáticamente una configuración de tal sistema en el que un dispositivo de detección remota 711 se ubica en una zona de aceleración, otro 712 se ubica en una zona de parada que está alrededor del reductor de velocidad 703 colocado en la carretera 701, y el otro 713 se ubica en una zona de desaceleración. Adicionalmente, un sistema de reconocimiento de matrículas 715 y un sistema de radar de velocidad 716 también se incorporan en el dispositivo de detección remota 713. Por consiguiente, las medidas de los dispositivos de detección remota 711, 712 y 713 se corresponden con los gases de un vehículo en las condiciones de aceleración, parada y desaceleración, respectivamente.

55 En resumen, la presente invención, entre otras cosas, habla de un método que usa un dispositivo de detección remota que usa la tecnología LIDAR. El haz de luz emitido desde una fuente se dirige hacia abajo, transmitiéndose a través de la columna de humo de escape, hacia la superficie de un carril de tráfico de una carretera en la que se conduce el vehículo. La luz transmitida se dispersa después en la superficie del carril de tráfico. Un colector óptico se usa para recoger la luz dispersa desde la superficie del carril de tráfico. La luz recogida se suministra al detector se usa para analizar los componentes y concentraciones de la columna de humo de escape. Adicionalmente, de acuerdo con la presente invención, un conjunto detector puede utilizarse para adquirir imágenes de la columna de humo de escape y de la superficie de la carretera, lo que permitiría descubrir el panorama completo de contaminantes de gas en el escape del vehículo.

65

La anterior descripción de las realizaciones ejemplares de la invención se ha presentado únicamente con fines de ilustración y descripción y no pretende ser exhaustiva ni limitar la invención a las formas precisas divulgadas. Muchas modificaciones y variaciones son posibles a la luz de la enseñanza anterior.

- 5 Las realizaciones se eligieron y describieron para explicar los principios de la invención y su aplicación práctica para animar a otros expertos en la materia a utilizar la invención y las diversas realizaciones y con diversas modificaciones adecuadas al uso particular contemplado. Serán aparentes realizaciones alternativas para los expertos en la materia a los que pertenezca la presente invención sin apartarse de su alcance tal como se define mediante las reivindicaciones adjuntas. Por consiguiente, el alcance de la presente invención se define mediante las
- 10 reivindicaciones adjuntas en lugar de la anterior descripción y las realizaciones ejemplares descritas en ella.

**REIVINDICACIONES**

1. Método de detección remota de emisiones de un vehículo conducido en una carretera, que comprende:

- 5 A) desplegar una fuente (110, 310; 610) para emitir un haz de luz y un detector (130; 530; 630) para detectar luz en el mismo lado de la carretera;
- 10 B) transmitir el haz de luz emitido por dicha fuente (110, 310; 610) a través de una columna de humo de escape emitida desde el vehículo a una superficie en la que se dispersa la luz transmitida, en la que dicha superficie es una parte inferior (802) de un puente a través del que se conduce el vehículo o es la superficie (102) de un carril de la carretera por la que se conduce el vehículo;
- 15 C) recibir, mediante dicho detector, al menos una porción de la luz dispersa dispersada desde la superficie y procesar la luz recibida en el mismo para proporcionar uno o más espectros de la luz recibida para determinar componentes y concentraciones de la columna de humo de escape.
- 20 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se usa un dispositivo (100; 711; 712; 716; 800) para la detección remota de emisiones de un vehículo conducido en una carretera, que tiene un procesador para procesar la luz recibida para proporcionar dichos uno o más espectros de la luz recibida con el fin de determinar dichos componentes y concentraciones de la columna de humo de escape.
- 25 3. El método de la reivindicación 2, en el que la fuente comprende una fuente de luz de banda ancha (310) o diodos emisores de luz (LED) o un láser (610).
- 4. El método de la reivindicación 2, en el que el dispositivo comprende además un colimador óptico (361, 362) para colimar la luz emitida por la fuente de luz de banda ancha (310) y transmitir la luz colimada a través de la columna de humo de escape a la superficie del carril.
- 30 5. El método de la reivindicación 4, en el que el colimador óptico comprende un primer espejo cóncavo (361) y un segundo espejo cóncavo (362) ubicados en relación con la fuente de manera que el primer espejo cóncavo recibe el haz de luz emitido desde la fuente y refleja la luz recibida al segundo espejo cóncavo, el segundo espejo cóncavo, a su vez, colima la luz reflejada y transmite la luz colimada a través de la columna de humo de escape a la superficie del carril.
- 35 6. El método de la reivindicación 5, en el que el primer espejo cóncavo (361) y el segundo espejo cóncavo (362) definen un foco (365) entremedias, y un troceador (366) se coloca en el foco.
- 40 7. El método de la reivindicación 3, en el que, cuando la fuente comprende dicha fuente de luz de banda ancha (310), el dispositivo comprende además uno o más filtros ubicados en relación con el detector, teniendo cada filtro un ancho de banda predeterminado.
- 45 8. El método de la reivindicación 3, en el que el láser comprende un láser de diodo (610) y en el que tanto la fuente (610) como el detector (630) se colocan en el mismo eje óptico.
- 9. El método de la reivindicación 2, en el que el dispositivo comprende además un colector óptico (150; 550; 535; 650) ubicado en una trayectoria óptica entre la fuente y el detector para recoger la luz dispersa dispersada desde la superficie del carril y suministrar al detector la luz recogida, en donde el colector óptico tiene un foco en la trayectoria óptica y en donde el detector se coloca en el foco.
- 50 10. El método de la reivindicación 2, en el que el procesador comprende un espectrómetro.
- 55 11. El método de la reivindicación 1, en el que el detector (110; 310; 610) y la fuente (130; 530; 630), que se ubican en el mismo lado de la carretera, definen una trayectoria óptica entremedias; y en el que un colector óptico (150; 550, 555; 650) se ubica en la trayectoria óptica para recoger la luz dispersa dispersada desde la superficie del carril y suministrar al detector la luz recogida.
- 60 12. El método de las reivindicaciones 9 u 11, en el que el colector óptico comprende un espejo cóncavo (150; 650) o un telescopio newtoniano (501, 550, 555).
- 13. El método de las reivindicaciones 2 u 11, en el que el detector comprende una pluralidad de fotosensores, generando cada fotosensor una señal eléctrica en respuesta a la luz dispersa recibida, en el que la señal eléctrica es indicativa de la absorción de la luz dispersa por la columna de humo de escape.
- 65 14. El método de las reivindicaciones 2 u 11, en el que el detector comprende un conjunto detector capaz de capturar imágenes de la columna de humo de escape y la superficie de la carretera.

15. El método de la reivindicación 1, que comprende además al menos uno de detectar la velocidad del vehículo usando un sensor de velocidad para determinar un patrón de escapes del vehículo e identificar el vehículo que se va a detectar usando un lector de matrículas.

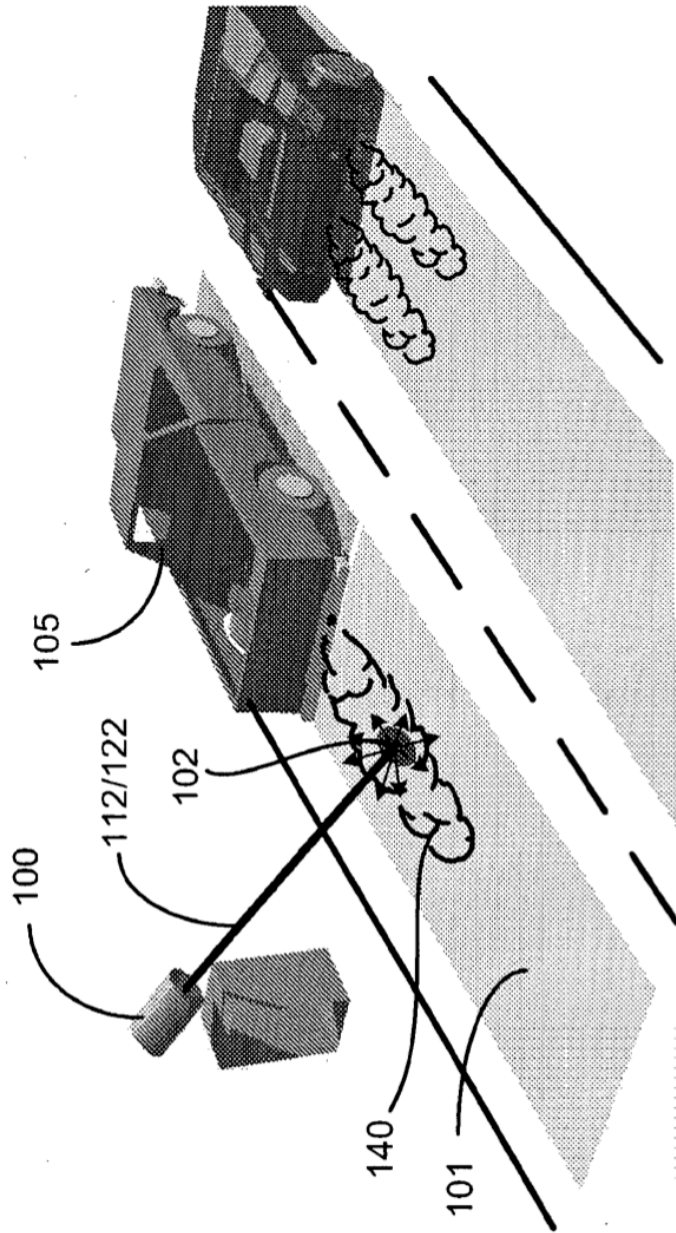


Fig. 1

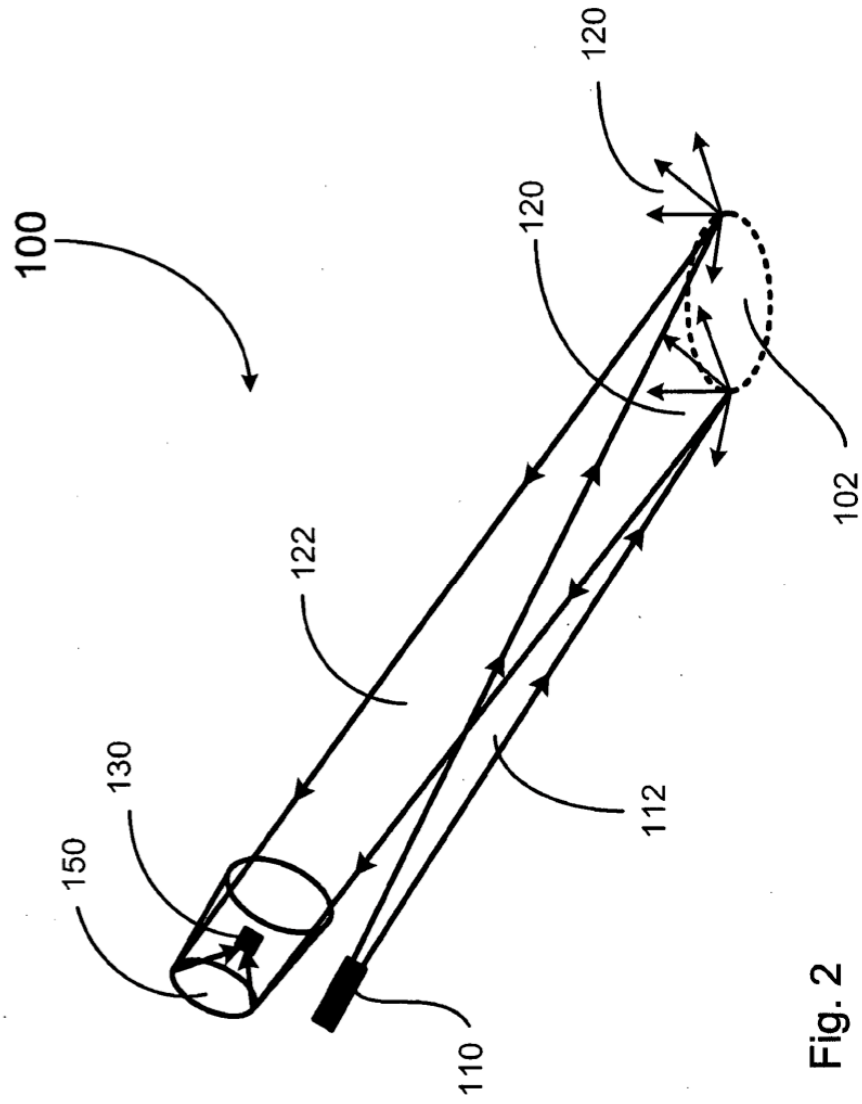


Fig. 2

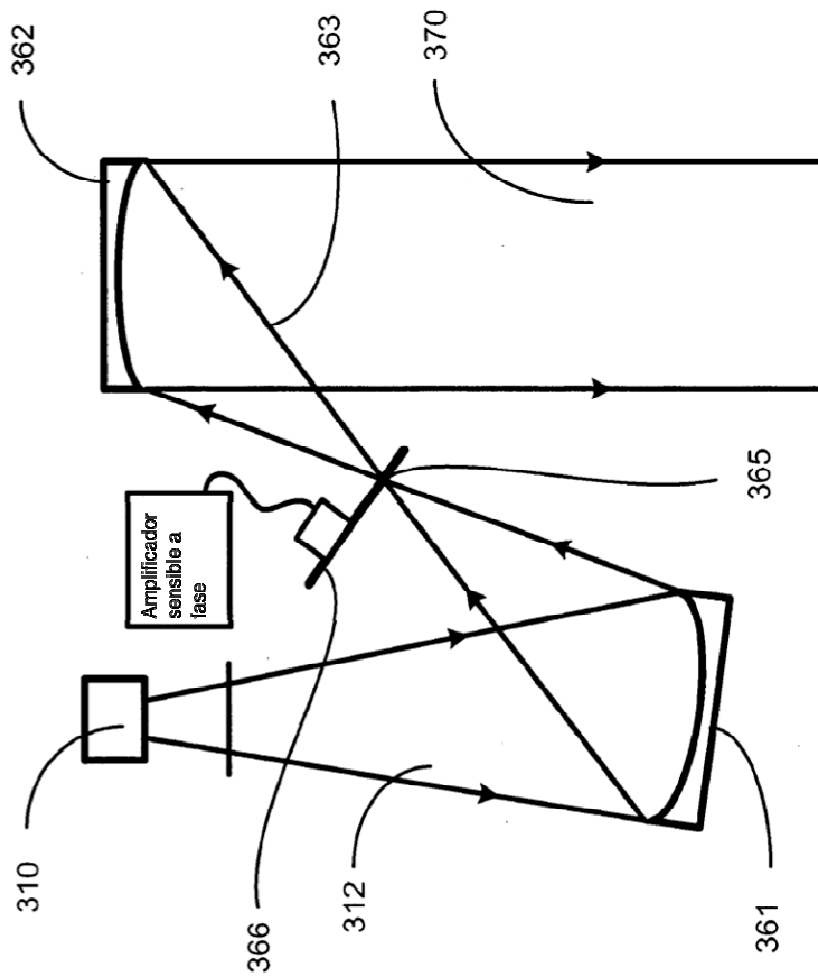


Fig. 3

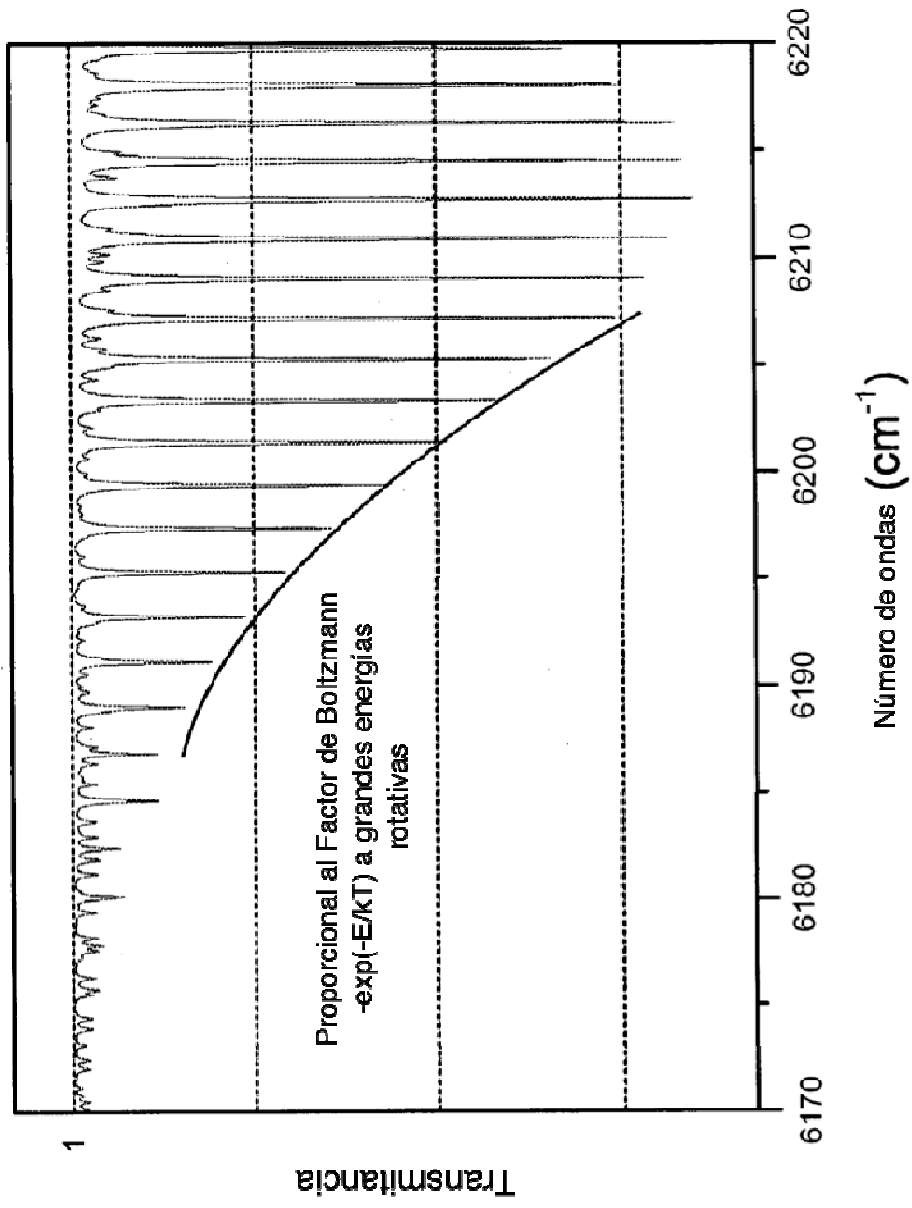


Fig. 4

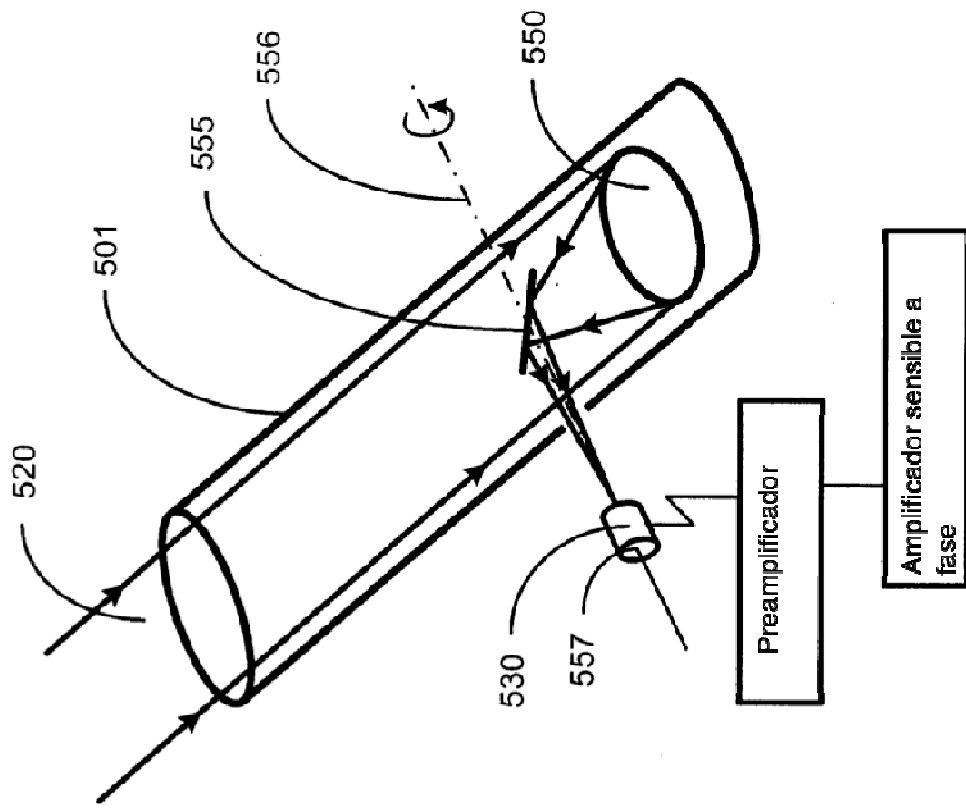


Fig. 5

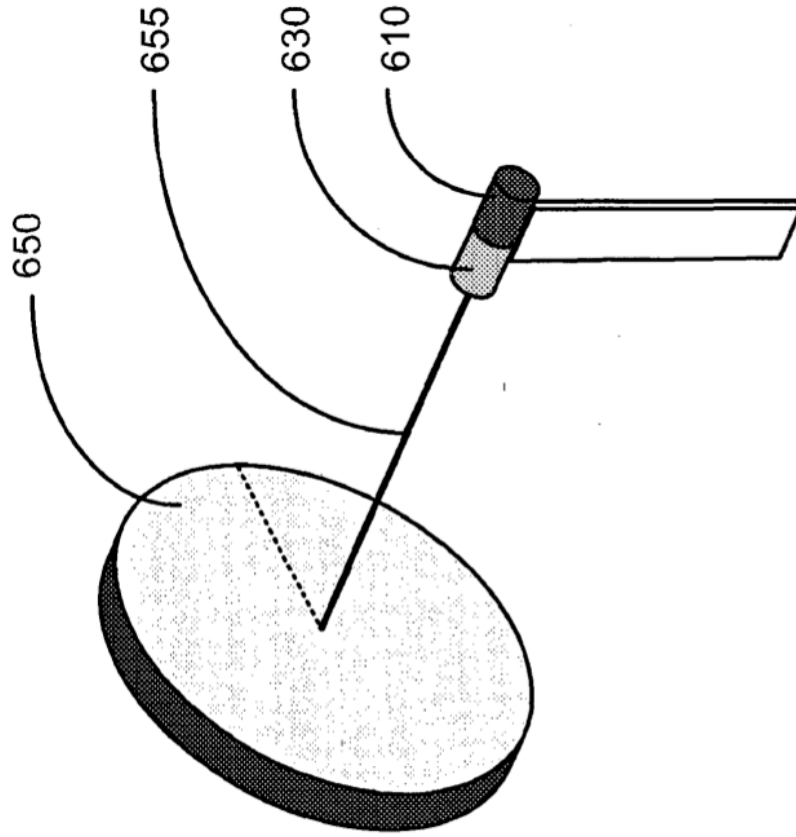


Fig. 6

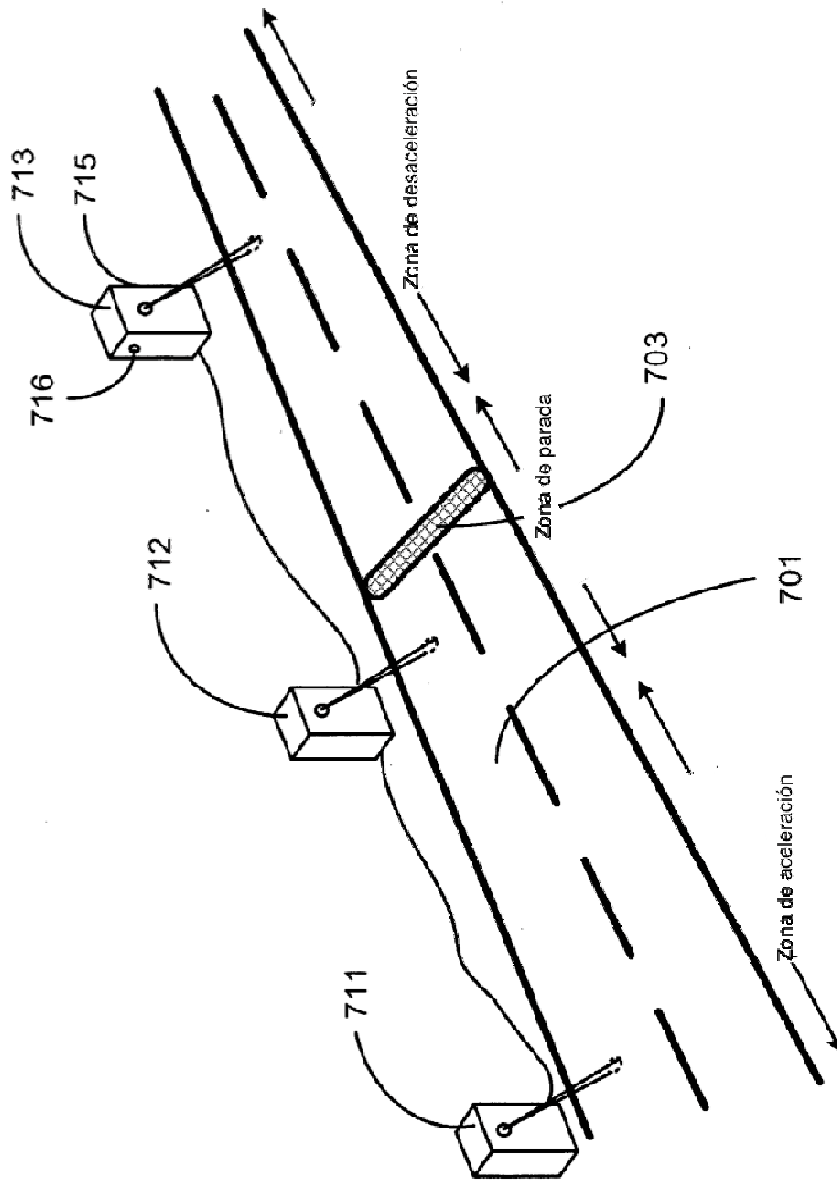


Fig. 7

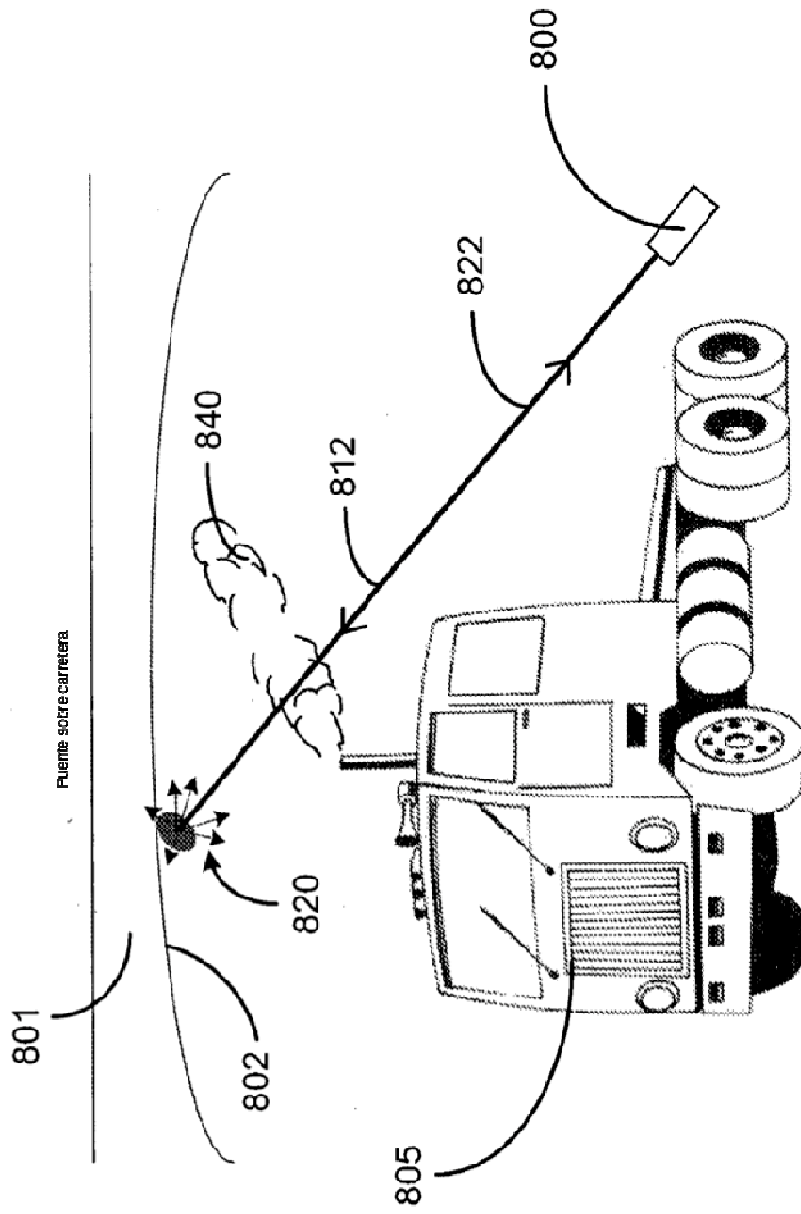


Fig. 8

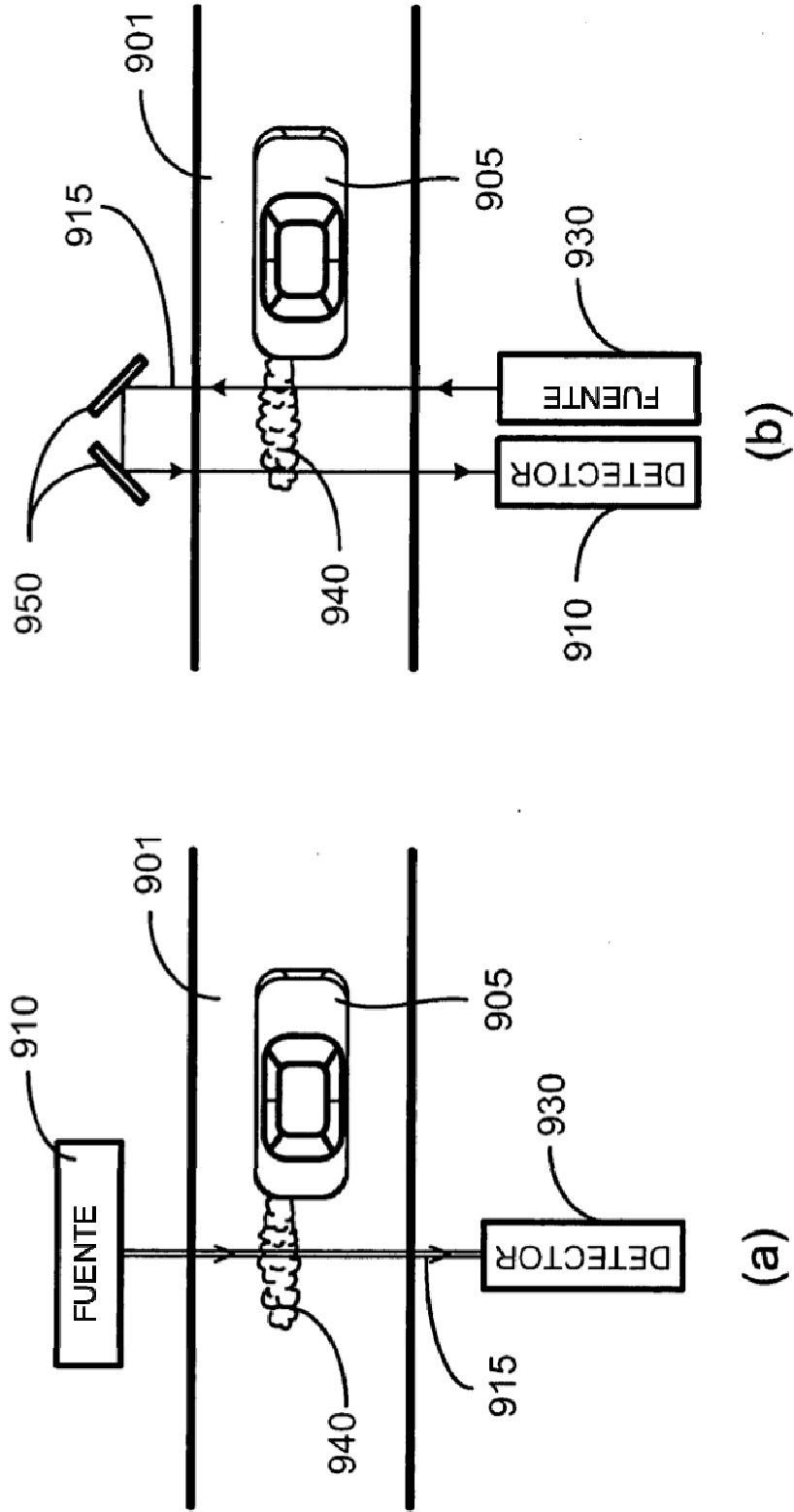


Fig. 9 (Técnica Anterior)