

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 498 727**

51 Int. Cl.:

**B01J 37/02** (2006.01)  
**B01J 23/63** (2006.01)  
**B01D 53/94** (2006.01)  
**B01J 29/12** (2006.01)  
**B01J 29/44** (2006.01)  
**B01J 29/74** (2006.01)  
**B01J 29/85** (2006.01)  
**F01N 3/035** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.08.2010 E 10741936 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.07.2014 EP 2461895**

54 Título: **Sistema de tratamiento para gas de escape de motor de gasolina**

30 Prioridad:

**05.08.2009 EP 09167270**  
**05.08.2009 US 231461 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**25.09.2014**

73 Titular/es:

**BASF SE (100.0%)**  
**67056 Ludwigshafen, DE**

72 Inventor/es:

**NEUBAUER, TORSTEN;**  
**HILGENDORFF, MARCUS;**  
**SIEMUND, STEPHAN;**  
**PUNKE, ALFRED HELMUT y**  
**GRUBERT, GERD**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 498 727 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Sistema de tratamiento para gas de escape de motor de gasolina

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a un sistema de tratamiento de una corriente de escape de un motor de gasolina y a un procedimiento para el tratamiento de un gas de escape de un motor de gasolina, en particular a un sistema de tratamiento y un procedimiento para el tratamiento de un gas de escape de un motor de gasolina procedente de motores de inyección directa de gasolina.

**Antecedentes**

10 Aunque inicialmente los motores de gasolina se operaron de manera que no se formaran partículas, posteriormente se introdujeron las tecnologías de inyección directa (GDI) que implicaron condiciones de combustión estratificada que dieron lugar a condiciones de combustión pobres y una mejor eficacia de combustible. No obstante, dichas condiciones pueden conducir a la generación de partículas. Las emisiones de partículas para los motores de inyección directa están sometidas a normativa que incluye las normas futuras Euro 5 (Septiembre de 2009) y 6 (Septiembre de 2014). Los sistemas de pos tratamiento existentes para los motores de gasolina no resultan  
15 apropiados para lograr la norma propuesta de materia particulada. Al contrario que las partículas generadas por los motores de combustión pobre diesel, las partículas generadas por los motores de inyección directa de gasolina tienden a ser más finas y a generarse en cantidades menores. Esto se debe a las diferentes condiciones de combustión de un motor diesel en comparación con un motor de gasolina. Por ejemplo, los motores de gasolina operan a una temperatura más elevada que los motores diesel. De este modo, el gas de escape de los motores diesel muestra generalmente temperaturas que varían desde 250 hasta 500 °C, mientras que el gas de escape procedente de un motor de gasolina normalmente tiene una temperatura que varía de 800 a 900 °C. De igual forma, los componentes de hidrocarburos son diferentes en las emisiones de motores de gasolina en comparación con los motores diesel.

25 De este modo, debido a la diferente composición y temperatura de las corrientes de gases de escape que proceden de los motores de gasolina en comparación con los motores diesel, en particular con respecto a las proporciones bastante menores de hollín con respecto a hidrocarburos, monóxido de carbono y contaminantes de gas de escape de óxidos de nitrógeno, respectivamente, es necesario un concepto de tratamiento diferente tanto para el tipo como para la composición del aparato implicado en el tratamiento de los gases de escape tal como filtro de partículas, TWC, y trampas para NOx, así como en la configuración de estos componentes en un sistema adaptado para el  
30 tratamiento de las corrientes de gases de escape. De manera más específica, mientras que las corrientes de gases de escape de los motores diesel normalmente contienen aproximadamente un 0-14 % de hidrocarburos totales, CO y contaminantes de NOx, (es decir aproximadamente 1,2 g/km de hidrocarburos, aproximadamente 0,3 g/km de CO y aproximadamente 0,23 g/km de NOx) para aproximadamente 0,02-0,07 g/km de hollín, el gas de escape de un motor de gasolina normalmente contiene aproximadamente un 1,1 % en peso de hidrocarburos totales, CO y contaminantes de NO (es decir aproximadamente 5,2 g/km de hidrocarburos, aproximadamente 1,5 g/km de CO y aproximadamente 3,4 g/km de NOx) para aproximadamente 0,0001-0,001 g/km de hollín. Aunque normalmente el gas de escape procedente de los motores de inyección directa de gasolina contiene menos contaminantes de hidrocarburos, CO y NO y ligeramente más hollín (es decir aproximadamente 0,001-0,002 g/km), estas proporciones se encuentran todavía lejos de parecerse a las composiciones del gas de escape de un motor diesel.  
40 Además, las diferencias en cuanto a tamaño y distribución de tamaño de partícula de las partículas de hollín en las corrientes de gases de escape de los motores diesel y gasolina, así como las temperaturas diferentes de las corrientes de gases de escape procedentes de la combustión diesel o gasolina en los respectivos tipos de motores, conducen a escenarios completamente diferentes, de manera que las tecnologías de tratamiento de los gases de escape de un motor diesel pueden no aplicarse de manera sencilla al campo tecnológico del tratamiento de gases  
45 procedentes de un motor de gasolina.

Además, la normativa para el tratamiento de las partículas de los gases de escape, normas de emisión para hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y contaminantes de óxido de nitrógeno cada vez es más estricta. Con el fin de cumplir dichas normas, se colocan convertidores catalíticos que contiene catalizadores de tres vías (TWC) en la línea de gas de escape de los motores de combustión interna. En particular, dicho catalizador favorece  
50 la oxidación por medio de oxígeno en la corriente de gas de escape de los hidrocarburos no quemados, y del monóxido de carbono así como también la reducción de los óxidos de nitrógeno hasta nitrógeno.

Con respecto al tratamiento de los gases de escape de diesel y las partículas, generalmente la técnica anterior proporciona un catalizador de oxidación aguas arriba de un filtro de partículas. Se proporciona un catalizador de depuración aguas abajo de un catalizador de oxidación y una combinación de filtro de partículas en la solicitud de patente de Estados Unidos N°. 2007/0137187. Los catalizadores de depuración apropiados aguas abajo del filtro incluyen un catalizador de oxidación adicional o un catalizador de TWC ubicado sobre el soporte de sustrato tal como un monolito de flujo pasante.

- Los filtros de partículas usados en los sistemas diesel se han revestido con, por ejemplo, con catalizadores de combustión de hollín que facilitan la regeneración pasiva del hollín. Además, la patente de Estados Unidos N°. 7.229.597 proporciona un filtro de reducción catalítica selectiva catalizada (SCR) aguas abajo de un catalizador de oxidación para el tratamiento simultáneo de óxidos de nitrógeno (NOx), materia particulada e hidrocarburos.
- 5 Además, la solicitud de patente de Estados Unidos N°. 2004/0219077 divulga un filtro catalizado en comunicación con un gas de escape de diesel. No obstante, la colocación de los catalizadores sobre filtros de hollín conduce a una pérdida gradual de eficacia debida a los componentes perjudiciales de la corriente de gas de escape de diesel. Se requiere una carga suficiente de catalizador para lograr los objetivos de tratamiento, pero esto debería estar equilibrado con la necesidad de proporcionar una retro presión aceptable en el sistema.
- 10 Además de esto, el documento EP 2 042 226 A divulga un filtro de partículas para motores con un régimen principalmente estequiométrico con respecto a la proporción aire : combustible de la mezcla de combustión. En particular, dicho documento muestra un diseño de catalizador en forma de capas, en el que una capa que contiene Rh cubre directamente una capa que contiene Pd, y únicamente la capa que contiene Rh comprende además un componente de almacenamiento de oxígeno (OSC).
- 15 Los documentos WO-A 02/26379 y US-A-2006/057046 describen un sistema de tratamiento y un procedimiento para el tratamiento de una corriente de gas de escape de un motor de gasolina que comprende un filtro de partículas, una capa de entrada dispuesta sobre la superficie de entrada de gas de escape del sustrato de filtro, y una capa de salida dispuesta sobre la superficie de salida de gas de escape del sustrato de filtro, en el que la capa de entrada comprende Rh y/o Pd, y la capa de salida comprende Rh o Rh y una zeolita.
- 20 Por tanto, el objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de tratamiento para la corriente de gases de escape de un motor de gasolina así como un procedimiento para el tratamiento del gas de escape de un motor de gasolina, en particular en lo que se refiere al tratamiento del gas de escape de un motor de gasolina procedente de motores de gasolina de inyección directa.

### Sumario

- 25 Se proporcionan sistemas de gases de escape y componentes apropiados para su uso junto con los motores de gasolina, en particular aquellos con tecnología de inyección directa, para capturar las partículas además de reducir las emisiones gaseosas de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y monóxidos de carbono. Los sistemas de tratamiento actuales para dichos motores no tienen filtros de partículas.
- 30 En particular, el objeto de la presente invención se logra por medio de un sistema de tratamiento para una corriente de gases de escape de un motor de gasolina que comprende un filtro de partículas, comprendiendo dicho filtro de partículas
- 35 un sustrato de filtro de partículas,  
una capa de entrada dispuesta sobre la superficie de entrada de gas de escape del sustrato de filtro, y  
una capa de salida dispuesta sobre la superficie de salida de gas de escape del sustrato de filtro,  
en el que la capa de entrada comprende Rh y/o Pd, y la capa de salida comprende Rh y/o una zeolita, y en el que dicho sistema además comprende un catalizador de conversión de tres vías (TWC) y/o una trampa para NOx que está en comunicación de fluido con el filtro de partículas.
- 40 Otros aspectos incluyen componentes de tratamiento de emisión ubicados aguas arriba y/o aguas abajo de un filtro de partículas para el tratamiento de corrientes de gases de escape de un motor de gasolina que comprenden hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno, comprendiendo además el sistema de tratamiento un catalizador de conversión de tres vías y/o una trampa para NOx.
- 45 Otros aspectos incluyen además procedimientos para tratar un gas que comprende hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógenos, y partículas, comprendiendo el procedimiento: ubicar un sistema de tratamiento de emisiones aguas abajo de un motor de gasolina, preferentemente un motor de gasolina de inyección directa; proporcionar un catalizador de conversión de tres vías (TWC) y una trampa de partículas en el sistema de tratamiento de emisiones; y poner en contacto dicho gas de escape procedente del motor con el catalizador de TWC y la trampa de partículas.
- Por consiguiente, la presente invención también proporciona un procedimiento para el tratamiento de gas de escape de un motor de gasolina que comprende:
- 50 (i) proporcionar un sistema de tratamiento de acuerdo con la presente invención, y  
(ii) conducir la corriente de gas de escape de un motor de gasolina a través del sistema de tratamiento.

Se definen realizaciones adicionales de la presente invención en las reivindicaciones.

**Breve descripción de los dibujos**

Las Figuras 1 y 2, respectivamente, muestran un detalle de corte transversal esquemático de un filtro de partículas con flujo de pared preferido de la presente invención, en el que la "entrada" indica un conducto del filtro de flujo de pared a través del cual penetra la corriente de gases de escape en el filtro de partículas, "salida" indica un conducto del filtro de flujo de pared a través del cual se produce la salida de la corriente de gases de escape del filtro de partículas, "sustrato-CSF" indica el sustrato de filtro de partículas, "A" indica la capa de entrada y "B" indica la capa de salida.

**Descripción detallada**

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un sistema de tratamiento que comprende un filtro de partículas que está especialmente adaptado al tratamiento de corrientes de gases de escape de motores de gasolina, en particular las que se originan en motores de gasolina de inyección directa. Más específicamente, el filtro de partículas comprende un sustrato de filtro de partículas, una capa de entrada dispuesta sobre una superficie del sustrato de filtro que, cuando se aplica al tratamiento de un gas de escape, es la primera que entra en contacto con la corriente de gases entrantes, y una capa de salida dispuesta sobre una superficie del sustrato de filtro que es la última que entra en contacto con el gas de escape, una vez que el gas ha atravesado el sustrato de filtro.

En principio, se puede usar cualquier sustrato de filtro en la presente invención, con la condición de que proporcione el filtrado eficaz de la materia particulada presente en las corrientes de gases de escape de un motor de gasolina. Preferentemente, se usa una trampa para partículas como sustrato de filtro, en la que, de acuerdo con la presente invención, la referencia a una trampa de partículas significa un filtro con un tamaño y configuración tales que atrape partículas generadas por las reacciones de combustión en el motor de gasolina, preferentemente en motores de gasolina con tecnologías de inyección directa. El atrapamiento de las partículas puede tener lugar, por ejemplo, por medio del uso de un sustrato de flujo pasante que tiene una trayectoria interna sinuosa de manera que un cambio en la dirección del flujo de las partículas provoca una caída de las mismas de la corriente de gas de escape, por medio del uso de un sustrato, tal como un soporte de metal corrugado, o por medio de otros procedimientos conocidos por los expertos en la materia.

De acuerdo con una realización preferida, el sustrato es un monolito de flujo pasante, preferentemente un filtro de flujo de pared, y más preferentemente un filtro de flujo de pared que tiene una estructura de nido de abeja. Los sustratos útiles de flujo de pared incluyen los que tienen una pluralidad de conductos de flujo de gas sustancialmente paralelos que se extienden a lo largo del eje longitudinal del sustrato. Preferentemente, cada conducto está bloqueado en un extremo del cuerpo del sustrato, con conductos alternos bloqueados en las caras terminales opuestas. La patente de Estados Unidos N°. 4.329.162 se incorpora por referencia en la presente memoria con respecto a la divulgación de sustratos apropiados de flujo de pared que se pueden usar de acuerdo con la presente invención.

Se puede concebir el sustrato de filtro de partículas de cualquier material o combinación de materiales que permita la filtración de la materia particulada presente en el gas de escape de un motor de gasolina sin impedir la función del motor de gasolina en comunicación de fluido con el filtro de partículas. Para ello, preferentemente se usan materiales porosos como material de sustrato, en particular materiales de tipo cerámico tales como cordierita,  $\alpha$ -alúmina, carburo de silicio, titanato de aluminio, nitruro de silicio, circonia, mulita, espodumeno, sílicealúmina-magnesia y silicato de circonio, así como metales refractarios porosos y sus óxidos. De acuerdo con la presente invención, "metales refractarios" se refiere a uno o más metales seleccionados entre el grupo que consiste en Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W y Re. El sustrato de filtro de partículas también puede estar formado por materiales compuestos de fibra y cerámica. De acuerdo con la presente invención, el sustrato de filtro de partículas está preferentemente formado por cordierita, carburo de silicio y/o titanato de aluminio. En general, se prefieren materiales que sean capaces de soportar las temperaturas elevadas a las cuales se expone el filtro de partículas cuando se usa en el tratamiento de gases de escape de un motor de gasolina.

Entre las estructuras preferidas de filtro de flujo de pared que se pueden emplear en los filtros de partículas de acuerdo con la presente invención, se prefieren particularmente aquellas estructuras que muestran paredes finas de manera que la retro presión y/o la disminución de presión a través del filtro se puedan mantener en un valor mínimo. Aunque el espesor preferido de la estructura de filtro de flujo de pared dependa en gran medida del tipo de material usado y de su porosidad, preferentemente, el espesor de pared de acuerdo con la presente invención varía de 10  $\mu\text{m}$  a 1 mm, más preferentemente de 50  $\mu\text{m}$  a 600  $\mu\text{m}$ , más preferentemente de 100  $\mu\text{m}$  a 400  $\mu\text{m}$ , e incluso más preferentemente de 250  $\mu\text{m}$  a 350  $\mu\text{m}$ .

Con respecto a la porosidad y el tamaño medio de poro del material de sustrato usado en el filtro de partículas, se puede emplear cualquier porosidad y tamaño medio de poro, con la condición de que las partículas presentes en el gas de escape del motor de gasolina se puedan filtrar de forma eficaz a partir de la corriente de gas sin provocar retro presión y/o una disminución de presión que pudiera impedir el funcionamiento normal de un motor de gasolina que está preferentemente en comunicación de fluido con el filtro de partículas. No obstante, esto depende en gran medida de su propia estructura de filtro tal como el espesor de pared en los sustratos preferidos de filtro de flujo de pared. No obstante, de acuerdo con la presente invención se prefieren los materiales de sustrato de filtro de

partículas que tienen una porosidad que varía de un 20 % a un 80 %, en los cuales se prefieren particularmente las porosidades que varían de un 25 % a un 75 %. Incluso más preferentemente, los materiales de sustrato de filtro de acuerdo con la invención muestran porosidades que varían de un 35 % a un 65 %, incluso más preferentemente de un 40 % a un 60 %, e incluso más preferentemente de un 45 % a un 55 %.

5 Dentro del significado de la presente invención, la porosidad de un material se define como la proporción del volumen de espacios de hueco con respecto al volumen bruto o total del propio material. Preferentemente, la porosidad, dentro del significado de la presente invención, significa la porosidad abierta o eficaz del material dado como la fracción del volumen total en la cual tiene lugar el flujo de fluido de manera eficaz, y por tanto excluye los poros terminales muertos o las cavidades no conectadas.

10 Con respecto al tamaño medio de poro de los materiales porosos presentes en el sustrato de filtro de partículas de acuerdo con la presente invención, dichos materiales pueden mostrar cualquier tamaño medio de poro y distribución de tamaño de poro que se puedan concebir, con la condición de que las partículas presentes en el gas de escape del motor de gasolina se filtren de manera eficaz a partir de la corriente de gas sin provocar retro presión y/o una disminución de presión que pudiera alterar el funcionamiento normal del motor de gasolina que está preferentemente en comunicación de fluido con el filtro de partículas. Preferentemente, se emplean materiales que muestran un tamaño medio de poro de 2  $\mu\text{m}$  o más, en los cuales más preferentemente, el tamaño medio de poro varía de 5 a 30  $\mu\text{m}$ , incluso más preferentemente de 10 a 20  $\mu\text{m}$ .

20 Con respecto a los sustratos de filtro de flujo de pared de nido de abeja preferidos, generalmente, dichas estructuras de filtro muestran cualesquiera densidades de celdas, en las que la "densidad de celdas" o "densidad celular" de acuerdo con la presente invención se refiere al número de celdas cerradas que se encuentran en una superficie de corte transversal del filtro perpendicular al eje del filtro. Las celdas pueden tener cualquier geometría apreciable de corte transversal, en la que se prefieren geometrías de tipo rectangular, cuadrada, circular, ovalada, triangular, hexagonal y combinaciones de dos o más de dichas geometrías. Preferentemente, se emplean los sustratos de filtro de flujo de pared que muestran una densidad de celda de 10 a 200 celdas por  $\text{cm}^2$ , más preferentemente de 20 a 100 celdas por  $\text{cm}^2$ , más preferentemente de 30 a 70 celdas por  $\text{cm}^2$ , e incluso más preferentemente de 40 a 50 celdas por  $\text{cm}^2$ .

30 Cuando se revisten los sustratos con estas porosidades y estos tamaños medios de poro con las técnicas descritas anteriormente, se pueden introducir los niveles apropiados de composiciones de catalizador sobre los sustratos para lograr eficiencias de conversión excelentes de hidrocarburos, CO y NOx. En particular, estos sustratos son capaces de retener las características de flujo de escape apropiadas, es decir, retro presiones aceptables, a pesar de la carga del catalizador.

35 En particular, de acuerdo con la presente invención, el filtro de partículas presente en el sistema de tratamiento contiene una capa de entrada dispuesta sobre la superficie de entrada del gas de escape del sustrato de filtro. Como se ha descrito anteriormente, "capa de entrada" de acuerdo con la presente invención describe una capa que está dispuesta sobre una superficie del sustrato de filtro que, cuando se aplica al tratamiento de un gas de escape, es la primera que entra en contacto con la corriente de gas entrante. Por ejemplo, como se muestra en las Figuras 1 y 2 que muestran un detalle de corte transversal de un filtro de partículas de pared de flujo preferido de acuerdo con la presente invención, la capa de entrada A está dispuesta sobre las paredes de los conductos a través de los cuales el gas de escape del motor de gasolina penetra en dicho filtro durante el procedimiento de tratamiento.

40 Además de dicha capa de entrada, el filtro de partículas provisto en el sistema de tratamiento de acuerdo con la invención comprende además una capa de salida, en la que la expresión "capa de salida" designa una capa que está dispuesta sobre la superficie del sustrato de filtro que es la última en entrar en contacto con el gas de escape, una vez que la corriente de gas ha atravesado el sustrato de filtro durante su tratamiento. De este modo, como se muestra en las Figuras 1 y 2 que muestran un detalle de corte transversal de un filtro de partículas de flujo de pared preferido de acuerdo con la presente invención, la capa de salida B está dispuesta sobre las paredes de los conductos a través de los cuales el gas de salida del motor de gasolina abandona dicho filtro durante el procedimiento de tratamiento.

De acuerdo con la presente invención, se puede usar cualquier tipo de capa concebible en el filtro de partículas, en el que preferentemente se usan capas de revestimiento delgado.

50 En principio, la capa de entrada y salida pueden estar dispuestas sobre el filtro de partículas de cualquier manera concebible. En particular, se pueden aplicar las capas de manera que bien toda la superficie de entrada y/o de salida del filtro de partículas esté cubierta por la capa en cuestión, o únicamente una parte de la misma. Dentro del significado de la presente invención, "superficie de entrada" se entiende como una superficie del sustrato de filtro que es la que primero entra en contacto con la corriente de gas entrante, y "superficie de salida" se entiende que es la superficie del sustrato de filtro que por último entra en contacto con el gas de escape, una vez que la corriente de gas ha atravesado el sustrato de filtro durante su tratamiento. A este respecto, se concibe de acuerdo con la presente invención, que únicamente una parte de la superficie de entrada está cubierta por la capa de entrada cuando la superficie de salida se encuentra cubierta completamente por la capa de salida, y que, al contrario, únicamente una parte de la superficie de salida del sustrato de filtro se encuentra cubierta por la capa de salida cuando la superficie

de entrada está completamente cubierta por la capa de entrada. Preferentemente, no obstante, las superficies de entrada y salida bien están cubiertas por completo o bien en parte por las respectivas capas, como se muestra a modo de ejemplo en la Figura 1 y 2, respectivamente, con respecto a un sustrato de filtro de flujo de pared preferido.

5 En el caso de una superficie de entrada y salida del filtro que esté únicamente cubierta de forma parcial, la parte de la superficie que está cubierta preferentemente varía de un 10 a un 90 %, más preferentemente de un 20 a un 80 %, más preferentemente de un 30 a un 70 %, más preferentemente de un 40 a un 60 %, e incluso más preferentemente de un 45 a un 55 %. De acuerdo con las realizaciones de la presente invención en las que únicamente una parte de la superficie de entrada y/o salida del filtro de partículas se encuentra cubierta, es preferible que la parte cubierta esté ubicada sobre esa parte de las superficies de entrada y salida que primero entran en contacto con la corriente de gas entrante o que por último entran en contacto con la corriente de gas que ha atravesado el sustrato de filtro, respectivamente. De acuerdo con una realización particularmente preferida de la presente invención, la suma de la parte de superficie de entrada cubierta por la capa de entrada y la parte de superficie de salida cubierta por la capa de salida es un porcentaje que varía de un 50 a un 150 %, preferentemente de un 60 a un 140 %, más preferentemente de un 70 a un 130 %, más preferentemente de un 80 a un 120 %, más preferentemente de un 90 a un 110 %, más preferentemente de un 95 a un 105 %, más preferentemente de un 98 % a un 102 %, más preferentemente de un 99 a un 101 % e incluso más preferentemente de un 90,5 a un 100,5 %. A modo de ejemplo, la Figura 2 muestra dicha realización particularmente preferida para un sustrato de filtro de flujo de pared en el que un 50 % de las superficies de entrada y salida están cubiertas respectivamente por las capas de entrada y salida, y la parte de la superficie de entrada y salida cubierta respectivamente representa el 50 % de la superficie de entrada que primero entra en contacto con la corriente de gas de entrada, y el 50 % de la superficie de salida que por último entra en contacto con la corriente de gas de escape que abandona el sustrato de filtro, respectivamente.

De este modo, con respecto a las realizaciones de la presente invención en las cuales se usa el filtro de flujo de pared como sustrato de filtro, se prefieren particularmente las que comprenden un extremo de entrada, un extremo de salida, una longitud axial de sustrato que se extiende entre el extremo de entrada y el extremo de salida, y una pluralidad de conductos definidos por las paredes internas del sustrato de flujo de pared, en el que la pluralidad de conductos comprende conductos de entrada que tienen un extremo de entrada abierto y un extremo de salida cerrado, y conductos de salida que tienen un extremo de entrada cerrado y un extremo de salida abierto, en el que las paredes internas de los conductos de entrada comprenden un primer revestimiento de entrada que se extiende desde el extremo de entrada a un primer extremo de revestimiento de entrada, definiendo de este modo una primera longitud de revestimiento de entrada, en la que la longitud del primer revestimiento de entrada es  $x$  % de la longitud axial de sustrato, en el que las paredes internas de los conductos de salida comprenden un primer revestimiento de salida que se extiende desde el extremo de salida hasta un extremo de revestimiento de salida, definiendo de este modo una primera longitud de revestimiento de salida, en el que la longitud del primer revestimiento de salida es de  $100-x$  % de la longitud axial de sustrato, en la que  $0 < x < 100$ .

En realizaciones particularmente preferidas,  $x$  varía de un 25 a un 75 %, preferentemente de un 35 a un 65 % y más preferentemente de un 45 a un 55 %.

Además, de manera sorprendente, se ha encontrado que el uso de composiciones específicas de capas de entrada y salida de acuerdo con la presente invención conduce a filtros de partículas que se pueden usar de manera eficaz en el tratamiento de gases de escape de motores de gasolina, en particular en el tratamiento de los gases de escape procedentes de motores de gasolina de inyección directa. En este sentido, de manera inesperada, se ha descubierto que las combinaciones específicas de composiciones para las capas de entrada y salida se adaptan particularmente bien al tratamiento de las corrientes de gases de escape de motores de gasolina.

Más específicamente, las combinaciones de composiciones de capa de entrada y salida de acuerdo con la presente invención se refieren a capas de entrada que comprende Rh, Pd o tanto Rh como Pd en combinación con las composiciones de capa de salida que comprenden Rh, una zeolita, o tanto Rh como una zeolita.

De este modo, la presente invención se refiere a un sistema de tratamiento para una corriente de gases de escape de un motor de gasolina que comprenden un filtro de partículas, comprendiendo dicho filtro de partículas:

50 un sustrato de filtro de partículas,  
una capa de entrada dispuesta sobre la superficie de entrada de gas de escape del sustrato de filtro, y  
una capa de salida dispuesta sobre la superficie de salida de gas de escape del sustrato de filtro,

en el que la capa de entrada comprende Rh y/o Pd, y la capa de salida comprende Rh y/o una zeolita.

De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, la capa de entrada del filtro de partículas comprende Pd, y la capa de salida comprende Rh.

55 Se prefieren más las realizaciones de acuerdo con la presente invención en las que la capa de entrada comprende Rh y Pd y la capa de salida comprende además Pd. Se prefieren incluso más las realizaciones en las que la capa de entrada y la capa de salida comprenden ambas Rh y Pd.

Además, se prefieren las realizaciones de la presente invención en las que el filtro de partículas contiene una capa de entrada que comprende bien Rh o Pd, y la capa de salida comprende una zeolita.

Además, de acuerdo con una realización particularmente preferida de la presente invención, tanto las capas de entrada como de salida del filtro de partículas comprenden Rh.

- 5 De acuerdo con la presente invención, las capas de entrada y/o salida preferentemente comprenden además Pt. Son particularmente preferidas realizaciones en las cuales las capas de entrada y/o salida comprenden Pt además de una zeolita.

10 De manera ventajosa, las zeolitas se usan en la presente invención con el fin de adsorber hidrocarburos durante el período de calentamiento del tratamiento de gases de escape de un motor de gasolina, cuando el sistema de tratamiento todavía no ha alcanzado la temperatura necesaria para la operación completa. En principio, una o más zeolitas pueden estar presentes en la capa de entrada y/o en la capa de salida del filtro de partículas, en el que preferentemente una o más zeolitas están presentes en la capa de salida. De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, la capa que comprende una o más zeolitas comprende además Pt para la oxidación del hidrocarburo adsorbido a temperaturas elevadas.

15 Generalmente, se puede usar cualquier zeolita concebible en la presente invención, en la que preferentemente la zeolita se usa estando seleccionada entre el grupo que consiste en faujasita, chabazita, clinoptilolita, mordenita, silicalita, zeolita X, zeolita Y, zeolita Y ultraestable, zeolita ZSM-5, zeolita ZSM-12, zeolita SSZ-3, zeolita SAPO 5, ofretita, beta zeolita y sus mezclas. En realizaciones particularmente preferidas, la zeolita está seleccionada entre el grupo que consiste en zeolitas ZSM, beta zeolita, zeolita Y y sus mezclas.

20 Las zeolitas usadas en la presente invención pueden tener cualquier proporción concebible de Si : Al, con la condición de que se pueda lograr el tratamiento eficaz del gas de escape de un motor de gasolina, en particular a las temperaturas elevadas presentes en el tratamiento de gases de escape de motores de gasolina. Preferentemente, las zeolitas tienen una proporción de Si : Al que varía de 25 a 1000, más preferentemente de 50 a 500, e incluso más preferentemente de 100 a 250. Alternativamente, se prefieren las proporciones de Si : Al que varían de 25 a 25  
30 300, incluso más preferentemente de 35 a 180.

En general, las capas de entrada y salida pueden comprender un material de soporte, preferentemente un óxido metálico como soporte para los componentes adicionales presentes en las mismas, en particular para los metales de transición Rh y/o Pd. No obstante, en realizaciones en las cuales la capa de salida comprende una zeolita, preferentemente dicha capa no comprende además un material de soporte, en particular cuando dicha capa no comprende un metal del grupo de platino. Dentro del significado de la presente invención, "metal del grupo del platino" se refiere a un metal o combinaciones de dos o más metales seleccionados entre el grupo que consiste en rutenio, rodio, paladio, osmio, iridio y platino.

35 La referencia a un "soporte" en la capa de catalizador se refiere a un material que alberga los componentes tales como metales preciosos, en particular metales del grupo del platino, estabilizadores, promotores (preferentemente metales de transición), aglutinantes y similares, a través de asociación, dispersión, impregnación u otros procedimientos apropiados. La referencia a "impregnación" significa que los respectivos componentes están dispuestos sobre el material de soporte, en particular en los poros del material de soporte. En realizaciones detalladas, la impregnación se logra por medio de humedad incipiente, en la que un volumen de una solución que contiene uno o más componentes es aproximadamente igual al volumen de poros del cuerpo del soporte.

40 Generalmente, la impregnación por humedad incipiente conduce a una distribución sustancialmente uniforme de la solución a través del sistema de poros del soporte. La referencia al "contacto estrecho" incluye la existencia de una cantidad eficaz de componentes en dicho contacto sobre el mismo soporte, en contacto directo y/o proximidad sustancial.

45 Como material de soporte, se puede usar cualquier material concebible con la condición de que dicho material pueda proporcionar eficazmente al menos la función de al menos un metal de transición que puede estar presente bien en la capa de entrada o bien en la capa de salida del filtro de partículas de acuerdo con la presente invención. De acuerdo con la presente invención, se usan preferentemente óxidos metálicos como material de soporte, más preferentemente aquellos óxidos metálicos que están seleccionados entre el grupo que consiste en alúmina, circonia, circonia-alúmina, baria-alúmina, lantana-alúmina, lantana circonia-alúmina y sus mezclas. Entre dichos materiales de soporte preferidos, se prefieren particularmente lantana alúmina y/o circonia-alúmina.

Entre los tipos de alúmina que se pueden usar como material de partida de acuerdo con la presente invención, tanto solos como en combinación de otros óxidos metálicos, se prefiere gamma alúmina. De acuerdo con otras realizaciones preferidas de la presente invención, se usa gamma alúmina que se ha impurificado con un metal refractario y/o un metal de las tierras raras, más preferentemente con lantano y/o circonio.

55 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, preferentemente se usa lantana-alúmina como material de soporte para Pd, y preferentemente se usa circonia-alúmina como material de partida para Rh. Más preferentemente, cuando Pd se encuentra sobre un soporte de lantana-alúmina, dicho material de soporte contiene de un 2 a un 10 % en peso de La, incluso más preferentemente de un 3 a un 6 % en peso de La, e incluso más

preferentemente de un 3,5 a un 4,5 % en peso de La. Además, cuando Rh se encuentra sobre un soporte de circonia-alúmina, dicho material de soporte preferentemente contiene de un 5 a un 35 % en peso de Zr, más preferentemente de un 10 a un 30 % en peso de Zr, e incluso más preferentemente de un 15 a un 25 % en peso de Zr.

5 En realizaciones preferidas de la presente invención, la capa de entrada y/o salida del filtro de partículas comprende un componente de almacenamiento de oxígeno (OSC). Dentro del significado de la presente invención, "componente de almacenamiento de oxígeno" (OSC) significa una entidad que tiene estados de multi-valencia y que puede reaccionar activamente con oxidantes tales como oxígeno u óxido nitroso en condiciones oxidantes, o que reacciona con reductores tales como monóxido de carbono (CO) o hidrógeno en condiciones de reducción. De acuerdo con la presente invención, preferentemente OSC está seleccionado entre el grupo que consiste en circonia, ceria, baria, 10 lantana, praseodimia, neodimia y sus mezclas, más preferentemente entre el grupo que consiste en mezclas de ceria-circonia, ceria-circonia-lantana, lantana-circonia, baria-lantana y baria-lantana-neodimia. En realizaciones particularmente preferidas, el componente de almacenamiento de oxígeno presente en la capa de entrada y/o salida es ceria y/o circonia, más preferentemente un material compuesto de ceria-circonia.

15 De acuerdo con un realizaciones particularmente preferidas, en las que la capa de entrada comprende un material compuesto de ceria-circonia como OSC, preferentemente dicho material compuesto contiene de un 20 a un 70 % en peso de ceria, más preferentemente de un 30 a un 60 % en peso, más preferentemente de un 35 a un 55 % en peso e incluso más preferentemente de un 40 a un 50 % en peso.

20 Además, de acuerdo con realizaciones particularmente preferidas en las que la capa de salida comprende un material de ceria-circonia como OSC, preferentemente dicho material compuesto contiene de un 2 a un 20 % en peso de ceria, más preferentemente de un 5 a un 15 % en peso, incluso más preferentemente de un 8 a un 12 % en peso.

25 Además de o en lugar de un OSC, la capa de entrada y/o salida puede comprender un componente de trampa de NOx, estando preferentemente dicho componente de trampa de NOx seleccionado entre el grupo que consiste en óxidos de metal alcalino, óxidos de metal alcalino térreo, óxidos de metal de las tierras raras y sus mezclas, más preferentemente entre el grupo que consiste en óxidos de potasio, sodio, litio, cesio, calcio, estroncio, bario, cerio, lantano, praseodimio, neodimio y sus mezclas. En realizaciones particularmente preferidas, el componente de trampa de NOx es óxido de bario y/o óxido de estroncio, más preferentemente óxido de bario.

30 De acuerdo con realizaciones preferidas de la presente invención, el sistema de tratamiento para el gas de escape de un motor de gasolina comprende además un catalizador TWC. En principio, se puede emplear cualquier catalizador TWC en el sistema de tratamiento de acuerdo con la presente invención, con la condición de que se pueda llevar a cabo el tratamiento eficaz del gas de escape del motor de gasolina. Preferentemente, se emplean catalizadores de TWC que comprenden Rh y/o Pd, más preferentemente los que comprenden Pd.

35 En el sistema de tratamiento de la presente invención, el catalizador TWC y el filtro de partículas están en comunicación de fluido, en el que, con respecto a la dirección en la que la corriente de gas de escape del motor de gasolina fluye a través del sistema de tratamiento, el catalizador TWC puede estar ubicado aguas arriba o aguas bajo del filtro de partículas, prefiriéndose la ubicación del catalizador de TWC aguas arriba del filtro de partículas.

40 En realizaciones preferidas de la presente invención, el catalizador de TWC comprende un material de soporte de óxido de metal, estando seleccionado dicho material preferentemente entre el grupo que consiste en alúmina, circonia, circonia-alúmina, baria-alúmina, lantana-alúmina, lantana-circonia-alúmina y sus mezclas. En realizaciones particularmente preferidas, el material de soporte de óxido de metal es gamma-alúmina.

45 Preferentemente, el material de soporte está impurificado con un elemento de las tierras raras en una cantidad que preferentemente varía de un 0,01 a un 30 % en peso, más preferentemente de un 0,05 a un 15 % en peso, incluso más preferentemente de un 0,1 a un 10 % en peso. En particular, preferentemente el elemento de las tierras raras está seleccionado entre el grupo que consiste en cerio, lantano, praseodimio, neodimio y sus mezclas, en el que el elemento de las tierras raras preferentemente es cerio y/o lantano, más preferentemente cerio.

De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, el material de soporte de óxido de metal es gamma-alúmina que preferentemente está impurificada con un metal refractario y/o un metal de las tierras raras, más preferentemente con lantano y/o circonio.

50 Además de o en lugar de dicho material de soporte, el catalizador de TWC de acuerdo con la presente invención preferentemente comprende un OSC, estando seleccionado preferentemente dicho OSC entre el grupo que consiste en circonia, ceria, baria, lantana, praseodimio, neodimia y sus mezclas, más preferentemente entre el grupo que consiste en mezclas ceria-circonia, ceria-circonia-lantana, lantana-circonia, baria-lantana y baria-lantana-neodimia. En realizaciones particularmente preferidas, el OSC es ceria y/o circonia, preferentemente ceria.

55 De acuerdo con la presente invención, el sistema de tratamiento puede comprender además de, o en lugar del catalizador de TWC, una trampa para NOx. El documento WO 2008/067375 se incorpora por referencia en la presente memoria con respecto a la divulgación de trampas para NOx que se pueden usar de acuerdo con la presente invención.

En el sistema de tratamiento de la presente invención, no obstante, es preferible que, alternativamente, se use bien un catalizador de TWC o bien una trampa para NOx además del filtro de partículas. En principio, en las realizaciones preferidas del sistema de tratamiento de la invención que comprenden una trampa para NOx, se puede emplear cualquier trampa para NOx, con la condición de que se pueda llevar a cabo de manera eficaz el tratamiento del gas de escape de motor de gasolina.

En los sistemas de tratamiento preferidos de la presente invención, la trampa para NOx y el filtro de partículas están en comunicación de fluido, en la que, con respecto a la dirección en la cual la corriente de gas de escape de motor de gasolina fluye a través del sistema de tratamiento, la trampa para NOx puede estar ubicada bien aguas arriba o bien aguas abajo del filtro de partículas, prefiriéndose la ubicación de la trampa para NOx aguas arriba del filtro de partículas.

De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, la trampa para NOx comprende un compuesto seleccionado entre el grupo que consiste en óxidos de metal alcalino, metal alcalino térreo, metal de las tierras raras, y sus mezclas, estando preferentemente dicho compuesto seleccionado entre el grupo que consiste en óxidos de potasio, sodio, litio, cesio, calcio, estroncio, bario, cerio, lantano, praseodimio, neodimio y sus mezclas. En realizaciones particularmente preferidas, la trampa para NOx comprende óxido de bario y/o óxido de estroncio, más preferentemente óxido de bario.

En los sistemas de tratamiento particularmente preferidos de la presente invención, la trampa para NOx comprende además Pd, preferentemente Pd, Pt y Rh.

De acuerdo con una realización particularmente preferida de la presente invención, se adapta la función del catalizador de TWC y/o de la trampa para NOx a la función del filtro de partículas. De este modo, de manera sorprendente, se ha descubierto que los procedimientos específicos para el tratamiento de gases de escape procedentes de motores de gasolina se pueden dividir de manera ventajosa entre el filtro de partículas y el catalizador de TWC y/o la trampa para NOx. Más específicamente, de manera bastante inesperada, se ha descubierto que cuando la trampa de partículas comprende Rh, el procedimiento de reducción de NOx para el tratamiento de la corriente de gases de escape de motor de gasolina principalmente tiene lugar en el filtro de partículas en lugar del catalizador TWC y/o en la trampa para NOx. Esto tiene la ventaja considerable de que se puede reducir el volumen del catalizador TWC, lo que conduce a sistemas de tratamiento para gases de escape de motores de gasolina que son altamente rentables ya que es posible reducir la cantidad total de metales del grupo del platino costosos que se usa en la presente memoria, y en particular la cantidad total de Rh, Pd y Pt, ya que estos metales están presentes en las realizaciones particulares de la presente invención.

De este modo, de acuerdo con una realización particularmente preferida de la presente invención, el filtro de partículas comprende Rh, más preferentemente en las capas tanto de entrada como de salida del filtro de partículas. Preferentemente, de acuerdo con dicha realización particularmente preferida, el filtro de partículas no comprende sustancialmente Pd.

Además, de manera inesperada, se ha descubierto que cuando el filtro de partículas comprende Rh, resulta ventajoso que el catalizador de TWC y/o la trampa para NOx comprenda Pd. En particular, debido a que la carga total de Pd en el sistema de tratamiento del gas de escape de gasolina de acuerdo con la presente invención es preferentemente mayor que la carga total de Rh, resulta ventajoso que el catalizador de TWC y/o la trampa para NOx comprendan Pd, ya que se puede lograr una mejor dispersión de Pd en el mismo, respectivamente, en comparación con el filtro de partículas. De este modo, en realizaciones preferidas de la presente invención en las que la capa de entrada y/o salida del filtro de partículas es una capa de revestimiento delgado, normalmente el volumen total de dichas capas es menor que el volumen disponible para la dispersión de Pd y finalmente los metales adicionales del grupo del platino del catalizador de TWC y/o la trampa para NOx. Como consecuencia de ello, se logra una mayor eficacia cuando el filtro de partículas comprende Rh y el catalizador de TWC y/o la trampa para NOx del sistema de tratamiento comprenden Pd. Preferentemente, el sistema de tratamiento comprende un catalizador de TWC que comprende Pd.

Por consiguiente, en una realización particularmente preferida de la presente invención, el filtro de partículas comprende Rh y un catalizador de TWC y/o una trampa para NOx presentes en el sistema de tratamiento comprenden Pd, en el que el sistema de tratamiento preferentemente comprende un catalizador de TWC que comprende Pd.

El sistema de tratamiento de gas de escape de motor de gasolina puede además comprender un motor de gasolina, en el que la salida de gases de escape de dicho motor de gasolina está en comunicación de fluido con el filtro de partículas. Preferentemente, el motor de gasolina es un motor de gasolina de inyección directa.

De acuerdo con una realización preferida, el sistema de tratamiento de gases de escape de motor de gasolina que comprende un motor de gasolina comprende además un conducto de gases de escape en comunicación con la salida de gases de escape del motor de gasolina, en el que el filtro de partículas se encuentra dispuesto en dicho conducto de gases de escape. Preferentemente, también se dispone un catalizador de TWC y/o una trampa para NOx en el conducto de gases de escape. De acuerdo con realizaciones particularmente preferidas, el catalizador de

TWC y/o la trampa para NOx están ubicados respectivamente aguas arriba del filtro de partículas en el conducto de gases de escape con respecto a la dirección de flujo de gases de escape.

De este modo, la invención también se refiere a un sistema de tratamiento para una corriente de gases de escape de un motor de gasolina, en el que dicho sistema comprende además:

- 5 un motor de gasolina, preferentemente un motor de gasolina de inyección directa, y un conducto para gases de escape en comunicación con el motor,

en el que el sustrato de filtro de partículas y el catalizador de TWC óptimo y/o la trampa para NOx están dispuestos dentro del conducto para gases de escape.

- 10 Además de esto, el sistema de tratamiento de acuerdo con la presente invención puede comprender cualesquiera componentes adicionales que, de manera ventajosa, se puedan emplear en el tratamiento de gases de escape de un motor de gasolina tales como uno más sensores de gas y/o sistema de diagnóstico a bordo (OBD).

- 15 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento para el tratamiento de gases de escape de un motor de gasolina que usa el sistema de tratamiento para gases de escape de un motor de gasolina descrito anteriormente. En particular, se proporciona un procedimiento para el tratamiento de gases de escape de un motor de gasolina que muestra cantidades específicas de hidrocarburos (HC), CO, NOx y hollín como contaminantes de escape, en particular con respecto a las proporciones de HC, CO, NOx y hollín producidos por medio de la combustión de hidrocarburos en los motores de gasolina, preferentemente con respecto a las proporciones producidas por medio de motores de gasolina de inyección directa.

- 20 De este modo, la presente invención también se refiere a un procedimiento para el tratamiento de gases de escape de un motor de gasolina que comprende:

- (i) proporcionar un sistema de tratamiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones, y
- (ii) conducir la corriente de gas de escape de motor de gasolina a través del sistema de tratamiento.

- 25 En general, el procedimiento de acuerdo con la presente invención se puede aplicar a cualquier gas de escape de motor de gasolina. Preferentemente, se proporciona el procedimiento de tratamiento de acuerdo con la presente invención que usa el gas de escape procedente de motores de gasolina de inyección directa. Con respecto a la composición del gas de escape de motor de gasolina utilizado en el procedimiento de tratamiento de la presente invención, las proporciones en peso de contaminantes de HC, CO, NOx y hollín, es decir, en términos de las proporciones en peso de HC : CO : NOx : hollín, preferentemente varían de (2,5-7,0) : (0,5-3,0) : (1,0-4,7) : (0,0005-0,01), más preferentemente de (3,0-6,8) : (0,7-2,5) : (2,0-4,2) : (0,0001-0,007), más preferentemente de (3,5-6,5) :
- 30 (0,8-2,0) : (2,5-4,0) : (0,0003 - 0,005), más preferentemente de (4,0-6,0) : (1,0-1,9) : (3,1-3,7) : (0,0005 - 0,003) e incluso más preferentemente de (4,5-5,5) : (1,2-1,7) : (3,2-3,6) : (0,001 - 0,0025).

- 35 De acuerdo con el procedimiento de la presente invención, la temperatura a la cual se conduce la corriente de gases de escape de motor de gasolina a través del sistema de tratamiento, y en particular la temperatura de la corriente de gases de escape inmediatamente antes de que entre en contacto con el filtro de partículas generalmente varía de 300 a 1100 °C. Preferentemente, la temperatura de la corriente de gases de escape inmediatamente antes de que entre en contacto con el filtro de partículas varía de 450 a 1000 °C, más preferentemente de 550 a 950 °C, más preferentemente de 650 a 900 °C, e incluso más preferentemente de 750 a 850 °C. Alternativamente, la temperatura de la corriente de gases de escape inmediatamente antes de que entre en contacto con el filtro de partículas preferentemente varía de 500 a 900 °C, más preferentemente de 550 a 800 °C, e incluso más preferentemente de 600 a 750 °C.
- 40

- 45 En general, se puede emplear cualesquier procedimientos concebibles para la producción del sistema de tratamiento de acuerdo con la presente invención. Normalmente, para revestir el sustrato de filtro de partículas tal como los sustratos de flujo de pared de nido de abeja preferidos con la composición de las capas de entrada y salida, se sumergen los sustratos verticalmente en una parte de una suspensión que comprende los componentes deseados, de manera que la parte superior del sustrato se encuentra ubicada justo por encima de la superficie de la suspensión. De este manera, la suspensión entra en contacto con la cara interna de la pared de nido de abeja, pero preferentemente se evita el contacto con la cara externa de cada pared. Normalmente, se deja la muestra en la suspensión aproximadamente 30 segundos. Posteriormente, se retira el sustrato de la suspensión, y se retira la suspensión en exceso del sustrato de flujo de pared permitiendo en primer lugar el drenaje a partir de los conductos,
- 50 y posteriormente soplando con aire comprimido (contra la dirección de penetración de la suspensión), y posteriormente haciendo vacío a partir de la dirección de penetración de la suspensión. Por medio del uso de esta técnica, la suspensión de catalizador permea a través de las paredes del sustrato, de manera que los poros no se obstruyen como consecuencia de la acumulación indebida de retro presión en el sustrato terminado. Según se usa en la presente memoria, el termino "permea", cuando se usa para describir la dispersión de la suspensión de catalizador, significa que la composición de catalizador se dispersa a través de la pared del sustrato.
- 55

Normalmente, los sustratos revestidos se secan a aproximadamente 100 °C y se calcinan a temperatura elevada (por ejemplo, de 300 a 450 °C y hasta 550 °C). Tras la calcinación, se puede determinar la carga del catalizador a

través del cálculo de los pesos revestidos y no revestidos de sustrato. Como resultará evidente para el experto en la técnica, se puede modificar la carga de catalizador modificando el contenido de sólidos de la suspensión de revestimiento. Alternativamente, se llevan a cabo inmersión repetidas del sustrato en la suspensión de revestimiento, seguido de la retirada de la suspensión en exceso como se ha descrito anteriormente.

- 5 Con referencia al sustrato, un sustrato útil puede ser uno de naturaleza metálica y que esté formado por uno o más metales o aleaciones metálicas. Los soportes metálicos pueden emplearse de varias formas tales como una lámina corrugada o en forma de monolito. Soporte metálicos específicos incluyen metales termo resistentes y aleaciones de metales tales como titanio y acero inoxidable así como otras aleaciones en las cuales hierro es un componente principal o mayoritario. Dichas aleaciones pueden contener uno o más de níquel, cromo y/o aluminio, y la cantidad total de estos metales, de manera ventajosa, puede comprender al menos un 15 % en peso de la aleación, por ejemplo, un 10-25 % en peso de cromo, un 3-8 % en peso de aluminio y hasta un 20 % en peso de níquel. Las aleaciones pueden también contener cantidades pequeñas o traza de uno o más de otros metales tales como manganeso, cobre, vanadio, titanio y similares. Se puede oxidar la superficie de los soportes metálicos a temperaturas elevadas, por ejemplo 1000 °C y más, con el fin de mejorar la resistencia a la corrosión de las aleaciones por medio de la formación de un capa de óxido sobre la superficie de los soportes. Dicha oxidación inducida por temperaturas elevadas puede mejorar la adherencia de un material catalítico al soporte.

Los materiales compuestos de catalizador de la presente invención pueden estar formados por una capa individual o capas múltiples. En algunos casos, puede resultar apropiado preparar una suspensión de material catalítico y usar esta suspensión para formar capas múltiples sobre el soporte. Los materiales compuestos se pueden preparar de manera sencilla por medio de procedimientos bien conocidos en la técnica anterior. Un procedimiento representativo se explica a continuación. Según se usa en la presente memoria, la expresión "revestimiento delgado" tiene su significado usual en la técnica de un revestimiento adherente fino de un material catalítico u otro material aplicado a un material de soporte de sustrato, tal como un miembro de soporte de nido de abeja, que sea suficientemente poroso para permitir el paso, a través del mismo, de la corriente de gases objeto de tratamiento.

25 El material compuesto de catalizador se puede preparar de forma sencilla en capas sobre un soporte. Para una primera capa de revestimiento delgado específica, se forma una suspensión de partículas finamente divididas de un óxido metálico de elevada área superficial, tal como gamma alúmina, en un vehículo apropiado, por ejemplo, agua. Para incorporar los componentes tales como metales del grupo del platino y/o metales preciosos (por ejemplo, paladio, rodio, platino y/o combinaciones de los mismos) se pueden incorporar estabilizadores y/o promotores como componentes en la suspensión en forma de mezcla de complejos o compuestos solubles en agua o dispersables en agua. Normalmente, cuando se incluye paladio en el revestimiento delgado, se utiliza el componente de paladio en forma de un compuesto o complejo para lograr la dispersión del componente sobre el soporte de óxido metálico, por ejemplo, alúmina activada. Para los fines de la presente invención, la expresión "componente de paladio" significa cualquier compuesto, complejo o similares que, tras calcinación o su uso, se descomponga o, de lo contrario, se convierta en un forma catalíticamente activa, normalmente el metal o el óxido metálico. Por consiguiente, esto aplica a todos los elementos del grupo del paladio, usados solos o en combinación con otro de acuerdo con la presente invención. Se pueden usar los compuestos solubles en agua o los compuestos o complejos dispersables en agua del componente, con tal de que el medio líquido usado para impregnar o depositar el componente metálico sobre las partículas de soporte de óxido metálico refractario no reaccione de manera negativa con el metal o su compuesto o su complejo u otros componentes que pudieran estar presentes en la composición de catalizador y sea susceptible de retirada a partir del componente metálico por medio de volatilización o descomposición tras calentamiento y/o aplicación de vacío. En algunos casos, no se puede completar la retirada del líquido hasta que se coloca el catalizador en uso y se somete a las temperaturas elevadas presentes durante la operación. Generalmente, por un lado desde el punto de vista de rentabilidad y por otro, desde el punto de vista ambiental, se utilizan las soluciones acuosas de compuestos o complejos solubles de los metales preciosos. Por ejemplo, compuestos apropiados son nitrato de paladio o nitrato de rodio.

Un procedimiento apropiado para preparar cualquier capa del material compuesto de catalizador en forma de capas de la invención consiste en preparar una mezcla de una solución de un compuesto deseado del grupo de platino y/o metales preciosos (por ejemplo, un compuesto de paladio) y al menos un soporte, tal como un soporte de óxido metálico de área superficial elevada, por ejemplo, gamma alúmina, que esté suficientemente seco para absorber sustancialmente toda la solución con el fin de formar un sólido húmedo que posteriormente se combina con agua para formar una suspensión apta para revestimiento. En una o más realizaciones, la suspensión es ácida, y tiene, por ejemplo, un pH de aproximadamente 2 a menos de aproximadamente 7. Se puede rebajar el pH de la suspensión por medio de la adición de una cantidad apropiada de un ácido orgánico o inorgánico a la suspensión. Se pueden usar combinaciones de ambos cuando se considera la compatibilidad de ácido y materias primas. Ácidos inorgánicos incluyen, pero sin limitarse a, ácido nítrico. Ácidos orgánicos incluyen, pero sin limitarse a, ácido acético, propiónico, oxálico, malónico, succínico, glutámico, adípico, maleico, fumárico, ftálico, tartárico, cítrico y similares. Posteriormente, si se desea, se pueden añadir a la suspensión compuestos solubles en agua o dispersables en agua de componentes de almacenamiento de oxígeno, por ejemplo compuestos de cerio-circonio, un estabilizador, por ejemplo, acetato de bario, y un promotor, por ejemplo, nitrato de lantano.

En una realización, posteriormente se pulveriza la suspensión para dar como resultado que sustancialmente todos los sólidos tengan un tamaño medio de partícula de aproximadamente 20 micrómetros o menos, preferentemente de

aproximadamente 0,1 a 15 micrómetros, en un diámetro medio. La pulverización se consigue en un molino de bolas u otro equipo similar, y el contenido de sólidos de la suspensión puede estar dentro del intervalo de aproximadamente un 20 a un 60 % en peso, más particularmente de aproximadamente un 30 a un 40 % en peso.

5 Se pueden preparar capas adicionales, es decir, capas segunda y tercera y se pueden depositar sobre la primera capa de la misma manera que se ha descrito anteriormente para la deposición de la primera capa sobre el soporte.

### Ejemplos

10 Se prepararon ejemplos de filtros de partículas de acuerdo con la presente invención de acuerdo con los siguientes procedimientos. En todos los ejemplos, se proporcionó un sustrato de filtro de flujo de pared de cordierita. En el filtro de flujo de pared, se bloquearon los extremos alternos de los conductos de flujo de gas sustancialmente paralelos a lo largo del eje longitudinal del sustrato, bien en la entrada o bien en la salida del monolito, de manera que se formaron los conductos de entrada con un lado de entrada abierto y un lado de salida bloqueado y los conductos de salida con un lado de entrada bloqueado y un lado de salida abierta, respectivamente. En los siguientes ejemplos se diseñan capas de revestimiento delgado formadas sobre las paredes de los conductos de entrada en forma de capas de entrada, y se diseñan capas de revestimiento delgado formadas sobre las paredes de los conductos de salida en forma de capas de salida. Durante la operación en un sistema de tratamiento de acuerdo con la presente invención, se dispone el filtro de partículas en la corriente de gases de escape de un motor de gasolina de manera que el gas de escape penetre en los conductos de entrada y, tras un primer flujo a través de la capa de entrada, seguido del material de sustrato poroso, y finalmente la capa de salida, abandona el filtro de partícula por medio de los conductos de salida.

#### 20 Ejemplo 1

Se preparó un filtro de partículas catalizado aplicando capas de revestimiento delgado respectivas a los conductos de entrada y salida de un sustrato de filtro de flujo de pared de cordierita. El sustrato presentó un volumen de 85,23 pulgadas<sup>2</sup> (1.396,67 cm<sup>3</sup>), una densidad de celdas de 300 celdas por pulgada cuadrada (46,5 celdas por cm<sup>2</sup>) y un espesor de pared de aproximadamente 12 milésimas de pulgada (0,3 mm). El filtro de partículas catalizado final contenía Pd y Rh con una carga total de metal precioso de 15 g/pie<sup>3</sup> (529,72 g/m<sup>3</sup>) y una proporción de Pd:Rh de 13,5:1,5. Además, el filtro de partículas catalizado final tenía un componente de almacenamiento de oxígeno (OSC) de un 50 % en peso, presentando la capa de entrada un contenido de OSC de un 63 % en peso, y presentando la capa de salida un contenido de OSC de un 27 %.

Se prepararon las capas de revestimiento delgado como se muestra a continuación:

#### 30 Revestimiento delgado de capa de entrada

Se estabilizaron con gamma alúmina los componentes presentes en el revestimiento de entrada con un 4 % en peso de lantano, un material compuesto de ceria-circonia con un 45 % en peso de ceria y óxido de bario, a las concentraciones respectivas de aproximadamente un 30 %, un 63 % y un 6 %, basado en el peso total de capa de revestimiento delgado de entrada en el filtro de partículas catalizado calcinado final. La carga total de la capa de revestimiento delgado de entrada en el filtro de partículas catalizado calcinado final fue de 0,5 g/pulgada<sup>3</sup> (0,0305 g/cm<sup>3</sup>).

40 Para formar el revestimiento de entrada, se impregnó una solución de nitrato de paladio por medio de un mezclador planetario (mezclador-P) sobre la gamma alúmina estabilizada para formar un polvo húmedo al tiempo que se lograba humedad incipiente, en la que la cantidad de Pd se escogió de manera que se lograra una concentración final de Pd en el filtro de partículas de 13,5 g/pie<sup>3</sup> (476,75 g/m<sup>3</sup>). Posteriormente, se formó una suspensión acuosa por medio de mezcla de todos los componentes anteriormente mencionados del revestimiento delgado de capa de entrada con agua, en el que se proporcionó óxido de bario en forma de una solución de acetato de bario. A continuación, se molió la suspensión acuosa para lograr una distribución de tamaño de partícula, en la que un 90 % de las partículas tienen un tamaño menor de 10 µm. Posteriormente, se reviste la suspensión sobre los conductos de entrada del sustrato de filtro de flujo de pared usando procedimientos de deposición conocidos en la técnica. A continuación, se calina el soporte revestido a 500 °C durante 1 hora.

#### Revestimiento delgado de capa de salida

50 Se impurificaron con gamma alúmina los componentes presentes en el revestimiento de salida con un 20 % en peso de circonio, un material compuesto de ceria-circonia con un 10 % en peso de ceria, óxido de circonio y óxido de bario, a las concentraciones respectiva de aproximadamente un 66 %, un 27 %, un 3 % y un 3 %, basado en el peso total de capa de revestimiento delgado de salida en el filtro de partículas catalizado calcinado final. La carga total de la capa de revestimiento delgado de salida en el filtro de partículas catalizado calcinado final fue de 0,5 g/pulgada<sup>3</sup> (0,0305 g/cm<sup>3</sup>).

55 Para formar el revestimiento de salida, se impregnó una solución de nitrato de rodio por medio de un mezclador planetario (mezclador-P) sobre la alúmina estabilizada para formar un polvo húmedo al tiempo que se lograba humedad incipiente, en la que la cantidad de Rh se escogió de manera que se lograra una concentración final en el

5 filtro de partículas de 1,5 g/pie<sup>3</sup> (52,97 g/m<sup>3</sup>) de Rh. Posteriormente, se formó una suspensión acuosa por medio de mezcla de todos los componentes anteriormente mencionados del revestimiento delgado de capa de entrada con agua, en el que se proporcionó óxido de bario en forma de una solución de acetato de bario. A continuación, se molió la suspensión acuosa para lograr una distribución de tamaño de partícula, en la que un 90 % de las partículas tienen un tamaño menor de 10 µm. Posteriormente, se reviste la suspensión sobre los conductos de salida del sustrato de filtro de flujo de pared usando procedimientos de deposición conocidos en la técnica. A continuación, se calcina el soporte revestido a 500 °C durante 1 hora, permitiendo de este modo un filtro de partículas catalizado.

## Ejemplo 2

10 Se preparó un filtro de partículas catalizado aplicando capas de revestimiento delgado respectivas a los conductos de entrada y salida de un sustrato de filtro de flujo de pared de cordierita. El sustrato presentó un volumen de 85,23 pulgadas<sup>2</sup> (1.396,67 cm<sup>3</sup>), una densidad de celdas de 300 celdas por pulgada cuadrada (46,5 celdas por cm<sup>2</sup>) y un espesor de pared de aproximadamente 12 milésimas de pulgada (0,3 mm). El filtro de partículas catalizado final contenía Pd con una carga de 13,5 g/pie<sup>3</sup> (476,75 g/m<sup>3</sup>)

Se prepararon las capas de revestimiento delgado como se muestra a continuación:

### 15 Revestimiento delgado de capa de entrada

20 Se estabilizaron con gamma alúmina los componentes presentes en el revestimiento de entrada con un 4 % en peso de lantano, un material compuesto de ceria-circonia con un 45 % en peso de ceria y óxido de bario, a las concentraciones respectivas de aproximadamente un 30 %, un 63 % y un 6 %, basado en el peso total de capa de revestimiento delgado de entrada en el filtro de partículas catalizado calcinado final. La carga total de la capa de revestimiento delgado de entrada en el filtro de partículas catalizado calcinado final fue de 0,5 g/pulgada<sup>3</sup> (0,0305 g/cm<sup>3</sup>).

25 Para formar el revestimiento de entrada, se impregnó una solución de nitrato de paladio por medio de un mezclador planetario (mezclador-P) sobre la gamma alúmina estabilizada para formar un polvo húmedo al tiempo que se lograba humedad incipiente, en la que la cantidad de Pd se escogió de manera que se lograra una concentración final de Pd en el filtro de partículas de 13,5 g/pie<sup>3</sup> (476,1 g/m<sup>3</sup>). Posteriormente, se formó una suspensión acuosa por medio de mezcla de todos los componentes anteriormente mencionados del revestimiento delgado de capa de entrada con agua, en el que se proporcionó óxido de bario en forma de una solución de acetato de bario. A continuación, se molió la suspensión acuosa para lograr una distribución de tamaño de partícula, en la que un 90 % de las partículas tienen un tamaño menor de 10 µm. Posteriormente, se reviste la suspensión sobre los conductos de entrada del sustrato de filtro de flujo de pared usando procedimientos de deposición conocidos en la técnica. A continuación, se calcina el soporte revestido a 500 °C durante 1 hora.

### 30 Revestimiento delgado de capa de salida

35 Se mezclan zeolita H-beta, agua destilada y ácido acético para obtener una suspensión con un contenido de sólidos de un 35 % en peso y un pH dentro del intervalo de 3 a 4. Posteriormente, se muele la suspensión para obtener un tamaño medio de partícula de 5 µm. Posteriormente, se aplica la suspensión a la capa de salida usando procedimientos de deposición conocidos en la técnica con el fin de lograr una carga de la capa de revestimiento delgado de salida en el filtro de partículas catalizado y calcinado final de 0,2 a 0,5 g/pulgada<sup>3</sup> (de 0,0122 a 0,0305 g/cm<sup>3</sup>).

## Ejemplo 3

40 Se preparó un filtro de partículas catalizado aplicando capas de revestimiento delgado respectivas a los conductos de entrada y salida de un sustrato de filtro de flujo de pared de cordierita. El sustrato presentó un volumen de 85,23 pulgadas<sup>2</sup> (1.396,67 cm<sup>3</sup>), una densidad de celdas de 300 celdas por pulgada cuadrada (46,5 celdas por cm<sup>2</sup>) y un espesor de pared de aproximadamente 12 milésimas de pulgada (0,3 mm). El filtro de partículas catalizado final contenía Pd y Rh con una carga total de metal precioso de 15 g/pie<sup>3</sup> (529,72 g/m<sup>3</sup>) y una proporción de Pd:Rh de 13,5:1,5.

Se prepararon las capas de revestimiento delgado como se muestra a continuación:

### 45 Revestimiento delgado de capa de entrada

50 Se estabilizaron con gamma alúmina los componentes presentes en el revestimiento de entrada con un 4 % en peso de lantano, gamma alúmina impurificada con un 20 % en peso de circonio, un material compuesto de ceria-circonia con un 45 % en peso de ceria y óxido de bario, a las concentraciones respectivas de aproximadamente un 24 %, un 6 %, un 63 % y un 6 %, basado en el peso total de capa de revestimiento delgado de entrada en el filtro de partículas catalizado calcinado final. La carga total de la capa de revestimiento delgado de entrada en el filtro de partículas catalizado calcinado final fue de 0,5 g/pulgada<sup>3</sup> (0,0305 g/cm<sup>3</sup>).

5 Para formar el revestimiento de entrada, se impregnó una solución de nitrato de paladio por medio de un mezclador planetario (mezclador-P) sobre la gamma alúmina estabilizada para formar un polvo húmedo al tiempo que se lograba humedad incipiente, en la que la cantidad de Pd se escogió de manera que se lograra una concentración final de Pd en el filtro de partículas de  $13,5 \text{ g/pie}^3$  ( $476,1 \text{ g/m}^3$ ). Posteriormente, se impregnó una suspensión acuosa de nitrato de Rh por medio de un mezclador planetario (mezclador-P) sobre la gamma alúmina estabilizada con circonio para formar un polvo húmedo al tiempo que se lograba humedad incipiente, en el que la cantidad de Rh se escogió de manera que se lograra una concentración final de Rh en el filtro de partículas de  $13,5 \text{ g/pie}^3$  ( $476,1 \text{ g/m}^3$ ).

10 Posteriormente se forma una suspensión acuosa por medio de mezcla de todos los componentes anteriormente mencionados del revestimiento delgado de capa de entrada con agua, en el que se proporcionó óxido de bario en forma de una solución de acetato de bario. A continuación, se molió la suspensión acuosa para lograr una distribución de tamaño de partícula, en la que un 90 % de las partículas tienen un tamaño menor de  $10 \mu\text{m}$ . Posteriormente, se reviste la suspensión sobre los conductos de entrada del sustrato de filtro de flujo de pared usando procedimientos de deposición conocidos en la técnica. A continuación, se calcina el soporte revestido a  $550 \text{ }^\circ\text{C}$  durante 1 hora.

#### Revestimiento delgado de capa de salida

20 Se mezclan zeolita H-beta, agua destilada y ácido acético para obtener una suspensión con un contenido de sólidos de un 35 % en peso y un pH dentro del intervalo de 3 a 4. Posteriormente, se muele la suspensión para obtener un tamaño medio de partícula de  $5 \mu\text{m}$ . Posteriormente, se aplica la suspensión a la capa de salida usando procedimientos de deposición conocidos en la técnica con el fin de lograr una carga de la capa de revestimiento delgado de salida en el filtro de partículas catalizado y calcinado final de  $0,2$  a  $0,5 \text{ g/pulgada}^3$  (de  $0,0122$  a  $0,0305 \text{ g/cm}^3$ ).

## REIVINDICACIONES

1. Un sistema de tratamiento para una corriente de gases de escape de un motor de gasolina que comprende un filtro de partículas, comprendiendo dicho filtro de partículas:
- 5 un sustrato de filtro de partículas,  
una capa de entrada dispuesta sobre la superficie de entrada de gas de escape del sustrato de filtro, y  
una capa de salida dispuesta sobre la superficie de salida de gas de escape del sustrato de filtro,
- en el que la capa de entrada comprende Rh y/o Pd, y la capa de salida comprende Rh y/o una zeolita, y en el que dicho sistema además comprende un catalizador de conversión de tres vías (TWC) y/o una trampa para NOx que está en comunicación de fluido con el filtro de partículas.
- 10 2. El sistema de tratamiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cuando la capa de entrada comprende Rh y Pd, la capa de salida además comprende Pd.
3. El sistema de tratamiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que la zeolita está seleccionada entre el grupo que consiste en faujasita, chabazita, clinoptilolita, mordenita, silicalita, zeolita X, zeolita Y, zeolita Y ultraestable, zeolita ZSM-5, zeolita ZSM-12, zeolita SSZ-3, zeolita SAPO 5, ofretita, beta zeolita y sus mezclas.
- 15 4. El sistema de tratamiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la capa de entrada y/o de salida comprende además un material de soporte de óxido metálico, estando seleccionado preferentemente dicho material de soporte entre el grupo que consiste en alúmina, circonia, circonia-alúmina, baria-alúmina, lantana-alúmina, lantana-circonia-alúmina y sus mezclas, en el que el material de soporte de óxido metálico es preferentemente gamma-alúmina que preferentemente está impurificada con un metal refractario y/o un metal de las tierras raras, más preferentemente con lantano y/o circonio.
- 20 5. El sistema de tratamiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la capa de entrada y/o salida además comprende un componente de almacenamiento de oxígeno (OSC), estando seleccionado preferentemente dicho OSC entre el grupo que consiste en circonia, ceria, baria, lantana, praseodimia, neodimia y sus mezclas, en el que OSC es más preferentemente ceria y/o circonia, e incluso más preferentemente un material compuesto de ceria-circonia.
- 25 6. El sistema de tratamiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones a 1 a 5, en el que la capa de entrada y/o salida comprende además un componente de trampa de NOx, estando seleccionado preferentemente dicho componente de trampa de NOx entre el grupo que consiste en óxidos de metal alcalino, óxidos de metal alcalino térreo, óxidos de metal de las tierras raras y sus mezclas, en el que el componente de trampa de NOx es más preferentemente óxido de bario y/o óxido de estroncio, e incluso más preferentemente óxido de bario.
- 30 7. El sistema de tratamiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones a 1 a 6, en el que el sustrato de filtro de partículas es un monolito de flujo pasante, preferentemente un filtro de flujo de pared, en el que el filtro de flujo de pared tiene preferentemente una estructura de nido de abeja.
8. El sistema de tratamiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el catalizador de TWC está ubicado aguas arriba del filtro de partículas.
- 35 9. El sistema de tratamiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el catalizador de TWC comprende Rh y/o Pd, preferentemente Pd.
10. El sistema de tratamiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el catalizador de TWC además comprende un material de soporte de óxido metálico, estando preferentemente seleccionado dicho material de soporte entre el grupo que consiste en alúmina, circonia, , circonia-alúmina, baria-alúmina, lantana-alúmina, lantana-circonia-alúmina y sus mezclas, en el que el material de soporte de óxido metálico es más preferentemente gamma-alúmina que preferentemente está impurificada con un metal refractario y/o un metal de las tierras raras, más preferentemente con lantano y/o circonio.
- 40 11. El sistema de tratamiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que el catalizador de TWC además comprende un OSC, estando seleccionado preferentemente dicho OSC entre el grupo que consiste en circonia, ceria, baria, lantana, praseodimia, neodimia y sus mezclas, en el que OSC es más preferentemente ceria y/o circonia, e incluso más preferentemente ceria.
- 45 12. El sistema de tratamiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones a 1 a 11, en el que la trampa de NOx está ubicada aguas arriba del filtro de partículas y preferentemente comprende un compuesto seleccionado entre el grupo que consiste en óxidos de metal alcalino, metal alcalino-térreo, metal de las tierras raras y sus mezclas, en el que más preferentemente la trampa de NOx comprende óxido de bario y/u óxido de estroncio, del modo más preferido óxido de bario.
- 50 13. El sistema de tratamiento de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la trampa para NOx comprende además Pd, preferentemente Pd, Pt y Rh.

14. El sistema de tratamiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en el que el sistema comprende además:

- 5 un motor de gasolina, en el que el motor de gasolina es preferentemente un motor de gasolina de inyección directa, y  
un conducto para gases de escape en comunicación con el motor,

en el que el sustrato de filtro de partículas y el catalizador de TWC óptimo y/o la trampa para NOx están dispuestos dentro del conducto para gases de escape.

15. Un procedimiento de tratamiento de gases de escape de un motor de gasolina que comprende:

- 10 (i) proporcionar un sistema de tratamiento de acuerdo con la una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, y  
(ii) conducir la corriente de gas de escape de motor de gasolina a través del sistema de tratamiento, en el que la corriente de gas de escape preferentemente comprende hidrocarburos (HC), CO, NOx y hollín en unas proporciones en peso de HC:CO:NOx:hollín de (2,5-7,0) : (0,5-3,0) : (1,0-4,7) : (0,00005-0,01).