



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 599 154**

⑮ Int. Cl.:

**F01N 3/08** (2006.01)  
**F01N 3/36** (2006.01)  
**B01D 53/94** (2006.01)  
**F01N 3/20** (2006.01)  
**F01N 3/28** (2006.01)  
**F01N 9/00** (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧6 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.08.2010 PCT/JP2010/065187**

⑧7 Fecha y número de publicación internacional: **08.03.2012 WO12029188**

⑨6 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.08.2010 E 10848629 (1)**

⑨7 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.08.2016 EP 2460990**

---

⑮ Título: **Dispositivo de purificación de gases de escape para motor de combustión interna**

④5 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**31.01.2017**

⑦3 Titular/es:

**TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA (100.0%)**  
1 Toyota-cho  
Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571 , JP

⑦2 Inventor/es:

**BISAIJI, YUKI;**  
**YOSHIDA, KOHEI y**  
**INOUE, MIKIO**

⑦4 Agente/Representante:

**ZUAZO ARALUZE, Alexander**

**ES 2 599 154 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).

## DISPOSITIVO DE PURIFICACIÓN DE GASES DE ESCAPE PARA MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

## DESCRIPCIÓN

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna.

10 **Técnica anterior**

En la técnica se conoce un motor de combustión interna que dispone, en un conducto de escape del motor, un catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  que almacena  $\text{NO}_x$  que está contenido en los gases de escape cuando la relación aire-combustible de los gases de escape entrantes es pobre y que libera el  $\text{NO}_x$  almacenado cuando la relación aire-combustible de los gases de escape entrantes pasa a ser rica, que dispone, en el conducto de escape del motor aguas arriba del catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$ , un catalizador de oxidación que tiene una función de adsorción, y que alimenta hidrocarburos al interior del conducto de escape del motor aguas arriba del catalizador de oxidación para hacer que la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  sea rica cuando se libera  $\text{NO}_x$  desde el catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  (por ejemplo, véase la bibliografía de patente 1).

En este motor de combustión interna, los hidrocarburos que se alimentan cuando se libera  $\text{NO}_x$  desde el catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  se convierten en hidrocarburos gaseosos en el catalizador de oxidación, y los hidrocarburos gaseosos se alimentan al catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$ . Como resultado, el  $\text{NO}_x$  que se libera desde el catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  se reduce ampliamente.

Adicionalmente, la bibliografía de patente 2 da a conocer que en un sistema de purificación de gases de escape que incluye dos catalizadores de  $\text{NO}_x$  dispuestos en serie entre sí en un conducto de escape, pueden reducirse de manera apropiada los óxidos ocluidos en los catalizadores de  $\text{NO}_x$ . Cuando los óxidos ocluidos en un catalizador de  $\text{NO}_x$  aguas arriba o aguas abajo se reducen, la atmósfera circundante de cada catalizador de  $\text{NO}_x$  cambia entre una atmósfera de reducción y una atmósfera de oxidación. La relación aire-combustible de los gases de escape aguas arriba del catalizador de  $\text{NO}_x$  aguas arriba se hace menor cuando la atmósfera circundante del catalizador de  $\text{NO}_x$  aguas abajo cambia a una atmósfera de reducción que cuando la atmósfera circundante del catalizador de  $\text{NO}_x$  cambia a una atmósfera de reducción, y la duración de la atmósfera de oxidación se hace más larga cuando la atmósfera circundante del catalizador de  $\text{NO}_x$  aguas abajo cambia a una atmósfera de oxidación que cuando la atmósfera circundante del catalizador de  $\text{NO}_x$  aguas arriba cambia a una atmósfera de oxidación.

Además, la bibliografía de patente 3 da a conocer que en un motor de combustión interna, un catalizador de purificación de gases de escape que tiene una función de oxidación está situado en una trayectoria de gases de escape de motor y un catalizador de oxidación de pequeño tamaño y una válvula de suministro de combustible para suministrar combustible al catalizador de oxidación de pequeño tamaño están situados en la trayectoria de gases de escape de motor aguas arriba del catalizador de purificación de gases de escape. Para activar el catalizador de purificación de gases de escape, el catalizador de pequeño tamaño se calienta por el combustible suministrado desde la válvula de suministro de combustible. Para elevar adicionalmente la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape, la cantidad de combustible suministrado desde la válvula de suministro de combustible aumenta para provocar que el catalizador de oxidación de pequeño tamaño descargue combustible reformado.

50 **Lista de citas**

Bibliografía de patente

Bibliografía de patente 1: Patente japonesa n.º 3969450

55 Bibliografía de patente 2: Documento EP 1 519 015 A2

Bibliografía de patente 3: Documento WO 2009/082035 A1

60 **Sumario de la invención**

65 Problema técnico

Sin embargo, existe el problema de que cuando el catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  pasa a estar a alta temperatura, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  disminuye.

Un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de purificación de gases de escape de un motor de

combustión interna que pueda obtener una alta tasa de purificación de NO<sub>x</sub> incluso si la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape pasa a ser una alta temperatura.

5 **Solución al problema**

Según la presente invención, se proporciona un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna en el que un catalizador de purificación de gases de escape está dispuesto en un conducto de escape del motor para hacer reaccionar el NO<sub>x</sub> contenido en los gases de escape e hidrocarburos reformados, una superficie de flujo de gases de escape del catalizador de purificación de gases de escape porta un catalizador de metales preciosos y una parte de superficie de flujo de gases de escape básica está formada alrededor del catalizador de metales preciosos, el catalizador de purificación de gases de escape tiene la propiedad de reducir el NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape si la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape se hace vibrar dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo y tiene la propiedad de aumentar en la cantidad de almacenamiento de NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape si el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace más largo que el intervalo predeterminado y, en el momento del funcionamiento del motor, para reducir el NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape en el catalizador de purificación de gases de escape, la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape se hace vibrar dentro del intervalo predeterminado de amplitud y dentro del intervalo predeterminado de periodo, en este momento, el producto intermedio que contiene nitrógeno producido en el proceso de reducción de NO<sub>x</sub> se escapa del catalizador de purificación de gases de escape, y se proporciona un catalizador de purificación de producto intermedio para la eliminación del producto intermedio que contiene nitrógeno expulsado aguas abajo del catalizador de purificación de gases de escape dentro del conducto de escape del motor.

25 **Efectos ventajosos de la invención**

Incluso si la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape pasa a ser una temperatura alta, puede obtenerse una tasa de purificación de NO<sub>x</sub> alta.

30 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es una vista general de un motor de combustión interna de tipo encendido por compresión.

La figura 2 es una vista que muestra esquemáticamente una parte superficial de un soporte de catalizador.

35 La figura 3 es una vista para explicar una reacción de oxidación en un catalizador de purificación de gases de escape.

40 La figura 4 es una vista que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.

La figura 5 es una vista que muestra una tasa de purificación de NO<sub>x</sub>.

45 Las figuras 6A y 6B son vistas para explicar una reacción de oxidación-reducción en un catalizador de purificación de gases de escape.

Las figuras 7A y 7B son vistas para explicar una reacción de oxidación-reducción en un catalizador de purificación de gases de escape.

50 La figura 8 es una vista que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.

La figura 9 es una vista de una tasa de purificación de NO<sub>x</sub>.

55 La figura 10 es un diagrama de tiempo que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.

La figura 11 es un diagrama de tiempo que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.

60 La figura 12 es una vista que muestra una relación entre una fuerza de oxidación de un catalizador de purificación de gases de escape y una relación aire-combustible mínima demandada X.

65 La figura 13 es una vista que muestra una relación entre una concentración de oxígeno en gases de escape y una amplitud  $\Delta H$  de una concentración de hidrocarburos que aporta la misma tasa de purificación de NO<sub>x</sub>.

La figura 14 es una vista que muestra una relación entre una amplitud  $\Delta H$  de una concentración de hidrocarburos y una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .

5 La figura 15 es una vista que muestra una relación de un periodo de vibración  $\Delta T$  de una concentración de hidrocarburos y una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .

La figura 16 es una vista que muestra un mapa de la cantidad de alimentación de hidrocarburos  $W$ .

10 La figura 17 es una vista que muestra un cambio en la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape etc.

La figura 18 es una vista que muestra un mapa de una cantidad de  $\text{NO}_x$  expulsado  $\text{NOXA}$ .

15 La figura 19 es una vista que muestra los tiempos de inyección de combustible.

15 La figura 20 es una vista que muestra un mapa de una cantidad de alimentación de hidrocarburos  $WR$ .

20 La figura 21 es una vista que muestra esquemáticamente un catalizador de purificación de gases de escape y catalizador de purificación de producto intermedio.

20 La figura 22 es una vista que muestra esquemáticamente una parte de superficie de un portador de catalizador de un catalizador de purificación de producto intermedio.

25 La figura 23 es una vista que muestra una eficiencia de purificación para un producto intermedio.

25 La figura 24 es un diagrama de flujo para control de purificación de  $\text{NO}_x$ .

30 La figura 25 es una vista que muestra una cantidad de adsorción de  $\text{NO}_x$ .

30 La figura 26 es una vista que muestra esquemáticamente otra realización de un catalizador de purificación de producto intermedio.

35 La figura 27A y 27B son vistas que muestran esquemáticamente la superficie de un sustrato de otra realización de un catalizador de purificación de producto intermedio.

35 La figura 28 es una vista que muestra esquemáticamente un sistema de purificación de gases de escape compuesto por un catalizador de purificación de gases de escape, catalizador de hidrólisis y catalizador de purificación de producto intermedio.

#### 40 **Descripción de realizaciones**

La figura 1 es una vista general de un motor de combustión interna de tipo encendido por compresión.

45 Haciendo referencia a la figura 1, 1 indica un cuerpo de motor, 2 una cámara de combustión de cada cilindro, 3 un inyector de combustible controlado electrónicamente para inyectar combustible al interior de cada cámara 2 de combustión, 4 un colector de admisión y 5 un colector de escape. El colector 4 de admisión está conectado a través de un canal 6 de admisión a una salida de un compresor 7a de un turbocompresor 7 de escape, mientras que una entrada del compresor 7a está conectada a través de un detector 8 de cantidad de aire de admisión a un purificador 9 de aire. Dentro del canal 6 de admisión está dispuesta una válvula 10 de mariposa accionada por un motor paso a paso. Además, alrededor del canal 6 de admisión está dispuesto un dispositivo 11 de enfriamiento para enfriar el aire de admisión que fluye a través del interior del canal 6 de admisión. En la realización mostrada en la figura 1, el agua de enfriamiento de motor se guía al interior del dispositivo 11 de enfriamiento en el que el agua de enfriamiento de motor se usa para enfriar el aire de admisión.

55 Por otro lado, el colector 5 de escape está conectado a una entrada de una turbina 7b de escape del turbocompresor 7 de escape. La salida de la turbina 7b de escape está conectada a través de una tubería 12 de escape a una entrada del catalizador 13 de purificación de gases de escape, y la salida del catalizador 13 de purificación de gases de escape está conectada a un catalizador 14 de purificación de producto intermedio para eliminar un producto intermedio que contiene nitrógeno que se expulsa del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Dentro de la tubería 12 de escape aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape, está dispuesta una válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, para alimentar hidrocarburos compuestos por gasóleo u otro combustible usado como combustible para un motor de combustión interna de tipo encendido por compresión. En la realización mostrada en la figura 1, se usa gasóleo como hidrocarburo que se alimenta desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos. Obsérvese que, la presente invención también puede aplicarse a un motor de combustión interna de tipo encendido por chispa en el que el combustible se quema con una relación aire-combustible pobre. En este caso, desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, se alimentan hidrocarburos

compuestos por gasolina u otro combustible usado como combustible de un motor de combustión interna de tipo encendido por chispa.

Por otro lado, el colector 5 de escape y el colector 4 de admisión están conectados entre sí a través de un conducto 16 de recirculación de gases de escape (a continuación en el presente documento denominada "EGR"). Dentro del conducto 16 de EGR está dispuesta una válvula 17 de control de EGR controlada electrónicamente. Dentro del conducto 16 de EGR está dispuesta una válvula 17 de control de EGR controlada electrónicamente. Adicionalmente, alrededor del conducto 16 de EGR está dispuesto un dispositivo 18 de enfriamiento para enfriar el gas de EGR que fluye a través del interior del conducto 16 de EGR. En la realización mostrada en la figura 1, el agua de enfriamiento de motor se guía al interior del dispositivo 18 de enfriamiento en el que el agua de enfriamiento de motor se usa para enfriar el gas de EGR. Por otro lado, cada inyector 3 de combustible está conectado a través de un tubo 19 de alimentación de combustible a un conducto 20 común. Este conducto 20 común está conectado a través de una bomba 21 de combustible de descarga variable controlada electrónicamente a un tanque 22 de combustible. El combustible que está almacenado dentro del tanque 22 de combustible se alimenta mediante la bomba 21 de combustible al interior del conducto 20 común, mientras que el combustible que se alimenta al interior del conducto 20 común se alimenta a través de cada tubo 19 de alimentación de combustible al inyector 3 de combustible.

Una unidad 30 de control electrónica está compuesta por un ordenador digital dotado de una ROM (memoria de sólo lectura) 32, una RAM (memoria de acceso aleatorio) 33, una CPU (microprocesador) 34, un puerto 35 de entrada y un puerto 36 de salida, que están conectados entre sí mediante un bus 31 bidireccional. Aguas abajo del catalizador 13 de purificación de gases de escape, está acoplado un sensor 23 de temperatura para detectar la temperatura de gases de escape. Las señales de salida de este sensor 23 de temperatura y detector 8 de cantidad de aire de admisión se introducen respectivamente a través de correspondientes convertidores 37 AD al puerto 35 de entrada. Adicionalmente, un pedal 40 del acelerador tiene un sensor 41 de carga conectado al mismo que genera una tensión de salida proporcional a la cantidad de depresión L del pedal 40 del acelerador. La tensión de salida del sensor 41 de carga se introduce a través de un correspondiente convertidor 37 AD al puerto 35 de entrada. Además, en el puerto 35 de entrada está conectado un sensor 42 del ángulo del cigüeñal que genera un impulso de salida cada vez que un árbol de cigüeñal rota, por ejemplo, 15°. Por otro lado, el puerto 36 de salida está conectado a través de correspondientes circuitos 38 de accionamiento a cada inyector 3 de combustible, motor paso a paso para accionar la válvula 10 de mariposa, válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, válvula 17 de control de EGR y bomba 21 de combustible.

La figura 2 muestra esquemáticamente un sustrato del catalizador 13 de purificación de gases de escape que porta una parte superficial de un soporte de catalizador. En este catalizador 13 de purificación de gases de escape, tal como se muestra en la figura 2, por ejemplo, se proporciona un soporte 50 de catalizador hecho de alúmina sobre el que se portan catalizadores 51 y 52 de metales preciosos. Además, sobre este soporte 50 de catalizador, se forma una capa 53 básica que incluye al menos un elemento seleccionado de potasio K, sodio Na, cesio Cs u otro metal alcalino de este tipo, bario Ba, calcio Ca u otro metal alcalinotérreo de este tipo, un lantánido u otra tierra rara de este tipo y plata Ag, cobre Cu, hierro Fe, iridio Ir u otro metal que pueda donar electrones al NO<sub>x</sub>. Los gases de escape fluyen a lo largo de la parte superior del soporte 50 de catalizador, de modo que puede decirse que la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape porta los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos. Adicionalmente, la superficie de la capa 53 básica presenta basicidad, así que la superficie de la capa 53 básica se denomina parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica.

Por otro lado, en la figura 2, el catalizador 51 de metales preciosos está compuesto por platino Pt, mientras que el catalizador 52 de metales preciosos está compuesto por rodio Rh. Es decir, los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos que porta el soporte 50 de catalizador están compuestos por platino Pt y rodio Rh. Obsérvese que, sobre el soporte 50 de catalizador del catalizador 13 de purificación de gases de escape, además de platino Pt y rodio Rh, adicionalmente puede portarse paladio Pd o, en lugar de rodio Rh, puede portarse paladio Pd. Es decir, los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos que porta el soporte 50 de catalizador están compuestos por platino Pt y al menos uno de rodio Rh y paladio Pd.

Si se inyectan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos al interior de los gases de escape, los hidrocarburos se reforman mediante el catalizador 13 de purificación de gases de escape. En la presente invención, en este momento, los hidrocarburos reformados se usan para eliminar el NO<sub>x</sub> en el catalizador 13 de purificación de gases de escape. La figura 3 muestra esquemáticamente la acción de reformado realizada en el catalizador 13 de purificación de gases de escape en este momento. Tal como se muestra en la figura 3, los hidrocarburos HC que se inyectan desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos pasan a ser hidrocarburos HC con radicales con un pequeño número de carbonos por el catalizador 51.

Obsérvese que, incluso si el inyector 3 de combustible inyecta combustible, es decir, hidrocarburos en el interior de la cámara 2 de combustión en la segunda mitad de la carrera de expansión o carrera de escape, los hidrocarburos se reforman en la cámara 2 de combustión o el catalizador 13 de purificación de gases de escape, y el NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape se elimina mediante los hidrocarburos reformados en el catalizador 13 de purificación de gases de escape. Por tanto, en la presente invención, en lugar de alimentar hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos al interior de un conducto de escape del motor, también es posible

5 alimentar hidrocarburos al interior de la cámara 2 de combustión en la segunda mitad de la carrera de expansión o carrera de escape. De este modo, en la presente invención, es posible alimentar hidrocarburos al interior de la cámara 2 de combustión, aunque a continuación la presente invención se explicará con referencia al caso de intentar inyectar hidrocarburos desde una válvula 15 de alimentación de hidrocarburos al interior de un conducto de escape del motor.

10 La figura 4 muestra los tiempos de alimentación de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos y el cambio en la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Obsérvese que, los cambios en la relación aire-combustible (A/F)in dependen del cambio en la concentración de los hidrocarburos en los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape, de modo que puede decirse que el cambio en la relación aire-combustible (A/F)in mostrado en la figura 4 expresa el cambio en la concentración de los hidrocarburos. Sin embargo, si la concentración de hidrocarburos pasa a ser más alta, la relación aire-combustible (A/F)in pasa a ser más pequeña, de modo que, en la figura 4, cuanto más hacia el lado rico está la relación aire-combustible (A/F)in, más alta es la concentración de hidrocarburos.

15 La figura 5 muestra la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  por el catalizador 13 de purificación de gases de escape con respecto a las temperaturas de catalizador del catalizador 13 de purificación de gases de escape cuando se hace cambiar periódicamente la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape para, tal como se muestra en la figura 4, hacer que cambie la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape que fluyen al catalizador 13 de purificación de gases de escape. Los inventores se dedicaron a la investigación en relación a la purificación de  $\text{NO}_x$  durante mucho tiempo. En el proceso de investigación, aprendieron que si se hace vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo, tal como se muestra en la figura 5, se obtiene una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  extremadamente alta incluso en una región de alta temperatura de 400°C o superior.

20 Además, en este momento, una gran cantidad de producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos continúa estando retenida o adsorbida sobre la superficie de la capa 53 básica, es decir, sobre la parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Se aprendió que, este producto intermedio reductor desempeña un papel central en la obtención de una alta tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ . A continuación, esto se explicará con referencia a las figuras 6A y 6B. Obsérvese que estas figuras 6A y 6B muestran esquemáticamente la parte superficial del portador 50 de catalizador del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Estas figuras 6A y 6B muestran la reacción que se presupone que se produce cuando la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace vibrar dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo.

25 La figura 6A muestra cuando la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape es baja, mientras que la figura 6B muestra cuando se alimentan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos y la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape pasa a ser más alta.

30 Ahora, tal como se entenderá a partir de la figura 4, la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se mantiene pobre excepto por un instante, de modo que los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape pasan normalmente a un estado de exceso de oxígeno. Por tanto, el NO que está contenido en los gases de escape, tal como se muestra en la figura 6A, se oxida sobre el platino 51 y pasa a ser  $\text{NO}_2$ . A continuación, este  $\text{NO}_2$  se suministra con electrones del platino 51 y pasa a ser  $\text{NO}_2^-$ . Por tanto, se produce una gran cantidad de  $\text{NO}_2^-$  sobre el platino 51. Este  $\text{NO}_2^-$  presenta una fuerte actividad. Anteriormente, este  $\text{NO}_2^-$  se denomina  $\text{NO}_2^*$  activo.

35 Por otro lado, si se alimentan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, tal como se muestra en la figura 3, los hidrocarburos se reforman y pasan a estar radicalizados dentro del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Como resultado, tal como se muestra en la figura 6B, la concentración de hidrocarburos alrededor del  $\text{NO}_2^*$  activo pasa a ser más alta. A este respecto, después de producirse el  $\text{NO}_2^*$  activo, si el estado de una alta concentración de oxígeno alrededor del  $\text{NO}_2^*$  activo continúa durante un tiempo predeterminado o más, el  $\text{NO}_2^*$  activo se oxida y se absorbe en la capa 53 básica en forma de iones nitrato  $\text{NO}_3^-$ . Sin embargo, si la concentración de hidrocarburos alrededor del  $\text{NO}_2^*$  activo se hace más alta antes de que pase este tiempo predeterminado, tal como se muestra en la figura 6B, el  $\text{NO}_2^*$  activo reacciona sobre el platino 51 con los hidrocarburos HC con radicales mediante lo cual se produce un producto intermedio reductor. Este producto intermedio reductor se adhiere o adsorbe sobre la superficie de la capa 53 básica.

40 Obsérvese que, en este momento, se considera que el primer producto intermedio reductor producido es un nitrocompuesto  $\text{R-NO}_2$ . Si se produce este nitrocompuesto  $\text{R-NO}_2$ , el resultado pasa a ser un compuesto de nitrilo  $\text{R-CN}$ , pero este compuesto de nitrilo  $\text{R-CN}$  sólo puede sobrevivir durante un instante en este estado, así que inmediatamente pasa a ser un compuesto de isocianato  $\text{R-NCO}$ . Si este compuesto de isocianato  $\text{R-NCO}$ , se

hidroliza, pasa a ser un compuesto de amina R-NH<sub>2</sub>. Si este compuesto de isocianato R-NCO. Sin embargo, en este caso, lo que se hidroliza se considera parte del compuesto de isocianato R-NCO. Por tanto, tal como se muestra en la figura 6B, se cree que la mayoría del producto intermedio reductor que se retiene o se adsorbe sobre la superficie de la capa 53 básica es el compuesto de isocianato R-NCO y el compuesto de amina R-NH<sub>2</sub>.

5 Por otro lado, tal como se muestra en la figura 6B, si el producto intermedio reductor producido está rodeado por los hidrocarburos HC, el producto intermedio reductor se bloquea por los hidrocarburos HC y la reacción no continuará. En este caso, si la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se reduce y de ese modo la concentración de oxígeno pasa a ser más alta, los hidrocarburos alrededor del producto intermedio reductor se oxidarán. Como resultado, tal como se muestra en la figura 6A, el producto intermedio reductor y el NO<sub>2</sub><sup>\*</sup> activo reaccionarán. En este momento, el NO<sub>2</sub><sup>\*</sup> activo reacciona con el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> para formar N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O y por consiguiente se elimina el NO<sub>x</sub>.

10 15 De este modo, en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, al hacer más alta la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape, se produce un producto intermedio reductor. Al hacer más baja la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape y aumentar la concentración de oxígeno, el NO<sub>2</sub><sup>\*</sup> activo reacciona con el producto intermedio reductor y se elimina el NO<sub>x</sub>. Es decir, para que el catalizador 13 de purificación de gases de escape elimine el NO<sub>x</sub>, la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape ha de cambiarse periódicamente.

20 25 30 Obviamente, en este caso, es necesario aumentar la concentración de hidrocarburos hasta una concentración suficientemente alta para producir el producto intermedio reductor y es necesario reducir la concentración de hidrocarburos hasta una concentración suficientemente baja para hacer que el producto intermedio reductor producido reaccione con el NO<sub>2</sub><sup>\*</sup> activo. Es decir, la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape ha de hacerse vibrar dentro de un intervalo predeterminado de amplitud. Obsérvese que, en este caso, ha de retenerse una cantidad suficiente de producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> sobre la capa 53 básica, es decir, sobre la parte 24 de superficie de flujo de gases de escape básica, hasta que el producto intermedio reductor producido reacciona con el NO<sub>2</sub><sup>\*</sup> activo. Por este motivo, se proporciona la parte 24 de superficie de flujo de gases de escape básica.

35 Por otro lado, si se prolonga el periodo de alimentación de los hidrocarburos, el tiempo en el que la concentración de oxígeno se hace más alta pasa a ser más largo en el periodo después de alimentarse los hidrocarburos hasta que se alimentan de nuevo los hidrocarburos. Por tanto, el NO<sub>2</sub><sup>\*</sup> activo se absorbe en la capa 53 básica en forma de nitratos sin producir un producto intermedio reductor. Para evitar esto, es necesario hacer vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de periodo.

40 45 Por tanto, en una realización de la presente invención, para hacer que el NO<sub>x</sub> contenido en los gases de escape y los hidrocarburos reformados reaccione y produzca el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> que contiene nitrógeno e hidrocarburos, la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape porta catalizadores 51 y 52 de metales preciosos. Para retener el producto intermedio reductor producido R-NCO o R-NH<sub>2</sub>, dentro del catalizador 13 de purificación de gases de escape, una parte 54 de superficie de flujo de gases de escape básica está formada alrededor de los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos. Se hace que el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos sea el periodo de vibración requerido para continuar la producción del producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub>. A este respecto, en el ejemplo mostrado en la figura 4, se hace que el intervalo de inyección sea de 3 segundos.

50 55 Si el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos, es decir, el periodo de alimentación de los hidrocarburos HC, se hace más largo que el anterior intervalo predeterminado de periodo, el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> desaparece de la superficie de la capa 53 básica. En este momento, el NO<sub>2</sub><sup>\*</sup> activo que se produjo sobre el platino Pt 53, tal como se muestra en la figura 7A, difunde en la capa 53 básica en forma de iones nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y pasa a ser nitratos. Es decir, en este momento, el NO<sub>x</sub> en los gases de escape se absorbe en forma de nitratos dentro de la capa 53 básica.

60 65 Por otro lado, la figura 7B muestra el caso en el que se hace que la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape sea la relación aire-combustible estequiométrica o rica cuando el NO<sub>x</sub> se absorbe en forma de nitratos dentro de la capa 53 básica. En este caso, la concentración de oxígeno en los gases de escape disminuye, así que la reacción avanza en el sentido opuesto (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> → NO<sub>2</sub>) y por consiguiente los nitratos absorbidos en la capa 53 básica pasan a ser iones nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup> uno a uno y, como se muestra en la figura 7B, se liberan de la capa 53 básica en forma de NO<sub>2</sub>. A continuación, el NO<sub>2</sub> liberado se reduce mediante los hidrocarburos HC y CO contenidos en los gases de escape.

70 75 La figura 8 muestra el caso de hacer temporalmente rica la relación aire-combustible (A/F) de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape ligeramente antes de que la capacidad de absorción de NO<sub>x</sub> de la capa 53 básica pase a ser saturada. Obsérvese que, en el ejemplo mostrado en la figura 8,

el intervalo de tiempo de este control por riqueza es de 1 minuto o más. En este caso, el NO<sub>x</sub> que se absorbió en la capa 53 básica cuando la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape era pobre se libera todo de una vez de la capa 53 básica y se reduce cuando la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape se hace temporalmente rica. Por tanto, en este caso, la capa 53 básica desempeña el papel de un absorbedor para absorber temporalmente NO<sub>x</sub>.

Obsérvese que, en este momento, en ocasiones la capa 53 básica adsorbe temporalmente el NO<sub>x</sub>. Por tanto, si se usa el término almacenamiento como un término que incluye tanto absorción como adsorción, en este momento, la capa 53 básica desempeña el papel de un agente de almacenamiento de NO<sub>x</sub> para almacenar temporalmente el NO<sub>x</sub>. Es decir, en este caso, la relación del aire y el combustible (hidrocarburos) que se suministran al interior del conducto de admisión del motor, las cámaras 2 de combustión y el conducto de escape aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape denominada relación aire-combustible de los gases de escape, el catalizador 13 de purificación de gases de escape funciona como catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub> que almacena el NO<sub>x</sub> cuando la relación aire-combustible de los gases de escape es pobre y libera el NO<sub>x</sub> almacenado cuando la concentración de oxígeno en los gases de escape disminuye.

La figura 9 muestra la tasa de purificación de NO<sub>x</sub> cuando se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub> de este modo. Obsérvese que el eje de abscisas de la figura 9 muestra la temperatura de catalizador TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Cuando se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub>, como se muestra en la figura 9, cuando la temperatura de catalizador TC es de 300°C a 400°C, se obtiene una tasa de purificación de NO<sub>x</sub> extremadamente alta, pero cuando la temperatura de catalizador TC pasa a ser de 400°C o una temperatura más alta, la tasa de purificación de NO<sub>x</sub> disminuye.

De esta manera, cuando la temperatura de catalizador TC pasa a ser de 400°C o más, la tasa de purificación de NO<sub>x</sub> disminuye porque si la temperatura de catalizador TC pasa a ser de 400°C o más, los nitratos se descomponen por el calor y se liberan en forma de NO<sub>2</sub> desde el catalizador 13 de purificación de gases de escape. Es decir, siempre que se almacene NO<sub>x</sub> en forma de nitratos, cuando la temperatura de catalizador TC es alta, es difícil obtener una alta tasa de purificación de NO<sub>x</sub>. Sin embargo, en el nuevo método de purificación de NO<sub>x</sub> mostrado de la figura 4 a las figuras 6A y 6B, tal como se entenderá a partir de las figuras 6A y 6B, no se forman nitratos o incluso si se forman, su cantidad es extremadamente pequeña, por consiguiente, como se muestra en la figura 5, incluso cuando la temperatura de catalizador TC es alta, se obtiene una alta tasa de purificación de NO<sub>x</sub>.

Por tanto, en la presente invención, un catalizador 13 de purificación de gases de escape para hacer reaccionar el NO<sub>x</sub> contenido en los gases de escape e hidrocarburos reformados está dispuesto en el conducto de escape del motor, la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape porta catalizadores 51 y 52 de metales preciosos, alrededor de los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos, está formada una parte 54 de superficie de flujo de gases de escape básica, el catalizador 13 de purificación de gases de escape tiene la propiedad de reducir el NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape si se hace vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo y tiene la propiedad de aumentar la cantidad de almacenamiento del NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape si el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace que sea más largo que este intervalo predeterminado, y en el momento del funcionamiento del motor, la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace vibrar dentro del intervalo predeterminado de amplitud y dentro del intervalo predeterminado de periodo, para reducir de ese modo el NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape en el catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Es decir, puede decirse que el método de purificación de NO<sub>x</sub> que se muestra de la figura 4 a las figuras 6A y 6B es un nuevo método de purificación de NO<sub>x</sub> diseñado para eliminar NO<sub>x</sub> sin formar casi ningún nitrato en caso de usar un catalizador de purificación de gases de escape que porta un catalizador de metales preciosos y forma una capa básica que puede absorber NO<sub>x</sub>. En realidad, cuando se usa este nuevo método de purificación de NO<sub>x</sub>, la cantidad de nitratos que se detecta de la capa 53 básica pasa a ser mucho más pequeña en comparación con el caso en el que se hace funcionar el catalizador 13 de purificación de gases de escape como catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub>. Obsérvese que, este nuevo método de purificación de NO<sub>x</sub> se denominará a continuación como el primer método de purificación de NO<sub>x</sub>.

A continuación, haciendo referencia a de la figura 10 a la figura 15, se explicará un poco más en detalle este primer método de purificación de NO<sub>x</sub>.

La figura 10 muestra ampliado el cambio en la relación aire-combustible (A/F)in mostrada en la figura 4. Obsérvese que, tal como se explicó anteriormente, el cambio en la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape que fluyen al interior de este catalizador 13 de purificación de gases de escape muestra simultáneamente el cambio en la concentración de los hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Obsérvese que, en la figura 10,  $\Delta H$  muestra la amplitud del cambio en la concentración de hidrocarburos HC que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape, mientras que  $\Delta T$  muestra el periodo de

vibración de la concentración de los hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Además, en la figura 10, (A/F)<sub>b</sub> muestra la relación aire-combustible base que muestra la relación aire-combustible del gas de combustión para generar la salida de motor. En otras palabras, esta relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> muestra la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape cuando se detiene la alimentación de hidrocarburos. Por otro lado, en la figura 10, X muestra el límite superior de la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> que se usa para producir el producto intermedio reductor sin que el NO<sub>2</sub>\* activo producido se almacene en forma de nitratos dentro de la capa 53 básica. Para hacer que el NO<sub>2</sub>\* activo y los hidrocarburos modificados reaccionen y produzcan el producto intermedio reductor, es necesario hacer que la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> sea inferior al límite superior X de esta relación aire-combustible.

En otras palabras, en la figura 10, X muestra el límite inferior de la concentración de hidrocarburos requerida para hacer que el NO<sub>2</sub>\* activo y el hidrocarburo reformado reaccionen para producir un producto intermedio reductor. Para producir el producto intermedio reductor, la concentración de hidrocarburos ha de hacerse superior a este límite inferior X. En este caso, se determina si se produce el producto intermedio reductor por la relación de la concentración de oxígeno y la concentración de hidrocarburo alrededor del NO<sub>2</sub>\* activo, es decir, la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub>. El límite superior X de la relación aire-combustible requerida para producir el producto intermedio reductor se denominará a continuación la relación aire-combustible mínima demandada.

En el ejemplo mostrado en la figura 10, la relación aire-combustible mínima demandada X pasa a ser rica, por tanto, en este caso, para formar el producto intermedio reductor, la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> se hace instantáneamente la relación aire-combustible mínima demandada X o menos, es decir, es rica. En contraposición a esto, en el ejemplo mostrado en la figura 11, la relación aire-combustible mínima demandada X es pobre. En este caso, la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> se mantiene pobre al tiempo que se reduce periódicamente la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> para formar el producto intermedio reductor.

En este caso, si la relación aire-combustible mínima demandada X pasa a ser rica o pasa a ser pobre depende de la fuerza de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape. En este caso, el catalizador 13 de purificación de gases de escape, por ejemplo, pasa a ser más fuerte en fuerza de oxidación si se aumenta la cantidad portada del metal 51 precioso y pasa a ser más fuerte en fuerza de oxidación si se refuerza la acidez. Por tanto, la fuerza de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape cambia debido a la cantidad portada del metal 51 precioso o la fuerza de la acidez.

Ahora, si se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una gran fuerza de oxidación, tal como se muestra en la figura 11, si se mantiene la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> pobre mientras se disminuye periódicamente la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub>, los hidrocarburos acaban oxidándose por completo cuando se reduce la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub>. Como resultado, el producto intermedio reductor ya no puede producirse. En contraposición a esto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una gran fuerza de oxidación, tal como se muestra en la figura 10, si se hace la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> periódicamente rica, cuando la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> se hace rica, los hidrocarburos se oxidarán parcialmente, sin oxidarse por completo, es decir, los hidrocarburos se reformarán, por consiguiente se producirá el producto intermedio reductor. Por tanto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una gran fuerza de oxidación, la relación aire-combustible mínima demandada X ha de hacerse rica.

Por otro lado, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una fuerza de oxidación débil, tal como se muestra en la figura 11, si se mantiene la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> pobre mientras se disminuye periódicamente la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub>, los hidrocarburos se oxidarán parcialmente sin oxidarse por completo, es decir, los hidrocarburos se reformarán y por consiguiente se producirá el producto intermedio reductor. En contraposición a esto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una fuerza de oxidación débil, tal como se muestra en la figura 10, si se hace la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> periódicamente rica, se escapará una gran cantidad de hidrocarburos del catalizador 13 de purificación de gases de escape sin oxidarse y por consiguiente la cantidad de hidrocarburos que se desperdicia aumentará. Por tanto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una fuerza de oxidación débil, la relación aire-combustible mínima demandada X tiene que hacerse pobre.

Es decir, se aprende que la relación aire-combustible mínima demandada X, tal como se muestra en la figura 12, se reduce cuanto más grande es la fuerza de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape. De este modo la relación aire-combustible mínima demandada X pasa a ser pobre o rica debido a la fuerza de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape. A continuación, tomando como ejemplo el caso en el que la relación aire-combustible mínima demandada X es rica, se explicará la amplitud del cambio en la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape y el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Ahora, si la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> pasa a ser más grande, es decir, si la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos pasa a ser más alta, la cantidad de alimentación

de hidrocarburos requerida para hacer la relación aire-combustible (A/F) en la relación aire-combustible mínima demandada X o menos aumenta y junto con esto también aumenta el exceso de cantidad de hidrocarburos que no contribuyeron a la producción del producto intermedio reductor. En este caso, para eliminar bien el  $\text{NO}_x$ , tal como se explicó anteriormente, es necesario hacer que el exceso de hidrocarburos se oxide. Por tanto, para eliminar el  $\text{NO}_x$  bien, cuanto mayor es la cantidad de exceso de hidrocarburos, mayor es la cantidad de oxígeno que se requiere.

En este caso, si se aumenta la concentración de oxígeno en los gases de escape, puede aumentarse la cantidad de oxígeno. Por tanto, para eliminar el  $\text{NO}_x$  bien, cuando la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos es alta, es necesario aumentar la concentración de oxígeno en los gases de escape después de alimentar los hidrocarburos. Es decir, cuanto mayor es la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos, mayor ha de hacerse la amplitud de la concentración de hidrocarburos.

La figura 13 muestra la relación entre la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos y la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos cuando se obtiene la misma tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ . Para obtener la misma tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ , a partir de la figura 13, se aprende que cuanto mayor es la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos, mayor ha de hacerse la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos. Es decir, para obtener la misma tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ , cuanto mayor es la relación aire-combustible base (A/E)<sub>b</sub>, mayor ha de hacerse la amplitud  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos. En otras palabras, para eliminar el  $\text{NO}_x$  bien, cuanto menor es la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub>, más puede reducirse la amplitud  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos.

A este respecto, la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> pasa a ser la más baja en el momento de una operación de aceleración. En este momento, si la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos es de aproximadamente 200 ppm, es posible eliminar el  $\text{NO}_x$  bien. La relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> es normalmente más grande que el tiempo de la operación de aceleración. Por tanto, tal como se muestra en la figura 14, si la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos es de 200 ppm o más, puede obtenerse una excelente tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .

Por otro lado, se aprende que cuando la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> es la más alta, si se hace la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos 10000 ppm aproximadamente, se obtiene una excelente tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ . Por tanto, en la presente invención, el intervalo predeterminado de la amplitud de la concentración de hidrocarburos se hace de 200 ppm a 10000 ppm.

Además, si el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos se hace más largo, la concentración de oxígeno alrededor del  $\text{NO}_2^*$  activo se hace más alta en el tiempo desde después de alimentarse los hidrocarburos hasta cuando los hidrocarburos se alimentan de nuevo. En este caso, si el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos se hace más largo de aproximadamente 5 segundos, el  $\text{NO}_2^*$  activo empieza a absorberse en forma de nitratos dentro de la capa 53 básica. Por tanto, tal como se muestra en la figura 15, si el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos se hace más largo de aproximadamente 5 segundos, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  cae. Por tanto, el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos ha de hacerse de 5 segundos o menos.

Por otro lado, si el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos se hace de aproximadamente 0,3 segundos o menos, los hidrocarburos alimentados empiezan a acumularse sobre la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape, por tanto, tal como se muestra en la figura 15, si el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos pasa a ser aproximadamente 0,3 segundos o menos, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  disminuye. Por tanto, en la presente invención, el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace de desde 0,3 segundos hasta 5 segundos.

Ahora, en la presente invención, la cantidad de inyección de hidrocarburos y los tiempos de inyección desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, se hacen cambiar para controlar la amplitud  $\Delta H$  y el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos para que pasen a ser los valores óptimos según el estado de funcionamiento del motor. En este caso, en esta realización de la presente invención, la cantidad de alimentación de hidrocarburos  $W$  que puede proporcionar la amplitud óptima  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos se almacena como función de la cantidad de inyección  $Q$  desde el inyector 3 de combustible y la velocidad del motor  $N$  en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 16 por adelantado en la ROM 32. Además, la amplitud de vibración óptima  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos, es decir, el periodo de inyección  $\Delta T$  de los hidrocarburos, se almacena de manera similar como función de la cantidad de inyección  $Q$  y la velocidad del motor  $N$  en forma de mapa por adelantado en la ROM 32.

A continuación, haciendo referencia a de la figura 17 a la figura 20, se explicará en detalle un método de purificación de  $\text{NO}_x$  en el caso en el que se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$ . El método de purificación de  $\text{NO}_x$  en el caso en el que se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como un catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  de este modo se denominará a continuación como el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

- 5 En este segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ , tal como se muestra en la figura 17, cuando la cantidad de  $\text{NO}_x$  almacenado  $\Sigma\text{NOX}$  de  $\text{NO}_x$  que está almacenado en la capa 53 básica supera una cantidad permisible predeterminada MAX, la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace temporalmente rica. Si la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape se hace rica, el  $\text{NO}_x$  que estaba almacenado en la capa 53 básica cuando la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape era pobre se libera de la capa 53 básica todo de una vez y se reduce. Debido a esto, se elimina el  $\text{NO}_x$ .
- 10 La cantidad de  $\text{NO}_x$  almacenado  $\Sigma\text{NOX}$ , por ejemplo, se calcula a partir de la cantidad de  $\text{NO}_x$  que se expulsa desde el motor. En esta realización según la presente invención, la cantidad de  $\text{NO}_x$  expulsado  $\text{NOXA}$  de  $\text{NO}_x$  que se expulsa del motor por unidad de tiempo se almacena como función de la cantidad de inyección Q y la velocidad del motor N en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 18 por adelantado en la ROM 32. La cantidad de  $\text{NO}_x$  almacenado  $\Sigma\text{NOX}$  se calcula a partir de la cantidad de  $\text{NO}_x$  expulsado  $\text{NOXA}$ . En este caso, tal como se explicó anteriormente, el periodo durante el cual la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape se hace rica es de habitualmente 1 minuto o más.
- 15 En este segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ , tal como se muestra en la figura 19, el inyector 3 de combustible inyecta combustible adicional WR en la cámara 2 de combustión además del combustible para uso de combustión Q de modo que la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace rica. Obsérvese que, en la figura 19, la abscisa indica el ángulo del cigüeñal. Este combustible adicional WR se inyecta en un momento en el que se quemará, pero no aparecerá como salida del motor, es decir, ligeramente antes de ATDC90° después del centro de punto muerto de compresión. Esta cantidad de combustible WR se almacena como función de la cantidad de inyección Q y la velocidad del motor N en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 20 por adelantado en la ROM 32. Evidentemente, en este caso, también es posible hacer que la cantidad de alimentación de hidrocarburos procedente de la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos aumente para hacer rica la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape.
- 20 A este respecto, para eliminar  $\text{NO}_x$  usando el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , incluso cuando la concentración de  $\text{NO}_x$  en los gases de escape es baja, ha de alimentarse al menos una determinada cantidad de hidrocarburos en un corto periodo. Por tanto, cuando la concentración de  $\text{NO}_x$  de los gases de escape es baja, la eficiencia de purificación de  $\text{NO}_x$  pasa a ser mala. En contraposición a esto, en el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ , cuando la concentración de  $\text{NO}_x$  en los gases de escape es baja, el tiempo hasta que la cantidad de  $\text{NO}_x$  almacenado  $\Sigma\text{NOX}$  alcanza el valor permisible MAX pasa a ser más largo, de modo que el periodo para hacer rica la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape pasa a ser también más largo. Por consiguiente, la eficiencia de purificación de  $\text{NO}_x$  no se hace particularmente peor. Por tanto, cuando la concentración de  $\text{NO}_x$  en los gases de escape es baja, puede decirse que es preferible el uso del segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  en lugar del primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ . Es decir, cuál del primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  y el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  debe usarse cambia en el estado de funcionamiento del motor.
- 25 Ahora, tal como se explicó anteriormente, cuando se usa el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  para la acción de purificación de  $\text{NO}_x$ , tal como se muestra en la figura 6A, el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> reacciona con el  $\text{NO}_2^*$  activo para formar  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , y  $\text{H}_2\text{O}$ . Sin embargo, en la práctica, no todo el producto intermedio reductor reacciona con el  $\text{NO}_2^*$  activo para formar  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , y  $\text{H}_2\text{O}$ . Parte del producto intermedio reductor se expulsa tal como está o en forma de un producto intermedio que contiene nitrógeno derivado de ese producto intermedio reductor procedente del catalizador 13 de purificación de gases de escape. En esta realización según la presente invención, en este momento, el producto intermedio que contiene nitrógeno principal que se expulsa desde el catalizador 13 de purificación de gases de escape es la hidroxilamina  $\text{NH}_2\text{OH}$ .
- 30 A este respecto, el producto intermedio que se expulsa desde el catalizador 13 de purificación de gases de escape cambia a  $\text{NO}_x$  en la fase gaseosa, y si está dispuesto un catalizador que tiene una función de oxidación aguas abajo del catalizador 13 de purificación de gases de escape, el producto intermedio que contiene nitrógeno que se expulsa desde el catalizador 13 de purificación de gases de escape cambia a  $\text{NO}_x$  en este catalizador. Además, incluso cuando el producto intermedio reductor se expulsa tal como es desde el catalizador 13 de purificación de gases de escape, este producto intermedio reductor cambia a  $\text{NO}_x$  en la fase gaseosa o en el catalizador. Como resultado, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  termina cayendo.
- 35 Es decir, en el sistema de purificación de gases de escape según la presente invención, en el momento del funcionamiento del motor, para reducir el  $\text{NO}_x$  que está contenido en los gases de escape en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, si se hace vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de amplitud  $\Delta\text{H}$  y dentro de un intervalo predeterminado de periodo  $\Delta\text{T}$ , el producto intermedio que contiene nitrógeno que se produce en el proceso de reducción de  $\text{NO}_x$  se expulsa del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Por tanto, en la presente invención, en este momento, se proporciona un catalizador 14 de purificación de producto intermedio para la eliminación del producto intermedio que contiene nitrógeno expulsado aguas abajo del catalizador 13 de

purificación de gases de escape en el interior del conducto de escape del motor.

La figura 21 muestra esquemáticamente el catalizador 13 de purificación de gases de escape y catalizador 14 de purificación de producto intermedio dispuestos en el interior del conducto de escape del motor, mientras que la figura 22 muestra esquemáticamente la parte de superficie del portador 60 de catalizador del catalizador 13 de purificación intermedio. Tal como se muestra en la figura 22, el portador 60 de catalizador del catalizador 14 de purificación de producto intermedio porta un metal 61 que tiene una fuerza de oxidación menor que un metal precioso.

En esta realización según la presente invención, el portador 60 de catalizador del catalizador 14 de purificación de producto intermedio está compuesto por alúmina o zeolita, mientras que el metal 61 que porta este portador 60 de catalizador está compuesto por al menos un metal de transición seleccionado de plata Ag, cobre Cu, hierro Fe, vanadio V, molibdeno Mo, cobalto Co, níquel Ni, y manganeso Mn.

Tal como se muestra en la figura 21, si el producto intermedio reductor o producto intermedio que contiene nitrógeno, por ejemplo, hidroxilamina  $\text{NH}_2\text{OH}$ , se expulsa del catalizador 13 de purificación de gases de escape, esta hidroxilamina  $\text{NH}_2\text{OH}$ , tal como se muestra en la figura 22, reacciona sobre, por ejemplo, el metal 61 con el  $\text{NO}_x$  y pasa a ser  $\text{N}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . De este modo, se elimina la hidroxilamina  $\text{NH}_2\text{OH}$ . Además, el producto intermedio reductor y el producto intermedio que contiene nitrógeno se descomponen en la superficie de catalizador del catalizador 14 de purificación de producto intermedio por sí mismos y pasan a ser  $\text{N}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ .

Obsérvese que, si se intensifica la capacidad de oxidación del metal 61, el producto intermedio reductor o el producto intermedio que contiene nitrógeno termina convirtiéndose en  $\text{NO}_x$ . Para impedir que estos productos intermedios se conviertan en  $\text{NO}_x$  de este modo, al igual que el metal 61, tal como se explicó anteriormente, se usa un metal con una capacidad de oxidación menor que un metal precioso.

La figura 23 muestra la relación entre la eficiencia de purificación con respecto al producto intermedio reductor o producto intermedio que contiene nitrógeno y la cantidad portada de plata Ag (% en peso) cuando se usa alúmina como portador 60 de catalizador y se usa plata Ag como metal 61. Si se hace que la alúmina porte plata Ag de este modo, tal como se muestra en la figura 23, cuando la cantidad portada de la plata Ag es del 2% en peso al 5% en peso, la eficiencia de purificación pasa a ser la más elevada. Por tanto, cuando se usa alúmina como portador 60 de catalizador y se usa plata Ag como metal 61, la cantidad portada de plata Ag se hace del 2% en peso al 5% en peso.

Por otro lado, cuando se hace el portador 60 de catalizador del catalizador 14 de purificación de producto intermedio zeolita, además del producto intermedio que contiene nitrógeno, el sulfuro de hidrógeno  $\text{H}_2\text{S}$  que se expulsa del catalizador 13 de purificación de gases de escape se elimina en el catalizador 14 de purificación de producto intermedio. Además, en este caso, el amoniaco  $\text{NH}_3$  que se expulsa del catalizador 13 de purificación de gases de escape se adsorbe en el catalizador 14 de purificación de producto intermedio. Este amoniaco adsorbido  $\text{NH}_3$  se usa para reducir el  $\text{NO}_x$  que fluye hacia fuera del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

La figura 24 muestra la rutina de control de purificación de  $\text{NO}_x$ . Esta rutina se ejecuta por interrupción cada intervalo de tiempo predeterminado.

Haciendo referencia a la figura 24, en primer lugar, en la etapa 80, se determina a partir de la señal de salida del sensor 23 de temperatura si la temperatura  $\text{TC}$  del catalizador 13 de purificación de gases de escape supera la temperatura de activación  $\text{TX}$ . Cuando  $\text{TC} \geq \text{TX}$ , es decir, cuando el catalizador 13 de purificación de gases de escape se activa, la rutina continúa a la etapa 81 en la que se calculan la eficiencia de purificación de  $\text{NO}_x$   $F_1$  cuando se usa el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  y la eficiencia de purificación de  $\text{NO}_x$   $F_2$  cuando se usa el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ . Las eficiencias de purificación de  $\text{NO}_x$   $F_1$  y  $F_2$  expresan las cantidades de consumo de combustible o hidrocarburos por unidad de tiempo requeridas para obtener una unidad de tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ . En este caso, la eficiencia de purificación de  $\text{NO}_x$   $F_1$  se calcula a partir de la cantidad de alimentación de hidrocarburos  $W$  que se calcula a partir del mapa de la figura 16, los intervalos de inyección de hidrocarburos, y la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  mostrada en la figura 5, mientras que la eficiencia de purificación de  $\text{NO}_x$   $F_2$  se calcula a partir de la cantidad de combustible adicional  $WR$  que se calcula a partir del mapa de la figura 20, el intervalo entre tiempos en los que la relación aire-combustible se hace rica en la figura 17, y la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  mostrada en la figura 9.

A continuación, en la etapa 82, se determina si la eficiencia de purificación de  $\text{NO}_x$   $F_1$  es mayor que la eficiencia de purificación de  $\text{NO}_x$   $F_2$ . Cuando  $F_1 \geq F_2$ , se determina que debe usarse el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ . En este momento, la rutina continúa a la etapa 83. En la etapa 83, se realiza el control de alimentación de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos. En este momento, se realiza la acción de purificación de  $\text{NO}_x$  mediante el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

En contraposición a esto, cuando se determina en la etapa 80 que  $\text{TC} < \text{TX}$  o cuando se determina en la etapa 82 que  $F_1 < F_2$ , se determina que debe usarse el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  y la rutina continúa a la etapa 84. En la etapa 84, la cantidad de  $\text{NO}_x$   $\text{NOXA}$  de  $\text{NO}_x$  expulsado por unidad de tiempo se calcula a partir del mapa mostrado en la figura 18. A continuación, en la etapa 85,  $\Sigma\text{NOX}$  se incrementa en la cantidad de  $\text{NO}_x$  expulsado

NO<sub>x</sub> para calcular la cantidad de NO<sub>x</sub> almacenado  $\Sigma$ NO<sub>x</sub>. A continuación, en la etapa 86, se determina si la cantidad de NO<sub>x</sub> almacenado  $\Sigma$ NO<sub>x</sub> supera el valor permisible MAX. Cuando  $\Sigma$ NO<sub>x</sub>>MAX, la rutina continúa a la etapa 87 en la que se calcula la cantidad de combustible adicional WR a partir del mapa mostrado en la figura 20, entonces se realiza la acción de inyección del combustible adicional. A continuación, en la etapa 88,  $\Sigma$ NO<sub>x</sub> se borra.

- 5 Obsérvese que la acción de radicalización de hidrocarburos mostrada en la figura 3 no se realiza a menos que el catalizador 13 de purificación de gases de escape se active. Por tanto, el primer método de purificación de NO<sub>x</sub> no puede usarse a menos que el catalizador 13 de purificación de gases de escape se active. En contraposición a esto, el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> no es necesariamente elevado en cuanto a eficiencia de purificación, pero 10 puede usarse incluso cuando la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape es baja. Por tanto, en la rutina mostrada en la figura 24, cuando se determina en la etapa 80 que TC<TX, la rutina continúa a la etapa 84 en la que se realiza la acción de purificación de NO<sub>x</sub> mediante el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>.

- 15 A continuación, se explicará una realización que proporciona al catalizador 14 de purificación de producto intermedio una función de adsorción de NO<sub>x</sub>.

- 20 La figura 25 muestra la relación entre la cantidad adsorbida de NO<sub>x</sub> y la cantidad portada de plata Ag (% en peso) en el catalizador 14 de purificación de producto intermedio cuando se usa alúmina como portador 60 de catalizador y se usa plata Ag como metal 61. Cuando se hace que la alúmina porte plata Ag de este modo, tal como se muestra en la figura 25, si la cantidad portada de plata Ag pasa a ser del 10% en peso o más, la cantidad adsorbida de NO<sub>x</sub> pasará a ser relativamente elevada. Por tanto, cuando se usa alúmina como portador 60 de catalizador y se usa plata Ag como metal 61, si se le proporciona al catalizador 14 de purificación de producto intermedio una acción de adsorción de NO<sub>x</sub>, la cantidad portada de plata Ag se hace del 10% en peso o más.

- 25 Por otro lado, si se hace que la alúmina porte plata Ag, tal como se muestra en la figura 23, cuando la cantidad portada de plata Ag es desde el 2% en peso hasta el 5% en peso, la eficiencia de purificación pasa a ser la más elevada. Por tanto, para garantizar una alta tasa de purificación para el producto intermedio y proporcionar una función de adsorción de NO<sub>x</sub>, en la realización mostrada en la figura 26, se usa alúmina como portador 60 de catalizador del catalizador 14 de purificación de producto intermedio y se usa plata Ag como metal 61, la región del 30 catalizador 14 de purificación de producto intermedio se divide en una parte 14a de lado aguas arriba y una parte 14b de lado aguas abajo, la cantidad portada de plata Ag en la parte 14a de lado aguas arriba se hace del 2% en peso al 5% en peso para garantizar una alta eficiencia de purificación de NO<sub>x</sub> para el producto intermedio, la cantidad portada de plata Ag en la parte 14b de lado aguas abajo se hace del 10% en peso o más para proporcionar una función de adsorción de NO<sub>x</sub>, y un catalizador 62 de reducción está dispuesto aguas abajo del catalizador 14 de purificación de producto intermedio.

- 35 En esta realización, el producto intermedio reductor o producto intermedio que contiene nitrógeno se elimina en la parte 14a de lado aguas arriba, mientras que el NO<sub>x</sub> que podría no eliminarse se adsorbe en la parte 14b de lado aguas abajo. El NO<sub>x</sub> que se adsorbe en la parte 14b de lado aguas abajo se elimina en el catalizador 62 de reducción cuando la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace rica.

- 40 Es decir, en la realización mostrada en la figura 26, el portador 60 de catalizador del catalizador 14 de purificación de producto intermedio está compuesto por alúmina, se porta plata Ag sobre el portador 60 de catalizador, el producto intermedio que contiene nitrógeno se elimina en la parte 14a de lado aguas arriba del catalizador 14 de purificación de producto intermedio, y la cantidad portada de plata Ag en la parte 14b de lado aguas abajo se hace mayor que la cantidad portada de plata Ag en la parte 14a de lado aguas arriba de modo que la parte 14b de lado aguas abajo del catalizador 14 de purificación de producto intermedio tiene una función de adsorción de NO<sub>x</sub>.

- 45 50 En contraposición a esto, en la realización mostrada en las figuras 27A y 27B, se forman al menos dos capas 64 y 65 de recubrimiento, que incluyen un portador 60 de catalizador compuesto por alúmina y plata Ag portada sobre el portador 60 de catalizador, sobre el sustrato 63 del catalizador 14 de purificación de producto intermedio. En la capa 64 de recubrimiento superior, se elimina el producto intermedio que contiene nitrógeno, y la cantidad portada de plata Ag en la capa 65 de recubrimiento inferior se hace mayor que la cantidad portada de plata Ag en la capa 64 de recubrimiento superior de modo que se le proporciona a la capa 65 de recubrimiento inferior una función de adsorción de NO<sub>x</sub>. En términos específicos, en la realización mostrada en la figura 27A y 27B, la cantidad portada de plata Ag en la capa 64 de recubrimiento superior se hace del 2% en peso al 5% en peso, mientras que la plata Ag portada en la capa 65 de recubrimiento inferior se hace del 10% en peso o más.

- 55 60 65 En esta realización, tal como se muestra en la figura 27A, el producto intermedio reductor o producto intermedio que contiene nitrógeno, por ejemplo, hidroxilamina NH<sub>2</sub>OH, se elimina por la reacción con el NO<sub>x</sub> en la capa 64 de recubrimiento superior, mientras que el NO<sub>x</sub> que podría no eliminarse se adsorbe en la capa 65 de recubrimiento inferior. Cuando se envía producto intermedio reductor o producto intermedio que contiene nitrógeno sobrante al catalizador 14 de purificación de producto intermedio, el NO<sub>x</sub> que se adsorbe en la capa 65 de recubrimiento inferior se elimina por reacción con este producto intermedio tal como se muestra en la figura 27B. Obsérvese que, en la realización mostrada en la figura 27A y 27B, no es necesario proporcionar un catalizador 62 de reducción tal como

se muestra en la figura 26 aguas abajo del catalizador 14 de purificación de producto intermedio.

En la realización mostrada en la figura 28, está dispuesto un catalizador 66 de hidrólisis entre el catalizador 13 de purificación de gases de escape y el catalizador 14 de purificación de producto intermedio. El catalizador 66 de hidrólisis está formado por alúmina u otro portador de catalizador con un área de superficie grande en relación con su volumen. El producto intermedio reductor de producto intermedio que contiene nitrógeno que se expulsa del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hidroliza en el interior del catalizador 66 de hidrólisis. Debido a esto, se expulsan  $\text{NO}_x$  y amoniaco  $\text{NH}_3$  del catalizador 66 de hidrólisis tal como se muestra en la figura 28. Este  $\text{NO}_x$  se elimina por el amoniaco  $\text{NH}_3$  en el catalizador 14 de purificación de producto intermedio. Es decir, en esta realización, el producto intermedio que contiene nitrógeno que se expulsa desde el catalizador 13 de purificación de gases de escape se elimina en el catalizador 14 de purificación de producto intermedio utilizando la acción de hidrólisis por parte del catalizador 66 de hidrólisis.

En esta realización también se usa alúmina como portador 60 de catalizador del catalizador 14 de purificación de producto intermedio y se usa plata Ag como metal 61. La cantidad portada de plata Ag se hace del 2% en peso al 5% en peso.

Obsérvese que, como otra realización, en el conducto de escape del motor aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape, puede disponerse un catalizador de oxidación para reformar los hidrocarburos.

#### 20 **Lista de números de referencia**

- |    |                                                       |
|----|-------------------------------------------------------|
| 4  | colector de admisión                                  |
| 25 | 5 colector de escape                                  |
|    | 7 turbocompresor de escape                            |
| 30 | 12 tubería de escape                                  |
|    | 13 catalizador de purificación de gases de escape     |
|    | 14 catalizador de purificación de producto intermedio |
| 35 | 15 válvula de alimentación de hidrocarburos           |

## REIVINDICACIONES

1. Método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna en el que un catalizador (13) de purificación de gases de escape está dispuesto en el interior de un conducto de escape del motor para hacer reaccionar el NO<sub>x</sub> contenido en los gases de escape e hidrocarburos reformados, una superficie de flujo de gases de escape del catalizador (13) de purificación de gases de escape porta un catalizador (51, 52) de metales preciosos y una parte (54) de superficie de flujo de gases de escape básica está formada alrededor del catalizador (51, 52) de metales preciosos, reduciendo el catalizador (13) de purificación de gases de escape el NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape si se hace vibrar una concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo y aumentando en cuanto a cantidad de almacenamiento de NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape si el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace más largo que el intervalo predeterminado, en el momento del funcionamiento del motor, para reducir el NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape en el catalizador (13) de purificación de gases de escape, caracterizado porque la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape se hace vibrar dentro de dicho intervalo predeterminado de amplitud y dentro de dicho intervalo predeterminado de periodo, en este momento, se expulsa un producto intermedio que contiene nitrógeno producido en un proceso de reducción de NO<sub>x</sub> desde el catalizador (13) de purificación de gases de escape, y se proporciona un catalizador (14) de purificación de producto intermedio para la eliminación del producto intermedio que contiene nitrógeno expulsado aguas abajo del catalizador (13) de purificación de gases de escape en el interior del conducto de escape del motor, en el que en el interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape, el NO<sub>x</sub> contenido en gases de escape e hidrocarburos reformados reaccionan para formar un producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos, el NO<sub>x</sub> se reduce por una acción de reducción del producto intermedio reductor producido, dicho producto intermedio que contiene nitrógeno se deriva del producto intermedio reductor, y dicho periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos es un periodo de vibración requerido para la producción continuada del producto intermedio reductor.
2. Método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que un portador de catalizador de dicho catalizador (14) de purificación de producto intermedio porta un metal con una fuerza de oxidación menor que un metal precioso.
3. Método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 2, en el que el metal que porta el portador de catalizador de dicho catalizador (14) de purificación de producto intermedio es al menos un metal de transición seleccionado de plata Ag, cobre Cu, hierro Fe, vanadio V, molibdeno Mo, cobalto Co, níquel Ni, y manganeso Mn.
4. Método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 2, en el que el portador de catalizador de dicho catalizador (14) de purificación de producto intermedio está compuesto por alúmina.
5. Método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 2, en el que el portador de catalizador de dicho catalizador (14) de purificación de producto intermedio está compuesto por zeolita, además de dicho producto intermedio que contiene nitrógeno, sulfuro de hidrógeno H<sub>2</sub>S que se expulsa desde el catalizador (13) de purificación de gases de escape se elimina en el catalizador (14) de purificación de producto intermedio, y amoniaco NH<sub>3</sub> que se expulsa desde el catalizador (13) de purificación de gases de escape se adsorbe en el catalizador (14) de purificación de producto intermedio.
6. Método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que dicho producto intermedio que contiene nitrógeno está compuesto principalmente por hidroxilamina NH<sub>2</sub>OH.
7. Método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que a dicho catalizador (14) de purificación de producto intermedio se le proporciona una función de adsorción de NO<sub>x</sub>.
8. Método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 7, en el que el portador de catalizador de dicho catalizador (14) de purificación de producto intermedio está compuesto por alúmina, el portador de catalizador porta plata Ag, dicho producto intermedio que contiene nitrógeno se elimina en una parte de lado aguas arriba de dicho catalizador (14) de purificación de producto intermedio, y una cantidad portada de plata Ag en una parte de lado aguas abajo de dicho catalizador (14) de purificación de producto intermedio se hace mayor que la

cantidad portada de plata Ag en la parte de lado aguas arriba de modo que a la parte de lado aguas abajo se le proporciona una función de adsorción de NO<sub>x</sub>.

- 5 9. Método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 7, en el que al menos dos capas de recubrimiento que incluyen un portador de catalizador compuesto por alúmina y plata Ag portada sobre dicho portador de catalizador Ag, se forman sobre un sustrato de dicho catalizador (14) de purificación de producto intermedio, dicho producto intermedio que contiene nitrógeno se elimina en dicha capa de recubrimiento superior, y una cantidad portada de plata Ag en la capa de recubrimiento inferior se hace mayor que una cantidad portada de plata Ag en la capa de recubrimiento superior de modo que la capa de recubrimiento inferior tiene una acción de adsorción de NO<sub>x</sub>.
- 10 10. Método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que un catalizador (66) de hidrólisis está dispuesto entre el catalizador (13) de purificación de gases de escape y el catalizador (14) de purificación de producto intermedio y en el que dicho producto intermedio que contiene nitrógeno se elimina en dicho catalizador (14) de purificación de producto intermedio utilizando una acción de hidrólisis por parte de dicho catalizador (66) de hidrólisis.
- 15 11. Método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que dicho periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos está entre 0,3 segundos y 5 segundos.
- 20 12. Método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 11, en el que el intervalo predeterminado de la amplitud de dicha concentración de hidrocarburos es de 200 ppm a 10000 ppm.
- 25 13. Método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que dicho catalizador (51, 52) de metales preciosos está compuesto por platino Pt y al menos uno de rodio Rh y paladio Pd.
- 30 14. Método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que una capa (53) básica que contiene un metal alcalino, un metal alcalinotérreo, una tierra rara o un metal que puede donar electrones al NO<sub>x</sub> está formada en la superficie de flujo de gases de escape del catalizador (13) de purificación de gases de escape y en el que la superficie de dicha capa (53) básica forma dicha parte (54) de superficie de flujo de gases de escape básica.
- 35

Fig.1

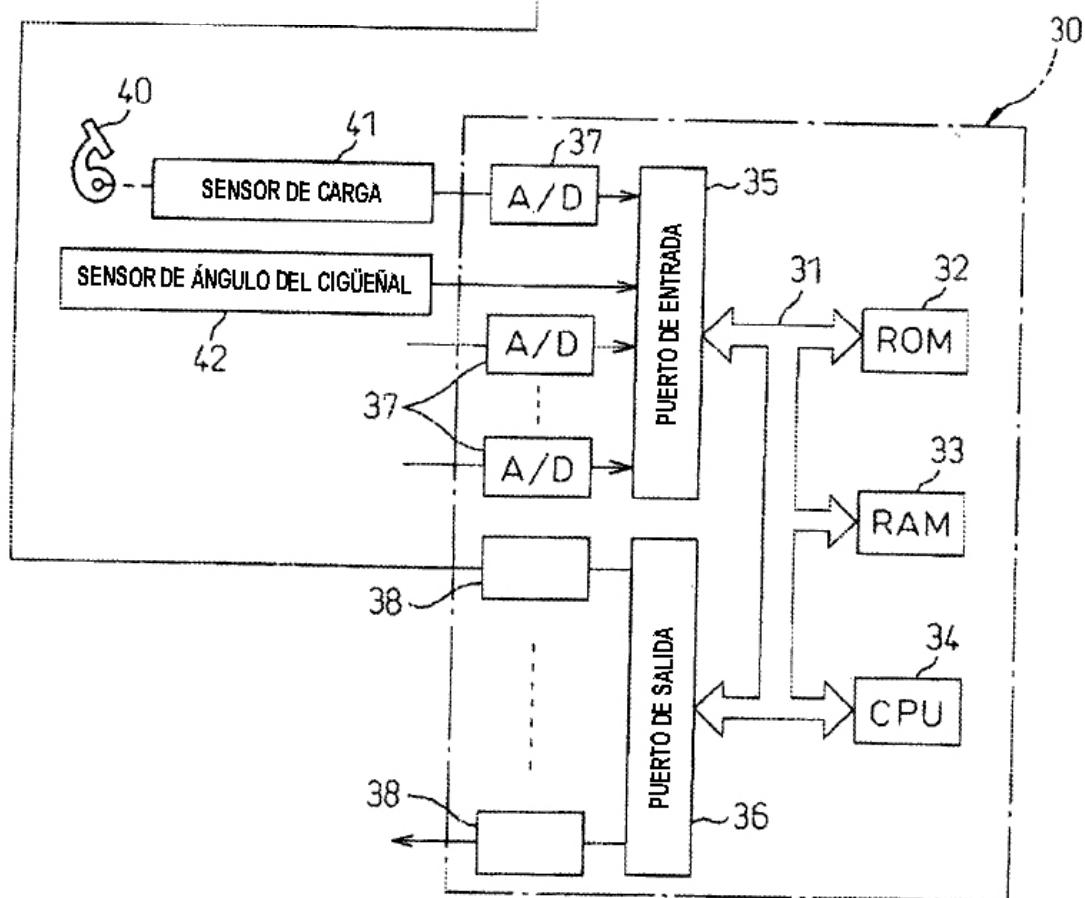
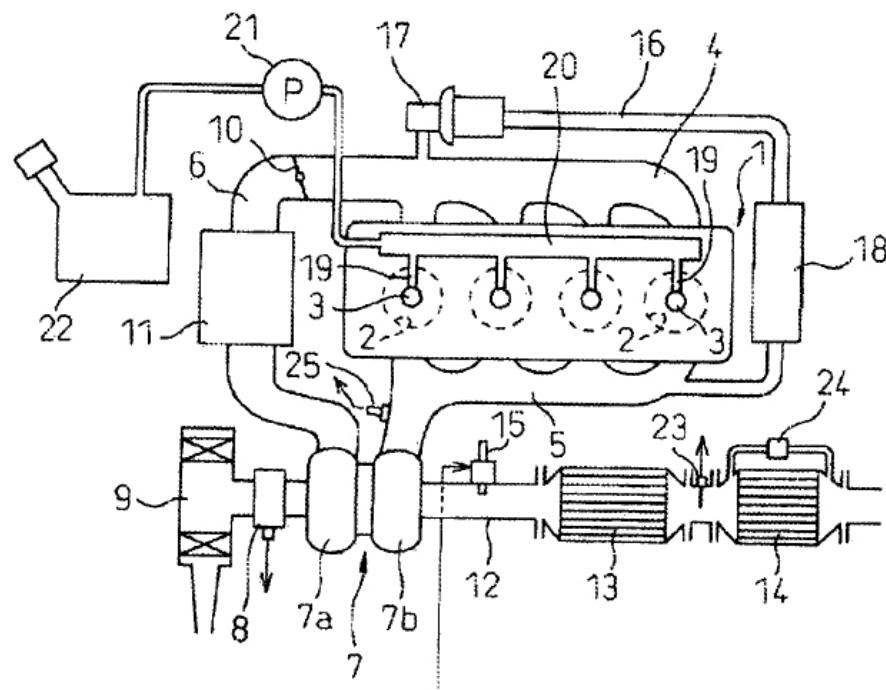


Fig. 2

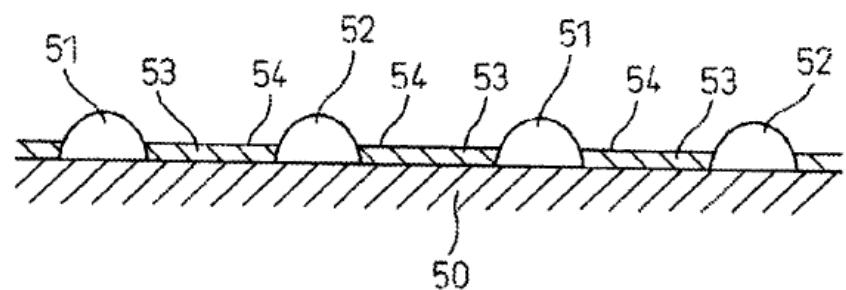


Fig. 3

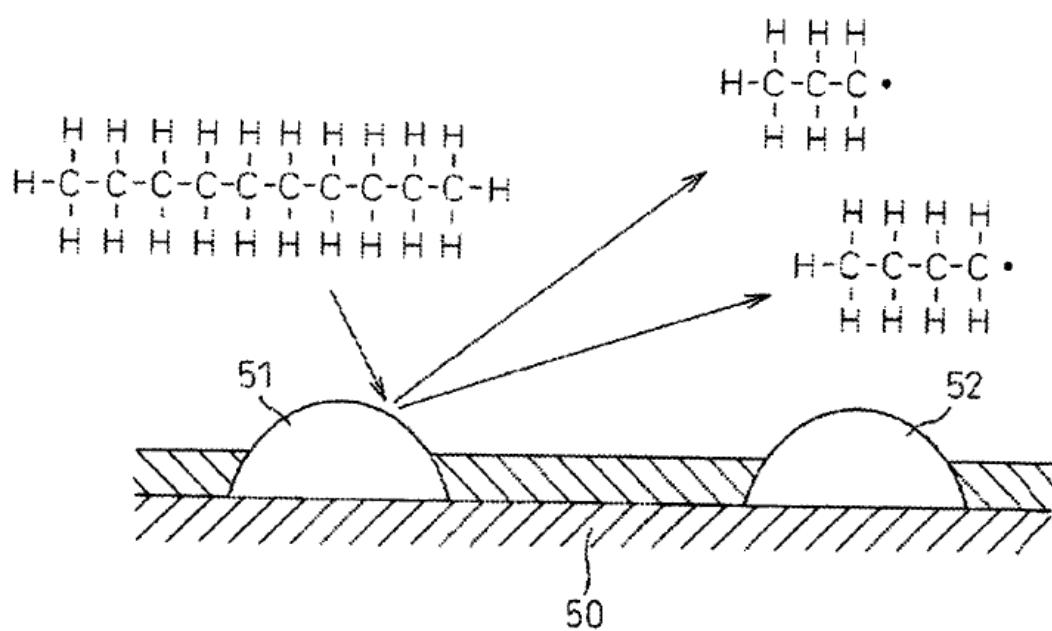


Fig.4

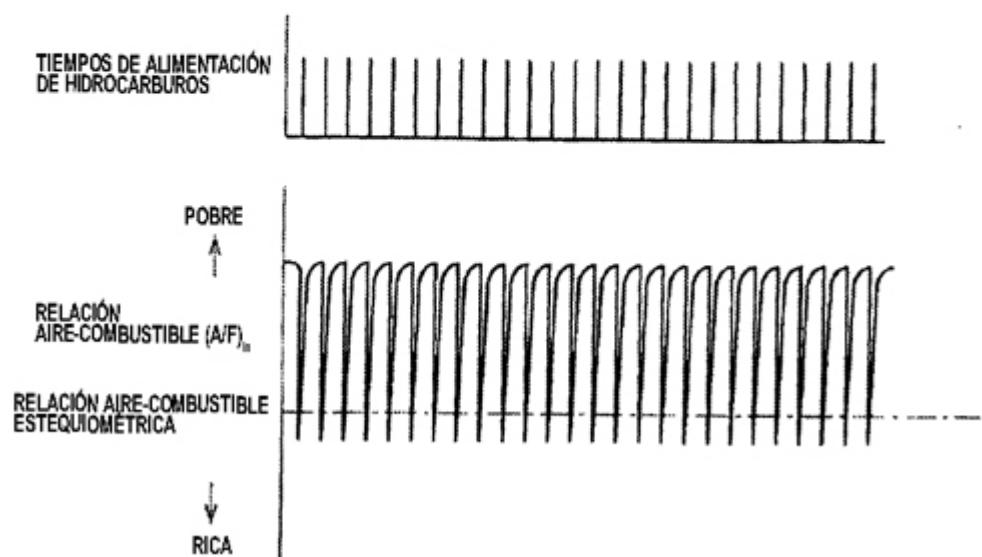


Fig.5

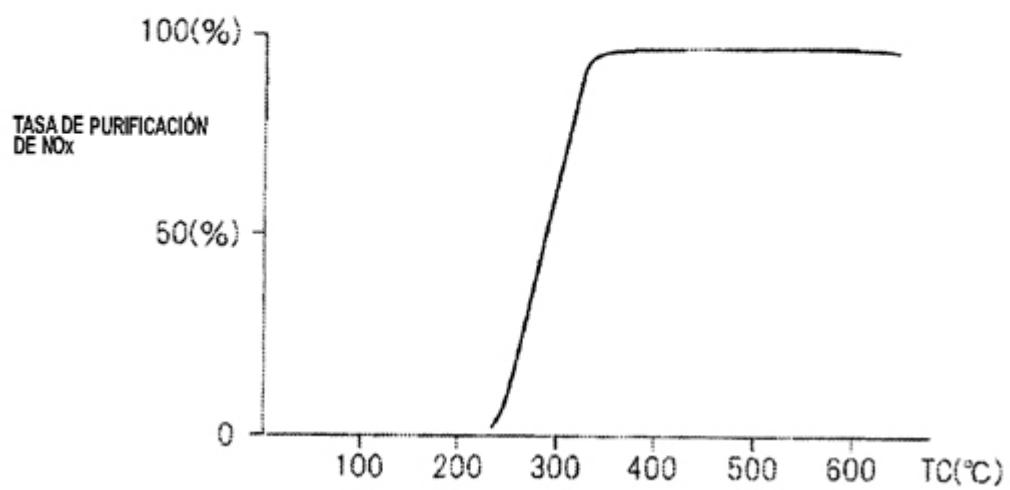


Fig. 6A

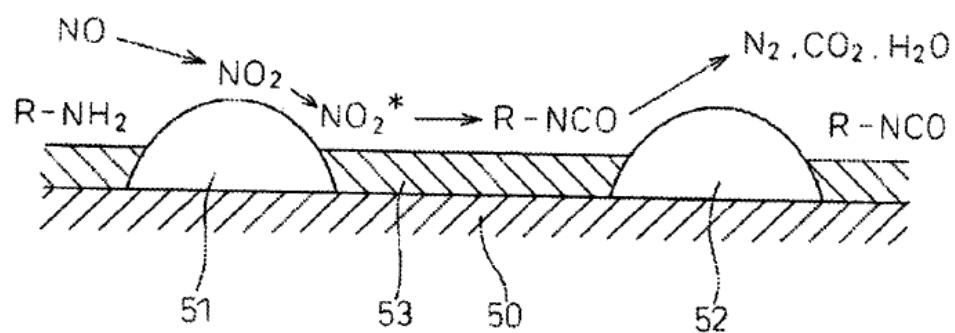


Fig. 6B

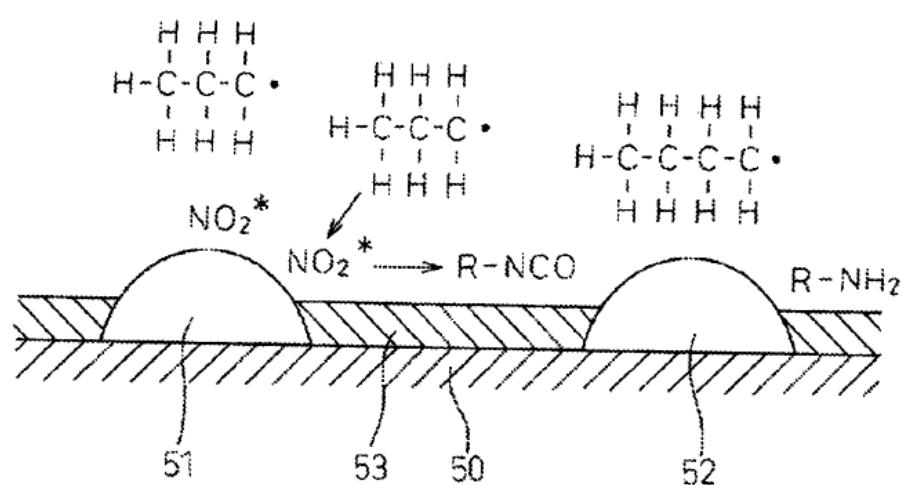


Fig. 7A

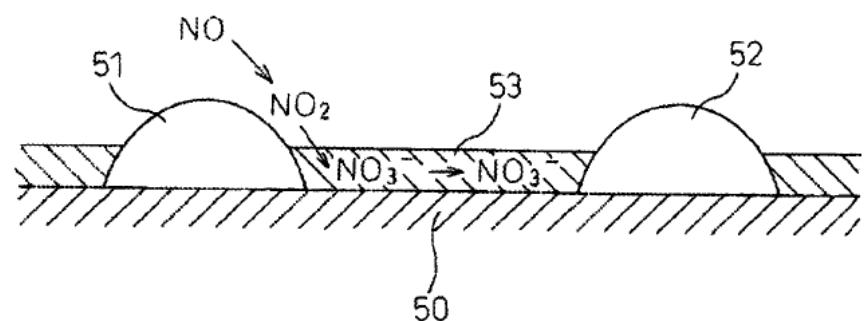


Fig. 7B

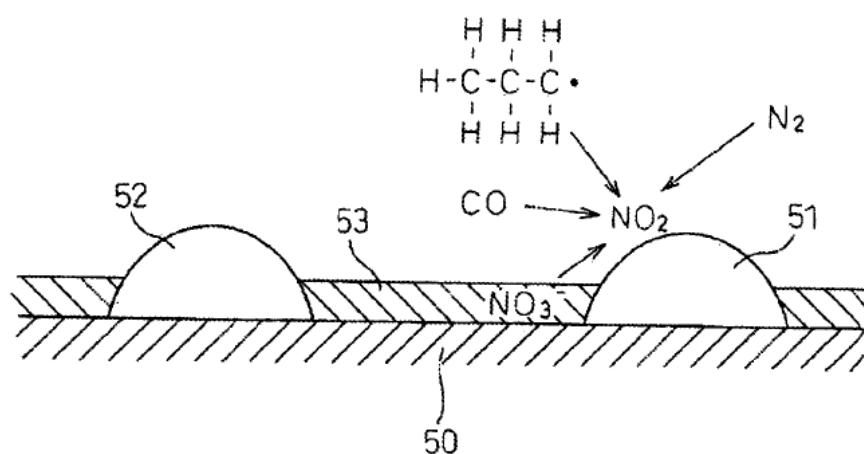


Fig.8

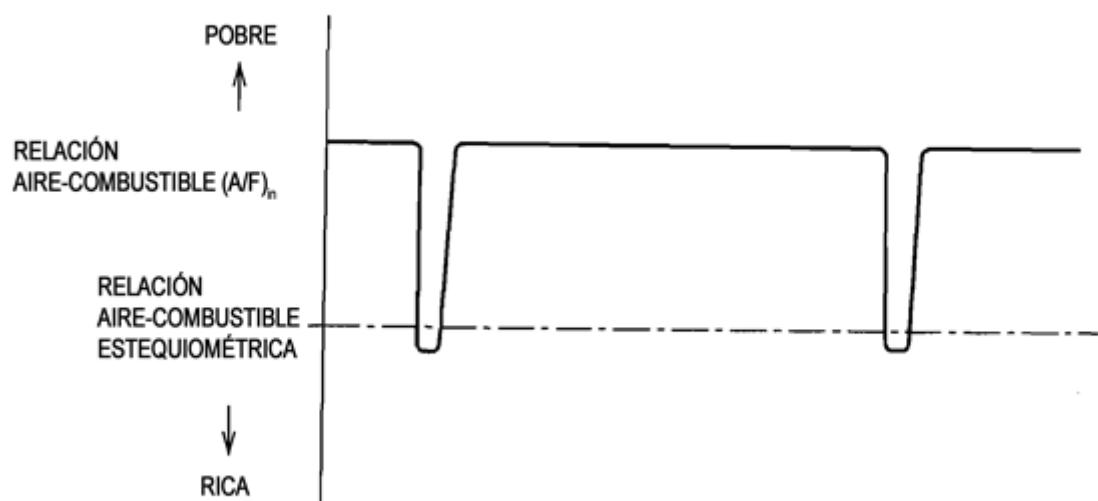


Fig.9

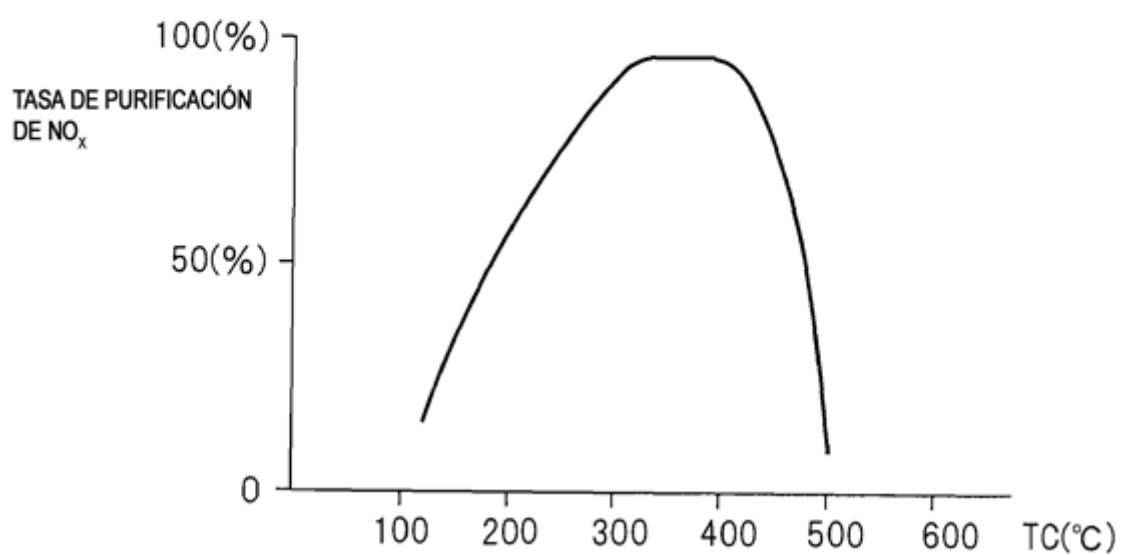


Fig.10

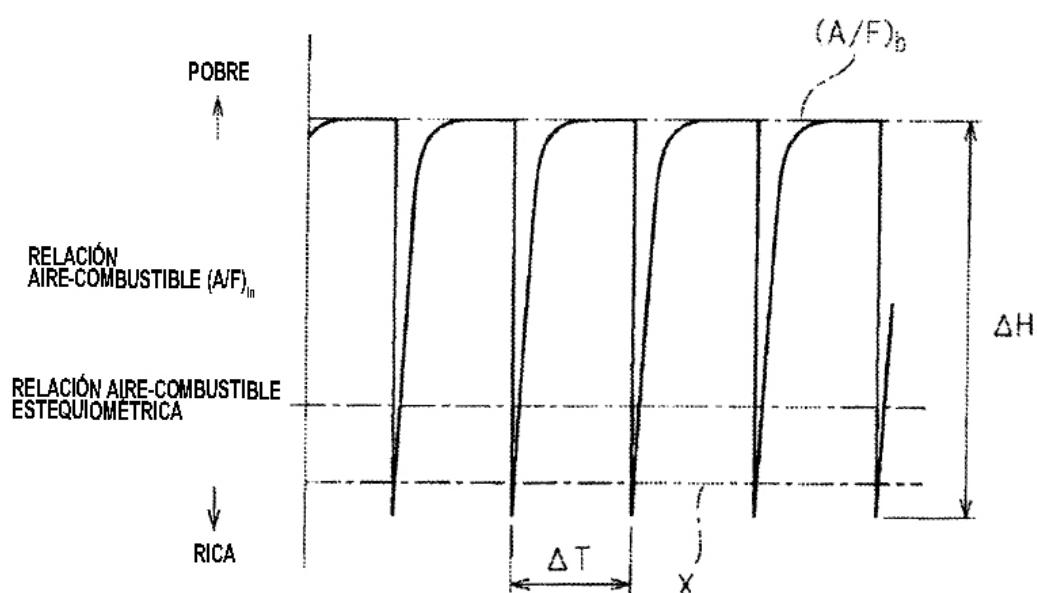


Fig.11

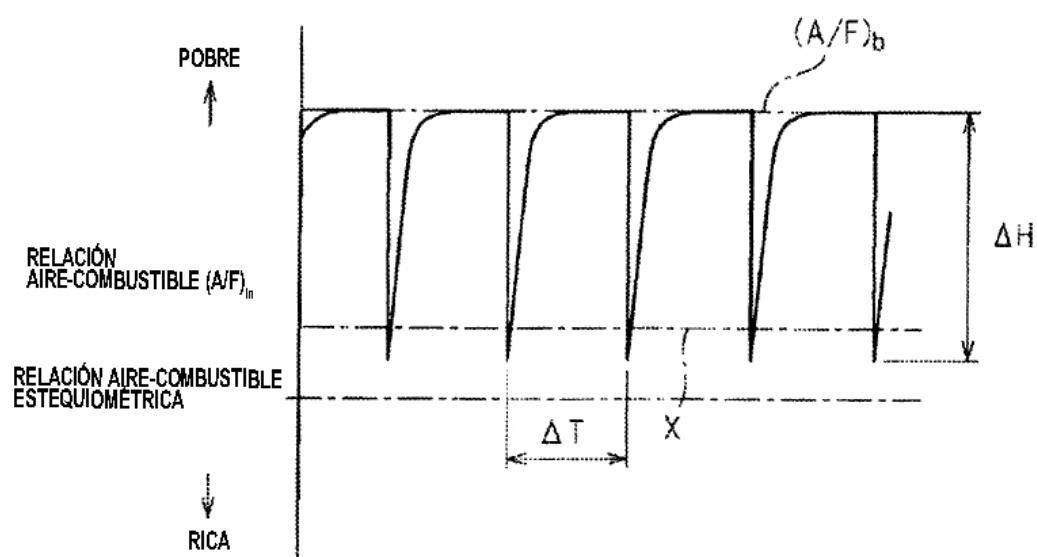


Fig.12

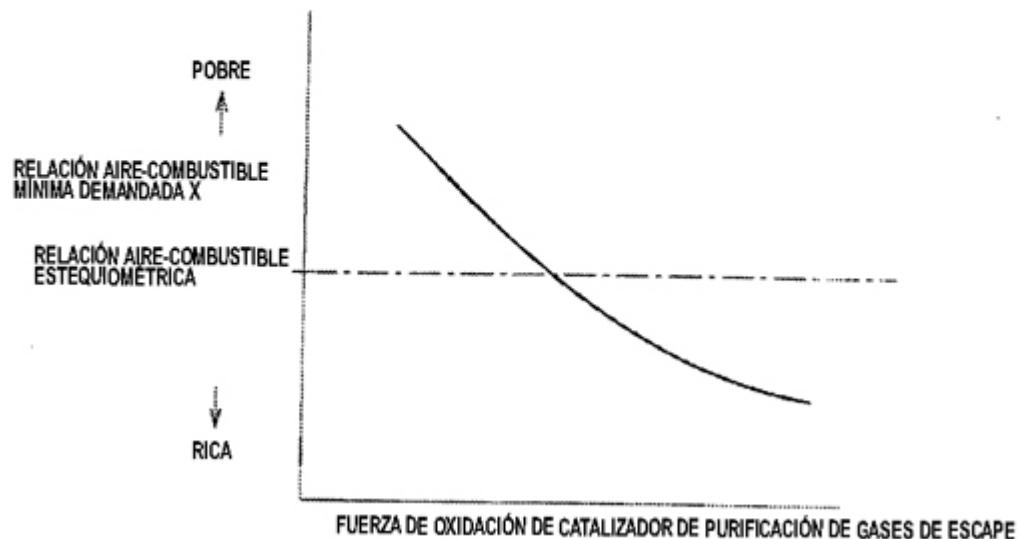


Fig.13

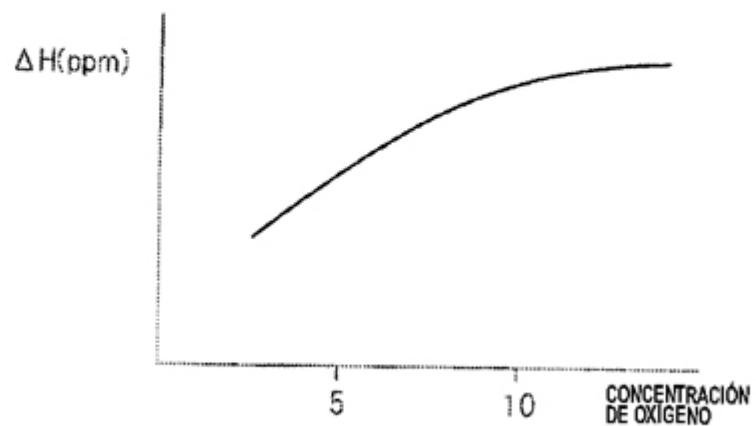


Fig.14

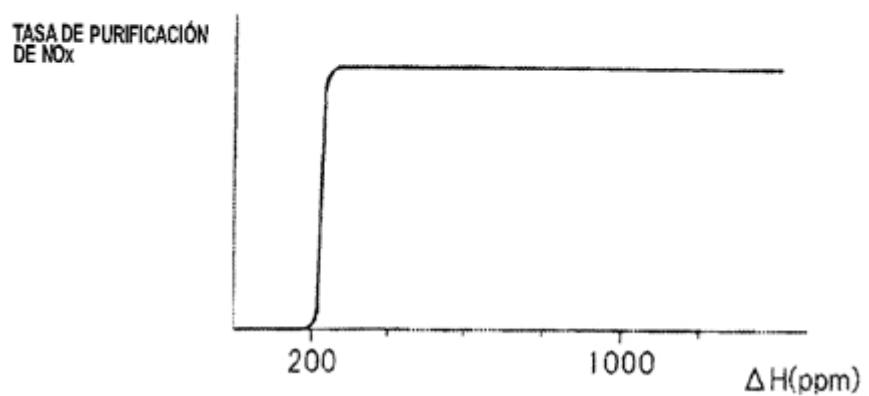


Fig.15

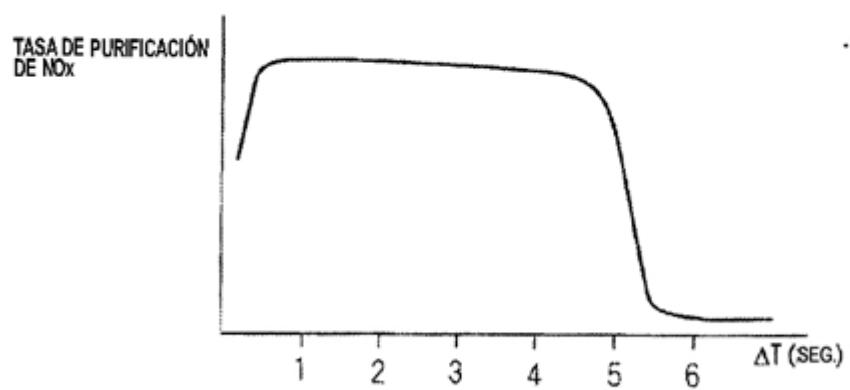


Fig.16

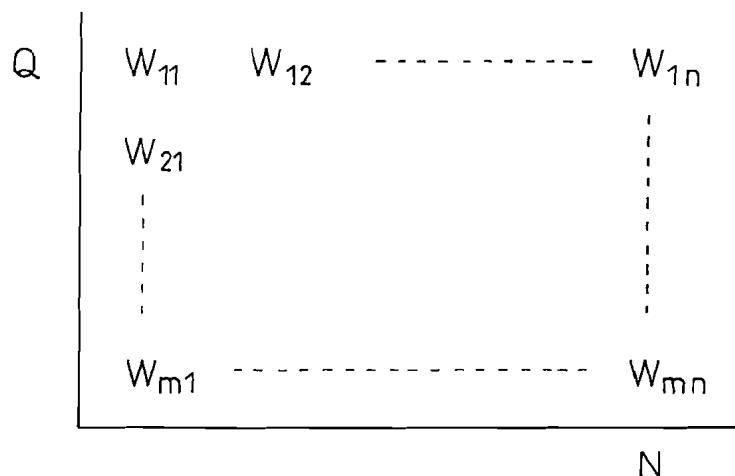


Fig.17

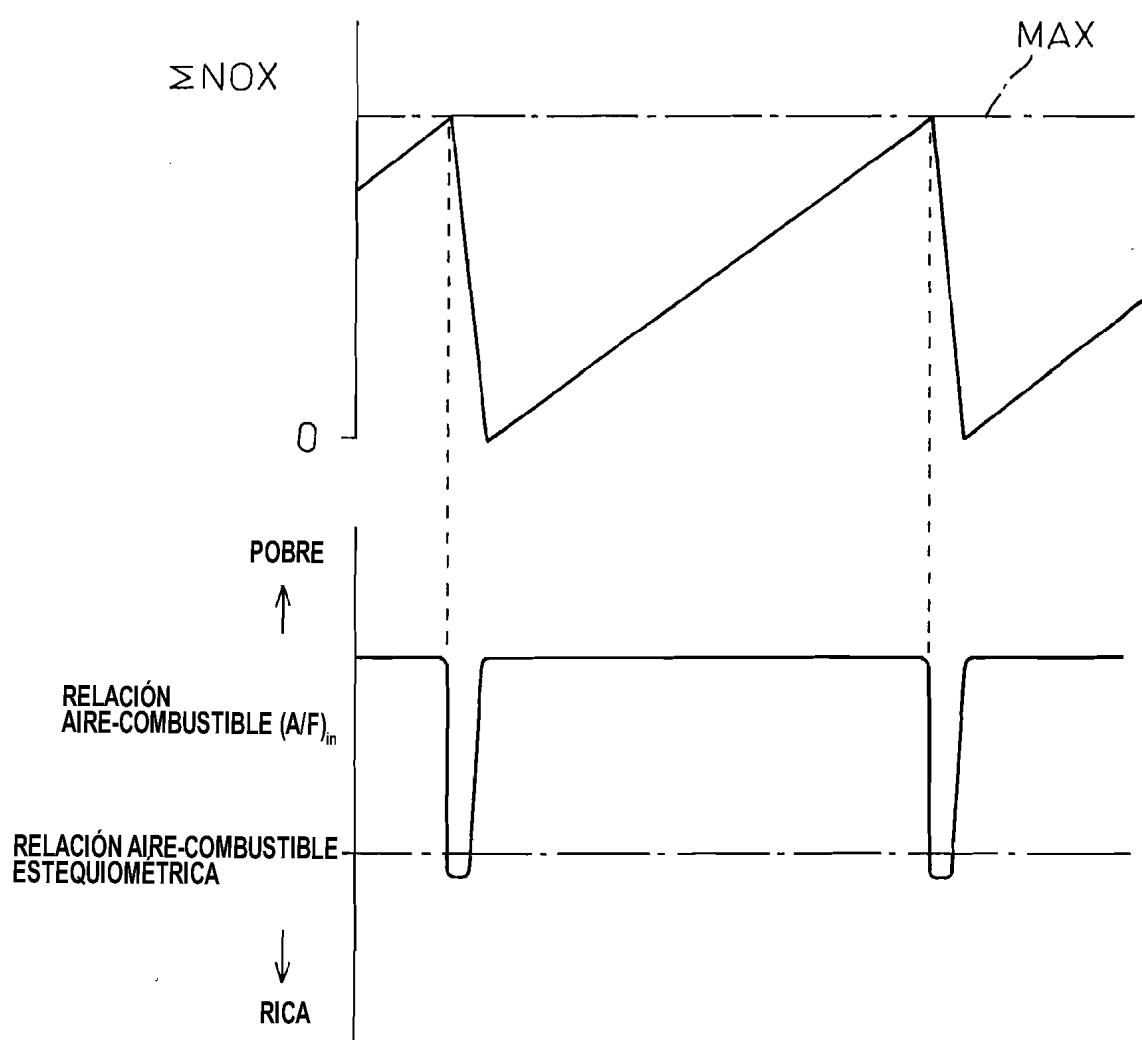


Fig.18

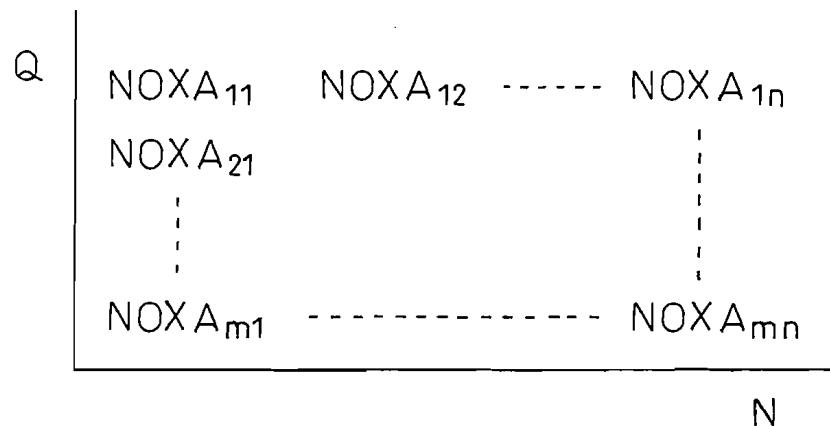


Fig.19

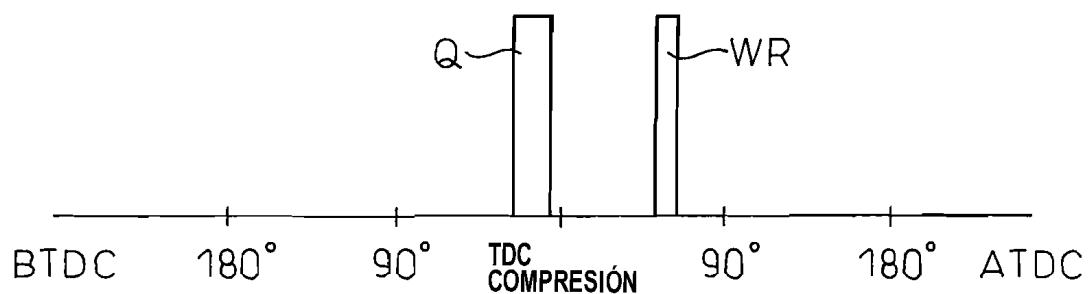


Fig.20

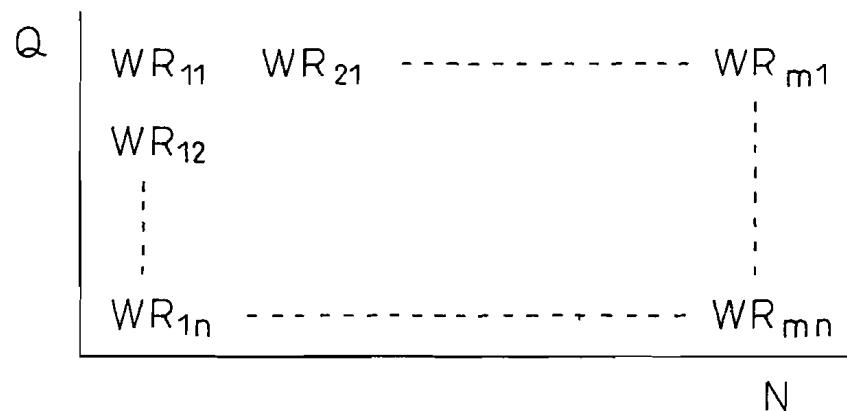


Fig. 21

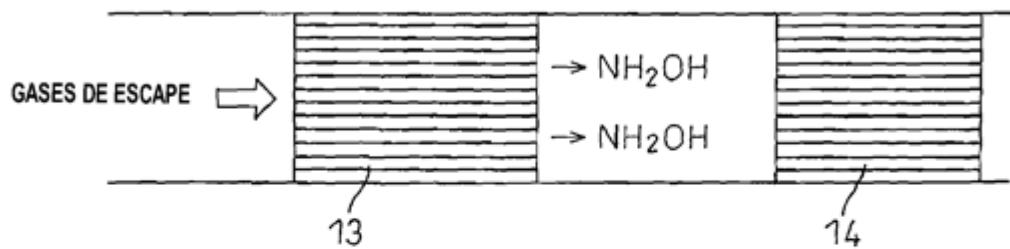


Fig. 22

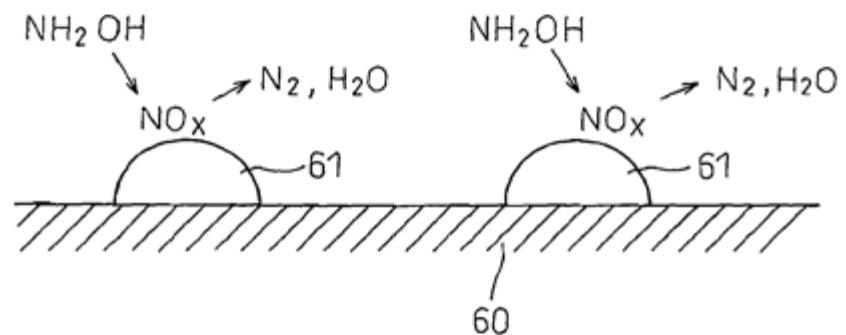


Fig. 23

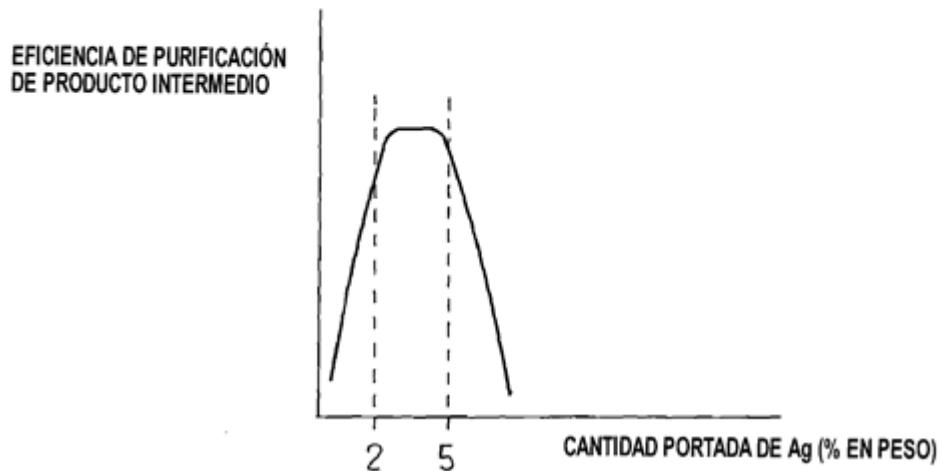


Fig.24

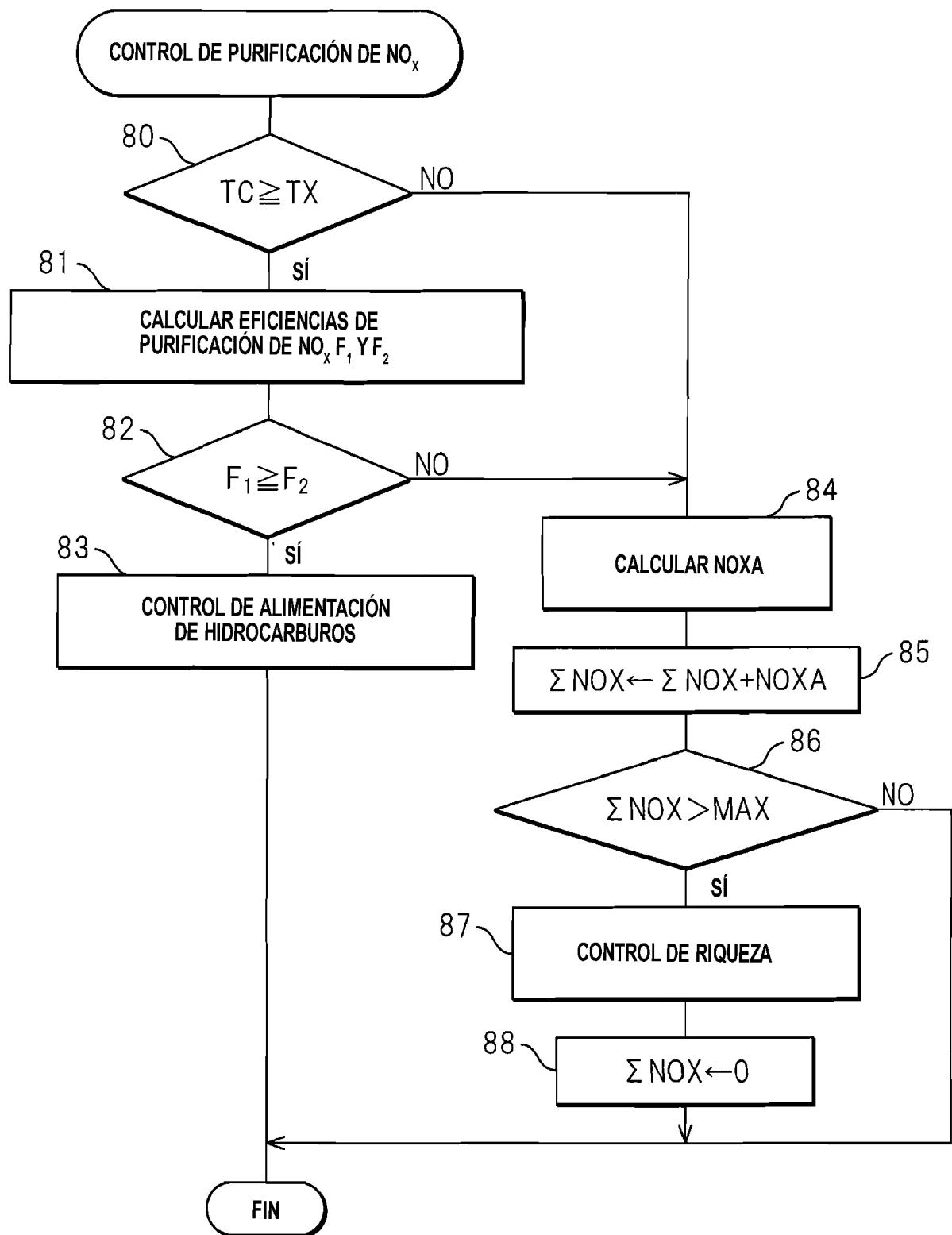


Fig.25

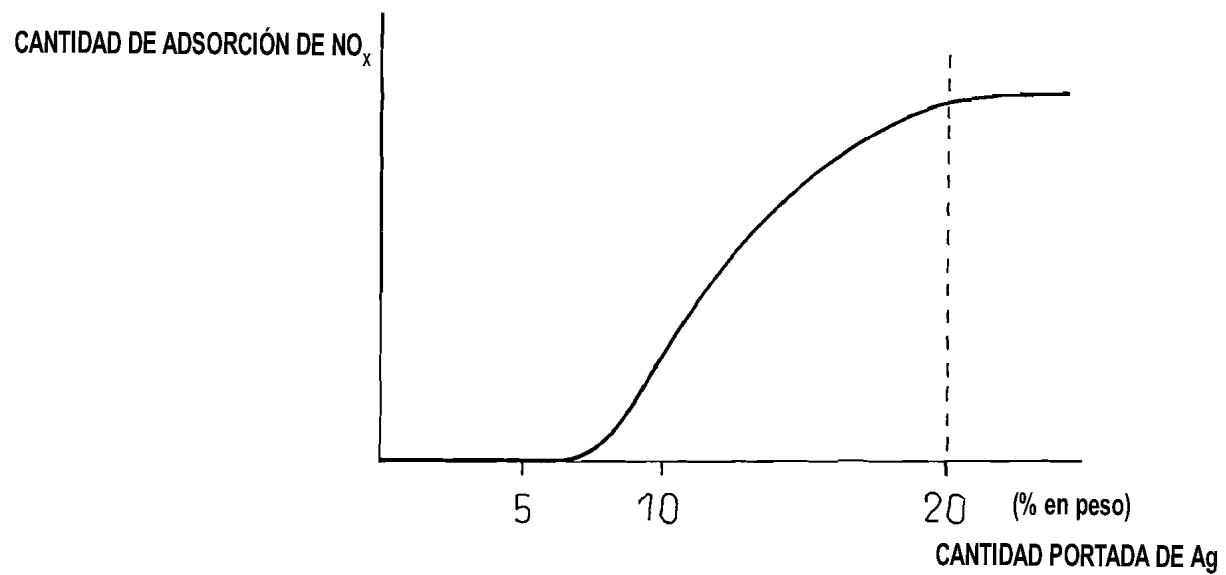


Fig.26

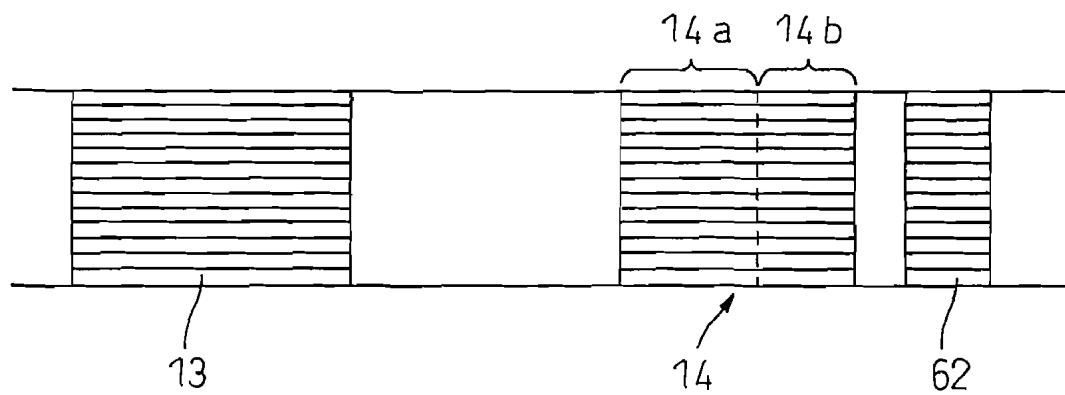


Fig.27A

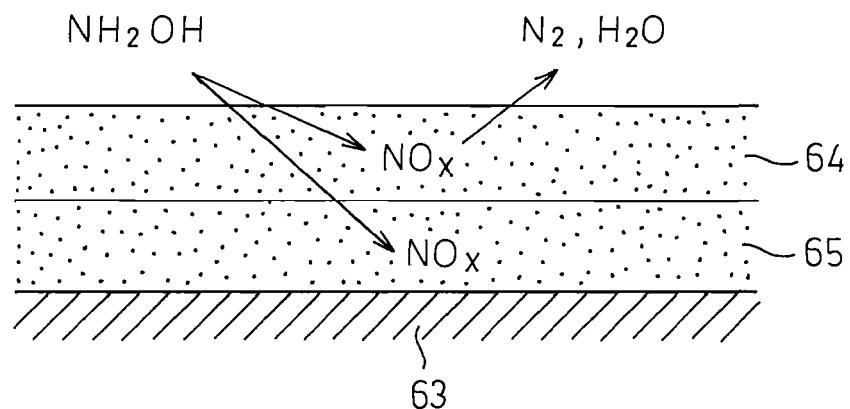


Fig.27B

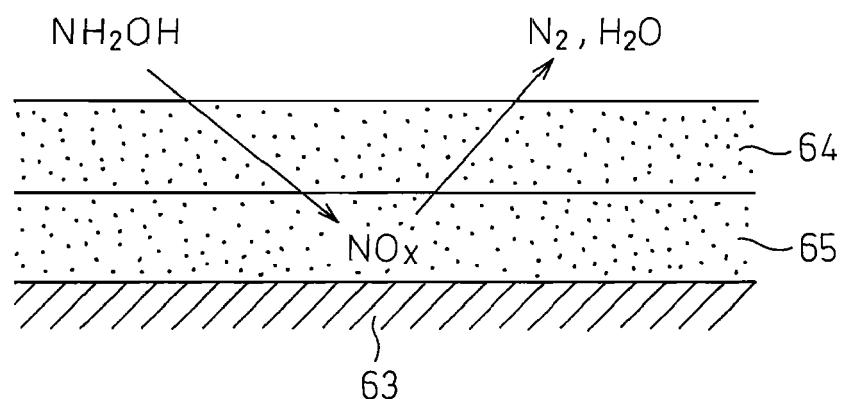


Fig.28

