

REPUBLICA DE COLOMBIA



SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 14-132579- -00000-0000

Fecha: 2014-06-18 16:13:24 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR  
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII  
Act. 411 PRESENTACION Folios 6 6

# PATENTE DE INVENCION

EXPEDIENTE No. \_\_\_\_\_

Contiene los documentos relativos a la solicitud de Patente de:

Título: DISPOSITIVO Y PROCEDIMIENTO PARA LA ELIMINACIÓN DE NOX Y N2O

Solicitante: THYSSENKRUPP INDUSTRIAL SOLUTIONS AG

De ESSEN, ALEMANIA

Apoderado: MAURICIO JARAMILLO C.

Bogotá, D.C., Junio de 2014

WF- 7548



Fecha: 2014-06-18 16:13:24 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR  
Tra. 11 PATENTEIIII Eve: 379 FASENACIONALII  
Act. 411 PRESENTACION Folios: 6

DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES  
SOLICITUD FASE NACIONAL -PCT

|                                                                                                               |                                                                                                                                               |                                                                                                 |                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                             | TIPO DE SOLICITUD                                                                                                                             | <input checked="" type="checkbox"/> Patente de invención<br><input type="checkbox"/> Capítulo I | <input type="checkbox"/> Patente de Modelo de Utilidad<br><input checked="" type="checkbox"/> Capítulo II |
| 2                                                                                                             | DATOS SOLICITUD INTERNACIONAL PCT (86)                                                                                                        |                                                                                                 |                                                                                                           |
| Solicitud Internacional No.                                                                                   |                                                                                                                                               | PCT/EP2012/005082                                                                               | Fecha 08/12/2012                                                                                          |
| Publicación Internacional No.                                                                                 |                                                                                                                                               | WO2013087181                                                                                    | Fecha 20/06/2013                                                                                          |
| 3                                                                                                             | TÍTULO DE LA INVENCION (200 caracteres o espacios máximos)                                                                                    |                                                                                                 |                                                                                                           |
| DISPOSITIVO Y PROCEDIMIENTO PARA LA ELIMINACIÓN DE NO <sub>x</sub> Y N <sub>2</sub> O                         |                                                                                                                                               |                                                                                                 |                                                                                                           |
| 4                                                                                                             | CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL (CIP)                                                                                                             |                                                                                                 |                                                                                                           |
| B01D 53/86 (2006.01)                                                                                          |                                                                                                                                               |                                                                                                 |                                                                                                           |
| 5                                                                                                             | SOLICITANTE (S) <input type="checkbox"/> Esta persona también es inventor. Para datos adicionales utilizar hoja de información complementaria |                                                                                                 |                                                                                                           |
| APELLIDOS O RAZÓN SOCIAL NOMBRE IDENTIFICACIÓN TIPO                                                           |                                                                                                                                               |                                                                                                 |                                                                                                           |
| 1. THYSSENKRUPP INDUSTRIAL SOLUTIONS AG                                                                       |                                                                                                                                               |                                                                                                 |                                                                                                           |
| 6                                                                                                             | DATOS DEL SOLICITANTE                                                                                                                         |                                                                                                 |                                                                                                           |
| DIRECCIÓN                                                                                                     |                                                                                                                                               | ThyssenKrupp Allee 1, 45143                                                                     | No. TELÉFONO                                                                                              |
| CIUDAD                                                                                                        |                                                                                                                                               | Essen                                                                                           | CORREO ELECTRÓNICO                                                                                        |
| DEPARTAMENTO/ESTADO                                                                                           |                                                                                                                                               |                                                                                                 | NACIONALIDAD O                                                                                            |
| PAÍS DE RESIDENCIA                                                                                            |                                                                                                                                               | Alemania                                                                                        | LUGAR DE CONSTITUCIÓN                                                                                     |
|                                                                                                               |                                                                                                                                               |                                                                                                 | Alemania                                                                                                  |
| 7                                                                                                             | INVENTOR (ES) Para datos adicionales utilizar hoja de información complementaria                                                              |                                                                                                 |                                                                                                           |
| APELLIDOS                                                                                                     |                                                                                                                                               | NOMBRES                                                                                         | NACIONALIDAD                                                                                              |
| 1. SCHWEFER                                                                                                   |                                                                                                                                               | Meinhard                                                                                        | Alemania                                                                                                  |
| 2. SIEFERT                                                                                                    |                                                                                                                                               | Rolf                                                                                            | Alemania                                                                                                  |
| 3. PINNOW                                                                                                     |                                                                                                                                               | Stefan                                                                                          | Alemania                                                                                                  |
| 4.                                                                                                            |                                                                                                                                               |                                                                                                 |                                                                                                           |
| 5.                                                                                                            |                                                                                                                                               |                                                                                                 |                                                                                                           |
| DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO:                                                                              |                                                                                                                                               |                                                                                                 |                                                                                                           |
| 8                                                                                                             | DATOS INVENTOR (ES)                                                                                                                           |                                                                                                 |                                                                                                           |
| PAÍS RESIDENCIA                                                                                               |                                                                                                                                               | DEPARTAMENTO/ESTADO                                                                             | CIUDAD                                                                                                    |
| 1.Alemania                                                                                                    |                                                                                                                                               |                                                                                                 | Meschede                                                                                                  |
| 2.Alemania                                                                                                    |                                                                                                                                               |                                                                                                 | Rheda-Wiedenbrück                                                                                         |
| 3.Alemania                                                                                                    |                                                                                                                                               |                                                                                                 | Elsdorf                                                                                                   |
| 4.                                                                                                            |                                                                                                                                               |                                                                                                 |                                                                                                           |
| 5.                                                                                                            |                                                                                                                                               |                                                                                                 |                                                                                                           |
| DIRECCIÓN                                                                                                     |                                                                                                                                               |                                                                                                 |                                                                                                           |
|                                                                                                               |                                                                                                                                               |                                                                                                 | Auf'm Ufer 10, 59872                                                                                      |
|                                                                                                               |                                                                                                                                               |                                                                                                 | Wartenbergstraße 18, 33378                                                                                |
|                                                                                                               |                                                                                                                                               |                                                                                                 | Bussardweg 29, 50189                                                                                      |
| OTRO(S) SOLICITANTE(S) Y/O (OTRO(S)) INVENTOR(ES)                                                             |                                                                                                                                               |                                                                                                 |                                                                                                           |
| <input type="checkbox"/> Los demás solicitantes y/o (demás) inventores se indican en una hoja a continuación. |                                                                                                                                               |                                                                                                 |                                                                                                           |
| 9                                                                                                             | <input type="checkbox"/> REPRESENTANTE LEGAL <input checked="" type="checkbox"/> APODERADO                                                    |                                                                                                 |                                                                                                           |
| APELLIDOS                                                                                                     |                                                                                                                                               | NOMBRES                                                                                         | IDENTIFICACIÓN                                                                                            |
| JARAMILLO CAMPUZANO                                                                                           |                                                                                                                                               | MAURICIO                                                                                        | C.C.80.421.942 T.P.74.555                                                                                 |
| DIRECCIÓN                                                                                                     |                                                                                                                                               | Calle 67 NO. 7 – 35, oficina 1204                                                               | No. TELÉFONO 3192900                                                                                      |
| CIUDAD                                                                                                        |                                                                                                                                               | Bogotá D.C.                                                                                     | CORREO ELECTRÓNICO jbenoit@gpzlegal.com                                                                   |
| PAÍS                                                                                                          |                                                                                                                                               | Colombia                                                                                        | No. RADICACIÓN DE PROTOCOLO DE PODER GENERAL 14-33914                                                     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |                   |                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------|
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>DECLARACIONES DE PRIORIDAD</b> <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO                                                                                              |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| (33) PAÍS DE ORIGEN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                   | CÓDIGO PAÍS                                                                                                                                                | (31) NÚMERO       | (32) FECHA (AAAA/MM/DD) |
| 1. Alemania                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                   | DE                                                                                                                                                         | 10 2011 121 188.1 | 2011/12/16              |
| 2.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| 3.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| 11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>DECLARACIÓN SOBRE USO DE RECURSOS GENÉTICOS O BIOLÓGICOS</b>                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| <i>Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente fue obtenido a partir de recursos genéticos o biológicos de los que cualquiera de los países miembros de la Comunidad Andina es país de origen.</i>                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| <b>Nota:</b> En caso afirmativo deberá anexar copia del contrato de acceso de recursos genéticos o productos derivados, o certificado o número de registro, expedido por la Autoridad competente.                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| 12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>DECLARACIÓN SOBRE USO DE CONOCIMIENTOS TRADICIONALES</b>                                                                                                                                       |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| <i>Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente fue obtenido a partir de conocimientos tradicionales de comunidades indígenas, afroamericanas o locales de países miembros de la Comunidad Andina.</i>                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| <b>Nota:</b> En caso afirmativo deberá anexar la licencia o autorización de uso de conocimiento tradicional, o certificado, o número de registro expedido por la Autoridad competente.                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| 13                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>REDUCCIÓN DE TASAS</b>                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| <i>Declaro que carezco de medios económicos para presentar la solicitud de patente.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| <b>Nota:</b> En caso de ser persona natural y carecer de medios económicos, y por lo tanto, aplique la reducción de tasas a que se refiere la resolución vigente en tarifas, debe firmar la presente solicitud bajo la gravedad de juramento.                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| Micro, pequeñas y medianas empresas <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| Universidades públicas o privadas <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| Entidades sin ánimo de lucro <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| <b>Debe aportar los documentos que se indican en el numeral 17 de anexos</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| 14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>AUTORIZACIÓN DE NOTIFICACIÓN EN LÍNEA</b> <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO                                                                                   |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| Manifiesto que he leído y entendido perfectamente los términos y condiciones de uso de medios electrónicos para las notificaciones en línea a través de Internet de los actos administrativos proferidos por la Superintendencia de Industria y Comercio que deben ser notificados personalmente y, en consecuencia, autorizo el servicio de notificación a través de internet. |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| 15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>COMPROBANTE DE PAGO O PAGO ELECTRÓNICO</b>                                                                                                                                                     | N°                                                                                                                                                         | Fecha             |                         |
| 16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>FIRMA DEL SOLICITANTE, DEL APODERADO O DEL REPRESENTANTE LEGAL</b><br><i>Junto a cada firma, indicar el nombre del firmante y su calidad (si tal calidad no es obvia al leer el petitorio)</i> |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| <div></div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| 17                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>ANEXOS</b>                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                            |                   |                         |
| <b>Documentación Técnica</b><br><b>Solicitud Internacional en castellano</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                   | <b>Documentación Jurídica</b>                                                                                                                              |                   |                         |
| 1. X Descripción                      N° de folios: 51                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                   | 9. X Poderes, si fuera el caso. <b>Exp. No. 14-33914</b>                                                                                                   |                   |                         |
| 2. X Reivindicaciones                N° Reivindicaciones: 18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                   | 10. <input type="checkbox"/> Documento que legalmente pruebe la cesión del inventor al solicitante o a su causante.                                        |                   |                         |
| 3. X Dibujos y/o figuras                N° folios: 11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                   | 11. <input type="checkbox"/> Copia del contrato de acceso de recursos genéticos o productos derivados, certificado o número de registro, si fuera el caso. |                   |                         |
| 4. X Resumen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                   | 12. <input type="checkbox"/> Copia de la licencia o autorización de Conocimientos Tradicionales, certificado o número de registro, si fuera el caso.       |                   |                         |
| 5. <input type="checkbox"/> Certificado de depósito de material biológico si fuera el caso.                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                   | 13. <b>Reducción de tasas</b>                                                                                                                              |                   |                         |
| 6. <input type="checkbox"/> Listado de secuencias de nucleótidos y/o aminoácidos en forma digital si fuera el caso.                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                   | <b>Micro, pequeñas o medianas empresas</b>                                                                                                                 |                   |                         |
| 7. <input type="checkbox"/> Arte final 12 x 12.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                   | <input type="checkbox"/> Copia simple de la declaración de renta del año inmediatamente anterior, o en su defecto prueba documental idónea.                |                   |                         |
| 8. <input type="checkbox"/> Anexo formato digital.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                   | <input type="checkbox"/> Documento de constancia de cumplimiento con lo establecido en la ley 905 de 2004.                                                 |                   |                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                   | <b>Universidades públicas o privadas</b>                                                                                                                   |                   |                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                   | <input type="checkbox"/> Copia acto de reconocimiento institucional emitido por el Ministerio de Educación                                                 |                   |                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                   | <b>Entidades sin ánimo de lucro</b>                                                                                                                        |                   |                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                   | <input type="checkbox"/> Copia de registro vigente en Cámara de comercio.                                                                                  |                   |                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                   | <input type="checkbox"/> Hoja de información complementaria.                                                                                               |                   |                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                   | <input type="checkbox"/> Otros, especificar                                                                                                                |                   |                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                   | 14. X Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud.                                                                                      |                   |                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                   | 15. <input type="checkbox"/> Comprobante de pago por reivindicación de prioridad.                                                                          |                   |                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                   | 16. <input type="checkbox"/> Comprobante de pago de la tasa por concepto de excedente de palabras en la publicación.                                       |                   |                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                   | 17. X Comprobante de pago por reivindicación adicional a 10.                                                                                               |                   |                         |



|                                                                                                                                                              |  |                                                                      |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Industria y Comercio</b><br>SUPERINTENDENCIA                                                                                                              |  | PLANILLA DE RADICACIÓN - DIGITALIZACIÓN DIARIA<br>RELACIÓN DE ANEXOS |            |
| Dependencia: 2070                                                                                                                                            |  | Fecha: 14/6/18<br>AAAA MM DD                                         | Recorrido: |
| Tipo de Radicación: Entrada: <input type="checkbox"/> Salida: <input type="checkbox"/> Traslado: <input type="checkbox"/> Convenio: <input type="checkbox"/> |  |                                                                      |            |
| Radicator:                                                                                                                                                   |  |                                                                      | Planilla:  |

| ID | No. Radicación | Consecutivo | Item |
|----|----------------|-------------|------|
| 1  | 14-132579      | 0           | 7    |
| 2  |                |             |      |
| 3  |                |             |      |
| 4  |                |             |      |
| 5  |                |             |      |
| 6  |                |             |      |
| 7  |                |             |      |
| 8  |                |             |      |
| 9  |                |             |      |
| 10 |                |             |      |
| 11 |                |             |      |
| 12 |                |             |      |
| 13 |                |             |      |
| 14 |                |             |      |
| 15 |                |             |      |
| 16 |                |             |      |
| 17 |                |             |      |

| Item | Unidad de Conservación |
|------|------------------------|
| 1    | Bolsa                  |
| 2    | Caja                   |
| 3    | Libro                  |
| 4    | Sobre                  |
| 5    | Tomo                   |
| 6    | Otro                   |
| Item | Soporte Documental     |
| 7    | CD $\alpha$            |
| 8    | Disquete               |
| 9    | DVD                    |
| 10   | Folleto                |
| 11   | Foto                   |
| 12   | Periódico              |
| 13   | Plano                  |
| 14   | Publicación Periódica  |
| 15   | USB                    |
| 16   | Otro                   |

|                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Observaciones:<br>El cd anexo contiene un total de Archivos:<br>1 archivo en PDF, los cuales fueron procesados<br>en el folio 4. A |
| <div>Autógrafa</div>                                                                                                               |

**SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO**

**NIT : 800.176.089-2**

-/-

THYSSENKRUPP 7548



**Industria y Comercio**  
SUPERINTENDENCIA

**RECIBO DE CAJA**

**No. 14 - 0060615**

Bogotá D.C., Junio 06 de 2014 - 15:45:07

RECIBIDO DE : GOMEZ PINZON ASEMARCA S.A.

NI 830.121.797

\*\*\* Soporte del Pago \*\*\*

| TIPO PAGO    | BANCO           | CUENTA    | No. PAGO  | FECHA PAGO | VR PAGO      |
|--------------|-----------------|-----------|-----------|------------|--------------|
| CONSIGNACION | BANCO DE BOGOTA | 062870282 | 610943863 | 06/06/2014 | 2.424.000.00 |

\*\*\* Conceptos Pagados \*\*\*

| CANT. RENTISTICO          | CONCEPTO                                                        | Vr. UNIDITARIO | Vr. CONCEPTO        |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------|---------------------|
| 8 50005-01-01 SOLICITUDES | 1607 REIVINDICACION PATENTE UNITARIA<br>ADICIONAL A LAS 10 INIC | 31.000.00      | 248.000.00          |
|                           |                                                                 |                | <b>\$248.000.00</b> |

**SON: \*\*DOSCIENTOS CUARENTA Y OCHO MIL PESOS MONEDA CORRIENTE\*\***

Responsable: \_\_\_\_\_

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. \_\_\_\_\_

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



**No. 14-132579- -00000-0000**

Fecha: 2014-06-18 16:13:24      Dep. 2020 DIR.NUEVASCR  
Tra. 11 PATENTEIYII      Eve: 379 FASENACIONALI  
Act. 411 PRESENTACION      Folios: 66

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: [www.sic.gov.co](http://www.sic.gov.co) e-mail: [info@sic.gov.co](mailto:info@sic.gov.co) Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

Junio 6 de 2014 - 15:45:09

45

## SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

-/-

7548

Industria y Comercio  
SUPERINTENDENCIA

## RECIBO DE CAJA

No. 14 - 0060007

Bogotá D.C., Junio 05 de 2014 - 15:53:11

RECIBIDO DE : GOMEZ PINZON ASEMARCA S.A.

NI 830.121.797

## \*\*\* Soporte del Pago \*\*\*

| TIPO PAGO    | BANCO           | CUENTA    | No. PAGO  | FECHA PAGO | VR PAGO      |
|--------------|-----------------|-----------|-----------|------------|--------------|
| CONSIGNACION | BANCO DE BOGOTA | 062754387 | 610943826 | 03/06/2014 | 4.598.000.00 |

## \*\*\* Conceptos Pagados \*\*\*

| CANT | RENTISTICO              | CONCEPTO                                   | Vr.UNDITARIO | Vr.CONCEPTO  |
|------|-------------------------|--------------------------------------------|--------------|--------------|
| 1    | 50005-01-01 SOLICITUDES | 1 TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE INVENCIÓN | 515.000.00   | 515.000.00   |
|      |                         |                                            |              | \$515.000.00 |

SON: \*\*QUINIENTOSQUINCE MIL PESOS MONEDA CORRIENTE\*\*\*

Responsable: \_\_\_\_\_

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. \_\_\_\_\_

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 14-132579- -00000-0000

Fecha: 2014-06-18 16:13:24  
Tra. 11 PATENTE IYII  
Act. 411 PRESENTACIONDep. 2020 DIR.NUEVASCR  
Eve: 379 FASENACIONALII  
Folios: 86

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mail: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

, Junio 5 de 2014 - 15:53:13

6  
4

**DISPOSITIVO Y PROCEDIMIENTO PARA LA ELIMINACIÓN DE NO<sub>x</sub> Y N<sub>2</sub>O**

La invención se refiere a un dispositivo, así como a un procedimiento para la eliminación catalítica de NO<sub>x</sub> y N<sub>2</sub>O.

5 En muchos procesos tales como, p. ej., en procesos de combustión o en la preparación industrial de ácido nítrico o caprolactama resulta un gas de escape cargado con monóxido de nitrógeno NO, dióxido de nitrógeno NO<sub>2</sub> (denominados conjuntamente NO<sub>x</sub>), así como gas hilarante N<sub>2</sub>O. Mientras que  
10 NO y NO<sub>2</sub> se conocen desde hace tiempo como compuestos con una relevancia ecotóxica (lluvia ácida, formación de esmog) y se han establecido en todo el mundo valores límites para sus emisiones máximas permitidas, en la última década ha avanzado en medida creciente también el gas hilarante en el foco de la  
15 protección del medio ambiente, ya que este gas coopera en medida nada despreciable en la degradación del ozono de la estratosfera y en el efecto invernadero. Por lo tanto, por motivos de la protección del medio ambiente, existe una demanda urgente de soluciones técnicas para eliminar las  
20 emisiones de gas hilarante junto con las emisiones de NO<sub>x</sub>.

Para la eliminación de N<sub>2</sub>O por una parte y de NO<sub>x</sub> por otra son conocidas ya numerosas posibilidades.

En el caso de la reducción de NO<sub>x</sub> se ha de destacar la reducción catalítica selectiva (SCR - siglas en inglés) de  
25 NO<sub>x</sub> mediante amoníaco en presencia de catalizadores de TiO<sub>2</sub> con contenido en vanadio (véase, p. ej., G. Ertl, H. Knözinger J. Weitkamp: Handbook of Heterogeneous Catalysis, Vol. 4. páginas 1633 - 1668, VCH Weinheim (1997)). Esta reducción puede discurrir, en función del catalizador, a  
30 temperaturas de aprox. 150 hasta aprox. 450°C y se trabaja a

escala técnica, preferiblemente entre 200 y 400°C, en particular entre 250 y 350°C. Es la variante más utilizada de la reducción de NO<sub>x</sub> a partir de gases de escape de procesos industriales, y posibilita, en el caso de una dimensión  
5 correspondiente de los lechos de catalizador, una degradación de NO<sub>x</sub> de más de 90%.

A base de catalizadores de zeolita se encuentran también procedimientos para la reducción de NO<sub>x</sub> que discurren utilizando los más diversos agentes reductores. Junto a  
10 zeolitas intercambiadas con Cu (véase, p. ej., el documento EP-A-914,866) parecen de interés para aplicaciones prácticas, ante todo, zeolitas con contenido en hierro.

Así, los documentos US-A-5,451,387 y EP-A-756,891 describen procedimientos para la reducción catalítica  
15 selectiva de NO<sub>x</sub> con NH<sub>3</sub> a través de zeolitas intercambiadas con hierro que trabajan preferiblemente a temperaturas entre 200 y 550°C, en particular en torno a 400°C.

A diferencia de la reducción de NO<sub>x</sub> en los gases de escape, que está establecida desde hace muchos años en la  
20 técnica, para la eliminación de N<sub>2</sub>O existen sólo comparativamente pocos procesos técnicos, los cuales están dirigidos, la mayoría de las veces, a una degradación térmica o catalítica del N<sub>2</sub>O. Una perspectiva sobre los catalizadores, cuya idoneidad en principio se detectó para la  
25 degradación y para la reducción de gas hilarante, la proporciona Kapteijn et al. (Kapteijn F. et al., Appl. Cat. B: Environmental 9 (1996) 25 - 64). La descomposición catalítica de gas hilarante en N<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> ofrece en este caso, con respecto a la reducción catalítica con agentes reductores  
30 seleccionados tales como NH<sub>3</sub> o hidrocarburos, la ventaja de

que no resultan costes para el consumo de agentes reductores. No obstante, una disminución eficaz de  $N_2O$  a base de una descomposición catalítica sólo puede alcanzarse de manera eficaz, a diferencia de la reducción de  $N_2O$  o también de  $NO_x$ ,  
5 con los catalizadores de descomposición habituales a temperaturas mayores que  $400^\circ C$ , preferiblemente mayores que  $450^\circ C$ .

Particularmente adecuados para la descomposición catalítica del  $N_2O$  en  $N_2$  y  $O_2$  aparecen de nuevo catalizadores  
10 de zeolita cargados con metales de transición (documento US-A-5,171,553).

Como particularmente ventajosos se describen catalizadores de zeolita cargados de hierro (p. ej. en los documentos EP-A-955,080 o WO-A-99/34,901). La actividad de  
15 los catalizadores de Fe-zeolita para la descomposición de  $N_2O$  se aumenta considerablemente en este caso mediante la presencia simultánea de  $NO_x$  tal como se expone científicamente, por ejemplo, por Kögel et al. en Catalysis Communications 2 (2001) 273 - 276 o por Pérez-Ramírez et al.  
20 en Journal of Catalysis 208 (2003) 211 - 223. Esta propiedad parece ser aplicable exclusivamente a zeolitas dotadas con hierro. Zeolitas dotadas con otros metales de transición tales como cobre o cobalto no muestran este comportamiento.

En muchos casos, la descomposición de  $N_2O$  es incluso  
25 inhibida por la presencia de  $NO_x$  tal como se conoce, p. ej., de Applied Catalysis B: Environmental 9 (1996) 25-64 [Cap. 5.1], Applied Catalysis B: Environmental 12 (1997) 277 - 286, así como de Catalysis Today 35 (1997) 113 - 120. Esto afecta, por ejemplo, a catalizadores con contenido en Cu, Co y Rh  
30 que, en ausencia de  $NO_x$ , muestran una actividad muy elevada

para la descomposición de  $N_2O$ , pero que en presencia de  $NO_x$  presentan una actividad claramente disminuida. Catalizadores de este tipo se designan en lo que sigue como "sensibles a  $NO_x$ ".

5 Junto a los catalizadores y procedimientos para la reducción de  $NO_x$  y para la descomposición de  $N_2O$  antes mencionados, se describen también en la bibliografía de patentes procedimientos combinados para la eliminación de  $NO_x$  y  $N_2O$ . En este caso se trata, por ejemplo, de procedimientos  
10 a base de una reducción catalítica del  $NO_x$  con  $NH_3$  (en una etapa de  $DeNO_x$ ) y una descomposición catalítica de  $N_2O$  en  $N_2$  y  $O_2$  a través de catalizadores de zeolita con contenido en hierro (en una etapa de  $DeN_2O$ ).

Así, por ejemplo el documento WO-A-01/51,182 describe un  
15 procedimiento para la eliminación de  $NO_x$  y  $N_2O$  a partir del gas residual de la producción de ácido nítrico, conduciéndose el gas de escape a purificar primeramente a través de una etapa de  $DeNO_x$  y, acto seguido, a través de una etapa de  $DeN_2O$  con catalizadores de zeolita cargados con hierro. En la  
20 etapa de  $DeNO_x$  antepuesta, el contenido en  $NO_x$  se reduce en tal medida que se ajusta una relación  $NO_x/N_2O$  óptima de 0,001 a 0,5, que conduce a una degradación acelerada de  $N_2O$  en la etapa de  $DeN_2O$  dispuesta a continuación. No se dan a conocer particularidades con respecto a la ejecución del sistema de  
25 aparatos de este procedimiento.

La secuencia de las etapas del proceso descrita en el documento WO-A-01/51,182 es muy ventajosa desde un punto de vista de técnica del procedimiento o bien del proceso, dado que el procedimiento está dispuesto en el gas residual de la  
30 producción de ácido nítrico, entre la torre de absorción y la

turbina de gas residual en un perfil de temperaturas ascendente; es decir, el gas residual presenta primeramente, antes de su entrada en la etapa de  $\text{DeNO}_x$ , una temperatura de entrada baja que asciende a  $< 400^\circ\text{C}$ , preferiblemente a  $< 350^\circ\text{C}$ , de modo que también pueden utilizarse catalizadores de  $\text{DeNO}_x$  clásicos a base de  $\text{V}_2\text{O}_5\text{-TiO}_2$ . Después de la etapa de  $\text{DeNO}_x$  y antes de la entrada en la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  tiene lugar entonces un calentamiento (único) del gas residual hasta  $350$  a  $500^\circ\text{C}$ , de modo que es posible una descomposición catalítica eficaz de  $\text{N}_2\text{O}$ . El gas de escape es aportado entonces a una turbina de gas residual en la que tiene lugar, bajo el alivio de presión y el enfriamiento del gas de escape, una recuperación del contenido térmico del gas de escape.

También es posible una interconexión inversa de las dos etapas de procedimiento, es decir, en una secuencia en la que primero está prevista la degradación de  $\text{N}_2\text{O}$  y luego tiene lugar la degradación de  $\text{NO}_x$ , tal como se enseña en los documentos WO-A-97/10,042, WO-A-01/51,181, WO-A-03/105,998 y WO-A-2006/119,870. En el documento WO-A-01/51,181 se describe con mayor detalle, junto al procedimiento, también un dispositivo para su realización. Este dispositivo se caracteriza por una secuencia de dos lechos de catalizador conectados uno detrás de otro, de los que al menos uno es recorrido radialmente por el gas, y encontrándose entre los lechos de catalizador, en caso necesario, un dispositivo para la incorporación de un agente reductor gaseoso en la corriente de gas que sale del primer lecho de catalizador. En el caso de estos procedimientos, el gas de escape se conduce habitualmente a una temperatura unitaria de  $< 500^\circ\text{C}$  a través de dos zonas de reacción con contenido en catalizadores de

zeolita cargados con hierro, que pueden estar separados uno de otro en el espacio o pueden estar unidos entre sí. En este caso, la descomposición de  $N_2O$  en la etapa de  $DeN_2O$  tiene lugar primeramente con un contenido en  $NO_x$  no disminuido, es  
5 decir, aprovechando por completo el efecto co-catalítico de  $NO_x$  sobre la descomposición de  $N_2O$  y, acto seguido, después de la adición intermedia de amoníaco, la reducción catalítica de  $NO_x$ . Dado que la reducción de  $NO_x$  debe discurrir preferiblemente a la misma temperatura que la descomposición  
10 de  $N_2O$ , pasan e emplearse en la etapa de  $DeNO_x$  asimismo catalizadores de Fe-zeolita que, a diferencia de catalizadores SCR clásicos tales como, p. ej., catalizadores basados en  $V_2O_5$ - $TiO_2$  también pueden ser hechos funcionar a temperaturas más elevadas de  $> 400^\circ C$ . Con ello, no es  
15 necesario un enfriamiento intermedio del gas del proceso.

Finalmente, a partir del documento JP-A-06/126,177 se conoce la eliminación combinada de  $NO_x$  y  $N_2O$  sobre la base de una reducción catalítica del  $NO_x$  con  $NH_3$  (en una etapa de  $DeNO_x$ ) y una descomposición catalítica de  $N_2O$  en  $N_2$  y  $O_2$  (en  
20 una etapa de  $DeN_2O$ ). De acuerdo con este documento, la secuencia de las etapas puede ser arbitraria. Para la descomposición del  $N_2O$  se propone un catalizador soportado que contiene 0,001 a 2% en peso de platino metálico o rodio, o rodio metálico y cobre. Junto a estos metales también se  
25 proponen iridio, rutenio, hierro, cobalto y níquel. Como materiales de soporte se mencionan óxido de aluminio, dióxido de silicio y dióxido de zirconio, así como zeolitas. En este caso no se dan a conocer particularidades respecto a la elección de los catalizadores para la reducción del  $NO_x$ .

30 También se ha descrito ya la reducción química de  $NO_x$  y

N<sub>2</sub>O que discurre paralelamente. En este caso, es conocido que la reducción de NO<sub>x</sub> discurre de una manera considerablemente más rápida que la reducción de N<sub>2</sub>O. En el caso de estos procedimientos de reducción se emplea para la reducción de NO<sub>x</sub> habitualmente un gas reductor con contenido en nitrógeno, por ejemplo amoníaco, mientras que para la reducción de N<sub>2</sub>O se emplea habitualmente el mismo gas reductor tal como amoníaco, pero también hidrógeno, un hidrocarburo o monóxido de carbono. Ejemplos de procedimientos de este tipo se encuentran en los documentos WO-A-03/84,646 y en el documento US-A-4,571,326. El procedimiento según el documento US-A-4,571,326 puede también llevarse a cabo en uno o en una secuencia de varios lechos de catalizador. En virtud de la reducción más rápida del NO<sub>x</sub> se forman, en el caso del empleo de un lecho de catalizador, dos zonas, en donde en la primera zona se reduce principalmente NO<sub>x</sub> y en la siguiente zona y que se une inmediatamente a la anterior, se reduce principalmente N<sub>2</sub>O. Esta variante se representa, p. ej., en la Figura 4 del documento US-A-4,571,329. En la Figura 5 del documento US-A-4,571,329 se representa una secuencia de dos lechos de catalizador; éstos limitan directamente uno junto a otro y forman una zona en la que principalmente se reduce NO<sub>x</sub>, seguida de una zona en la que principalmente se reduce N<sub>2</sub>O. Como catalizadores para la reducción de N<sub>2</sub>O se emplean zeolitas elegidas, dotadas con hierro o hidrógeno.

En el documento US-A-2002/0127163 se describe un procedimiento para la reducción catalítica selectiva de N<sub>2</sub>O con amoníaco. Como catalizadores se emplean zeolitas que están preferiblemente dotadas con metales. Este procedimiento de reducción puede combinarse con una reducción de NO<sub>x</sub>. En la

Figura 10 de este documento se expone que este tipo de procedimientos se pueden llevar a cabo en uno o en una secuencia de varios lechos de catalizador. Después puede llevarse a cabo tanto una reducción simultánea de  $\text{NO}_x$  y  $\text{N}_2\text{O}$  como una primera reducción de  $\text{N}_2\text{O}$ , seguida de una reducción del  $\text{NO}_x$ . Para la reducción catalítica de  $\text{N}_2\text{O}$  se requiere una cantidad mínima de 0,5 mol de amoníaco por mol de  $\text{N}_2\text{O}$ . Según la descripción, la secuencia de las etapas de reducción es controlada por la elección de los catalizadores. Una descomposición catalítica de  $\text{N}_2\text{O}$  en nitrógeno y oxígeno no es expresamente objeto de la invención divulgada.

A partir de la bibliografía de patentes se conocen reactores para diferentes reacciones en fase gaseosa que contienen una secuencia de al menos dos lechos de catalizador.

El documento US-A-2,475,855 describe un reactor para reacciones endotérmicas o exotérmicas catalíticas, en cuyo interior se encuentran varios lechos de catalizador radiales. Éstos están dispuestos separados uno de otro y presentan axialmente una tubería en la que los reaccionantes son aportados al catalizador y recorren a éste radialmente. También es posible una dirección del flujo inversa. El reactor se emplea, por ejemplo, en el caso del craqueo catalítico de hidrocarburos.

El documento US-A-4,372,920 describe un reactor para reacciones en fase gaseosa catalíticas heterogéneas, en cuyo interior se encuentran asimismo varios lechos de catalizador radiales. Éstos están dispuestos separados uno de otro y presentan asimismo axialmente una tubería. Los reaccionantes recorren axialmente partes de los lechos de catalizador

individuales y radialmente otras partes de estos lechos de catalizador. El reactor puede emplearse, por ejemplo, para la síntesis de amoníaco o de metanol.

El documento EP-A-1,022,056 describe un reactor para el  
5 tratamiento de fluidos que comprende dos lechos que limitan directamente uno junto a otro de agentes de adsorción o catalizadores en un recipiente. Los lechos se componen de granulados de diferente tamaño de grano, presentando el lecho más bajo el tamaño mayor de grano. Entre ellos está dispuesta  
10 una chapa perforada, cuyos agujeros presentan diámetros que son mayores que los diámetros de los granos del lecho superior y menores que los diámetros del lecho inferior. El reactor puede emplearse para la filtración, purificación, separación y reacción catalítica de fluidos.

15 El documento US-A-3,733,181 describe un reactor para la reducción catalítica de óxidos de nitrógeno para la oxidación catalítica de hidrocarburos y de monóxido de carbono a partir de gases de escape. El reactor comprende una combinación de dos lechos concéntricos de catalizadores para las dos  
20 reacciones, a través de los cuales el gas de escape es conducido sucesivamente. Entre los dos lechos se aporta aire al gas de escape a tratar.

A partir del documento EP-A-967,006 se conoce un dispositivo para llevar a cabo reacciones catalíticas de un  
25 fluido en la fase gaseosa. Éste contiene en un reactor una disposición de dos lechos de catalizador que limitan directamente uno junto a otro, configurados en cada caso en esencia de forma cilíndrica y de los cuales uno es recorrido de forma radial y el otro de forma axial. Este dispositivo  
30 puede emplearse, por ejemplo, en la desulfuración de gas

natural.

Hasta ahora se emplean en procedimientos comerciales para la reducción combinada de  $\text{NO}_x$  y la descomposición de  $\text{N}_2\text{O}$  en gases en el intervalo de bajo a medio de temperaturas a  
5 aproximadamente 200 a 600°C, principalmente zeolitas dotadas con hierro. Tal como se ha descrito precedentemente, catalizadores de este tipo se distinguen, en particular, por una parte, por una actividad muy elevada para la reducción de  $\text{NO}_x$  mediante amoníaco y, por otra parte, por una actividad  
10 elevada para la descomposición de  $\text{N}_2\text{O}$  que todavía se puede aumentar claramente en presencia de  $\text{NO}_x$ .

Otros catalizadores para la descomposición de  $\text{N}_2\text{O}$ , que desactivan mediante la presencia simultánea de  $\text{NO}_x$ , pueden emplearse sólo bajo condiciones particulares en la práctica  
15 industrial, es decir, en gases que contienen tanto  $\text{NO}_x$  como  $\text{N}_2\text{O}$ . Sería deseable que pudiera ampliarse el espectro de aplicación de este tipo de catalizadores, de modo que estos catalizadores pudieran emplearse asimismo en la separación de óxidos de nitrógeno a partir de gases de escape.

20 En virtud de las informaciones de las que se dispone hasta ahora sobre otros catalizadores distintos a zeolitas dotadas con hierro, que pudieran ser empleados para la descomposición catalítica de  $\text{N}_2\text{O}$ , se prevería para éstos otros catalizadores un procedimiento combinado para la separación de óxidos de  
25 nitrógeno a partir de gases, en el que, en una primera etapa, tuviera lugar una reducción lo más amplia posible de  $\text{NO}_x$ , p. ej. con amoníaco, y en una etapa dispuesta a continuación se descompusiera o bien redujera entonces el  $\text{N}_2\text{O}$  remanente. Una separación del  $\text{NO}_x$  más o menos completa de este tipo en la  
30 primera etapa podría tener lugar mediante la adición de

cantidades correspondientemente grandes de amoníaco. Sin embargo, en este caso existe el riesgo, en el caso del empleo de catalizadores de SCR clásicos, p. ej. de aquellos a base de  $V_2O_5-TiO_2$ , el que, en el caso de cantidades de catalizador  
5 limitadas no reaccione toda la cantidad de amoníaco añadido tampoco con  $NO_x$  y, con ello, resulte una fuga indeseada de amoníaco. En el caso de la reducción combinada de  $NO_x$  y de la descomposición de  $N_2O$  esto es problemático debido a que el amoníaco accede entonces a la etapa de  $DeN_2O$  dispuesta a  
10 continuación y allí, en el caso de utilizar zeolitas no dotadas con metales de transición, es oxidado, al menos en parte, en  $NO_x$ , es decir, en  $NO$  y  $NO_2$ . Esto conduce, de nuevo, a una inhibición o bien desactivación parcial del catalizador de  $DeN_2O$ .

15 Además, es conocido que los catalizadores de SCR clásicos pueden ser empleados, en general, sólo a temperaturas de hasta  $400^\circ C$ . Con el fin de evitar un calentamiento escalonado de la corriente de gas a tratar y de posibilitar una configuración de aparatos sencilla, las dos  
20 etapas de la degradación de óxido de nitrógeno, es decir, la etapa de  $DeNO_x$  y la etapa de  $DeN_2O$  deberían ser hechas funcionar a aproximadamente las mismas temperaturas.

Por consiguiente, misión de la presente invención es habilitar un dispositivo y un procedimiento para la  
25 separación lo más amplia posible de  $N_2O$  y  $NO_x$  a partir de gases, en los que pase a emplearse para la descomposición catalítica de  $N_2O$  una combinación de catalizadores de  $DeNO_x$  seleccionados con catalizadores hasta ahora no utilizables o sólo utilizables en una medida limitada. En este caso, deben  
30 utilizarse, en particular, catalizadores para la reducción de

NO<sub>x</sub> o bien para la descomposición de N<sub>2</sub>O que se distingan por una eficacia catalítica muy elevada.

Además, es misión de la presente invención habilitar un dispositivo y un procedimiento que puedan ser hechos  
5 funcionar de una manera sencilla e industrialmente favorable.

Sorprendentemente, se encontró ahora que la combinación de zeolitas seleccionadas en la etapa de DeNO<sub>x</sub> con catalizadores seleccionados en la etapa de DeN<sub>2</sub>O permite una separación de óxidos de nitrógeno a partir de gases muy  
10 sencilla desde el punto de vista de los aparatos y extremadamente rentable.

Los catalizadores de zeolitas seleccionadas para la etapa de DeNO<sub>x</sub> se pueden emplear sin problemas, en virtud de su elevada actividad, en el intervalo de temperaturas de  
15 aproximadamente 350 a 600°C, y se combinan con catalizadores de DeN<sub>2</sub>O que son activos en el mismo intervalo de temperaturas.

El empleo de acuerdo con la invención de zeolitas dotadas con metales de transición en calidad de catalizadores  
20 de DeNO<sub>x</sub> tiene varias ventajas con respecto a catalizadores de SCR convencionales tales como, p. ej., a base de V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> o Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Por una parte, estas zeolitas son muy activas y selectivas en el intervalo de temperaturas medias de hasta  
25 600°C, mientras que catalizadores de V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> convencionales sólo pueden ser empleados a temperaturas de hasta aprox. 400°C. Por consiguiente, estas zeolitas permiten la combinación de catalizadores de DeN<sub>2</sub>O que son altamente activos en el intervalo de temperaturas medias.

30 Otra ventaja decisiva de las zeolitas dotadas con

metales de transición en calidad de catalizadores de DeNO<sub>x</sub> en comparación con los catalizadores de SCR convencionales es su comportamiento en el caso de una sobredosificación de agentes reductores.

5        Como ya se ha mencionado precedentemente, una sobredosificación de este tipo de agentes reductores, es decir, una adición supra-estequiométrica en relación con la estequiometria de reducción - p. ej. de la reacción de NO<sub>x</sub> con NH<sub>3</sub> que, de manera conocida, discurre en una relación  
10 molar de 1:1 - es muy ventajosa para alcanzar una reducción de NO<sub>x</sub> lo más amplia posible. Mientras que en el caso de emplear catalizadores de SCR convencionales, el amoníaco dosificado en exceso se fuga ampliamente a través del lecho del catalizador y accede al catalizador de DeN<sub>2</sub>O dispuesto a  
15 continuación, en donde éste se oxida luego, al menos en parte, en NO<sub>x</sub>, una fuga de NH<sub>3</sub> de este tipo no se manifiesta en el caso del uso de acuerdo con la invención de un catalizador de zeolita dotado con metales de transición. El NH<sub>3</sub> dosificado en exceso, que no reacciona con NO<sub>x</sub>, es  
20 oxidado selectivamente en N<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O en estos catalizadores más bien por O<sub>2</sub> y/o N<sub>2</sub>O presente asimismo en el gas de escape. De este modo, en el caso de un volumen de catalizador relativamente pequeño de la etapa de DeNO<sub>x</sub> se puede alcanzar una reducción completa del NO<sub>x</sub>, de modo que en la  
25 subsiguiente etapa de DeN<sub>2</sub>O pueden emplearse catalizadores sensibles al NO<sub>x</sub> para la descomposición de N<sub>2</sub>O.

Una reducción completa de NO<sub>x</sub> o una fuga de NH<sub>3</sub> podría alcanzarse, en todo caso, con catalizadores de SCR convencionales sólo con una dimensión del lecho del  
30 catalizador correspondientemente enorme. Sin embargo, esta

disposición no es rentable en comparación con el procedimiento de acuerdo con la invención.

Finalmente, otra ventaja en el caso de utilizar catalizadores de zeolita dotados con metales de transición en la etapa de  $\text{DeNO}_x$  es que éstos catalizan simultáneamente, junto a la reducción del  $\text{NO}_x$ , la descomposición del  $\text{N}_2\text{O}$ , de modo que ya en la etapa de  $\text{DeNO}_x$  se degrada una determinada proporción de  $\text{N}_2\text{O}$ . De manera sorprendente y positiva, este efecto, en particular en el caso de utilizar catalizadores de zeolita dotados con hierro en combinación con catalizadores sensibles a  $\text{NO}_x$  en la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  repercute de manera que la degradación de  $\text{N}_2\text{O}$  a través de las dos etapas de reacción presenta ya sólo una ligera dependencia del contenido de  $\text{NO}_x$  en la salida o bien en la entrada de la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  (véase también la Figura 11).

Por catalizadores de  $\text{DeN}_2\text{O}$  sensibles a  $\text{NO}_x$  se entienden, en el marco de esta solicitud, aquellos catalizadores de  $\text{DeN}_2\text{O}$  en los que la descomposición catalítica de  $\text{N}_2\text{O}$  se ve significativamente perjudicada, es decir, es reducida de forma significativa bajo condiciones por lo demás iguales, por la presencia simultánea de  $\text{NO}_x$  en la corriente de gas a tratar. En este caso, en el sentido de esta solicitud, se trata entonces de catalizadores de  $\text{DeN}_2\text{O}$  sensibles a  $\text{NO}_x$  si la temperatura a la que bajo las condiciones del Ensayo 5 descrito más adelante (contenido en  $\text{NO}_x = 1000 \text{ ppm}$ ) se alcance una degradación de  $\text{N}_2\text{O}$  del 50%, sea al menos 10K mayor que la temperatura para una degradación de  $\text{N}_2\text{O}$  al 50% bajo las condiciones del Ensayo 4 descrito más adelante (contenido en  $\text{NO}_x = 0 \text{ ppm}$ ).

En conjunto, los problemas precedentemente mencionados

se resuelven mediante el dispositivo descrito a continuación y el procedimiento descrito más adelante.

La invención se refiere a un dispositivo para reducir el contenido de  $\text{NO}_x$  y  $\text{N}_2\text{O}$  en gases, en particular en gases de  
5 proceso y gases de escape, que comprende:

- A) un recipiente (1) y, dispuestos en él
- B) dos etapas de reacción dispuestas una tras otra para la separación de  $\text{NO}_x$  (etapa de  $\text{DeNO}_x$ ) mediante reducción de  $\text{NO}_x$  con un agente reductor con contenido en nitrógeno y,  
10 dispuesta a continuación, para la separación de  $\text{N}_2\text{O}$  mediante descomposición catalítica de  $\text{N}_2\text{O}$  en  $\text{N}_2$  y  $\text{O}_2$  (etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$ ) que en cada caso presentan uno o varios lechos de catalizador (7, 8), y que son recorridas por el gas a purificar, en donde
- 15 C) al menos un lecho de catalizador de la etapa de  $\text{DeNO}_x$  (7) contiene un catalizador para la reducción de  $\text{NO}_x$  con agentes reductores con contenido en nitrógeno, que contiene zeolitas dotadas con metales de transición, incluidos los lantánidos,
- 20 D) al menos un lecho de catalizador de la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  (8) contiene un catalizador para la descomposición de  $\text{N}_2\text{O}$  en  $\text{N}_2$  y  $\text{O}_2$  que contiene uno o varios compuestos catalíticamente activos de elementos elegidos de los grupos 5 a 11 del Sistema Periódico de los Elementos,  
25 exceptuadas zeolitas dotadas con hierro, y
- E) delante de la etapa de  $\text{DeNO}_x$  (7) está previsto un dispositivo para incorporar un agente reductor con contenido en nitrógeno en la corriente del gas con contenido en  $\text{NO}_x$  y  $\text{N}_2\text{O}$ .
- 30 El dispositivo de acuerdo con la invención comprende un

recipiente A) en el que están incorporadas las dos etapas de reacción con los lechos de catalizador. En este caso, se puede tratar de un recipiente de presión convencional que puede estar hecho, por ejemplo, de acero. El recipiente está  
5 provisto de orificios de entrada y salida para el gas a purificar, para el gas purificado y para coadyuvantes a introducir eventualmente en el recipiente tales como el agente reductor para  $\text{NO}_x$ . Además de ello, el recipiente puede estar equipado con dispositivos auxiliares habituales, tales  
10 como con orificios de acceso, pestañas, bocas o tapas retirables.

El dispositivo de acuerdo con la invención se caracteriza por que éste presenta al menos dos etapas de reacción que contienen catalizadores seleccionados. Los  
15 lechos de catalizador de estas etapas de reacción pueden limitar directamente uno junto a otro o pueden estar también dispuestos a distancia uno de otro, por ejemplo mediante un tramo vacío que puede presentar eventualmente elementos conductores de la corriente o sustentadores de la  
20 construcción. Esto significa que el gas que recorre estos lechos accede de un lecho al otro lecho de catalizador sin que entre estos lechos de catalizador estén conectados cualesquiera dispositivos para la modificación de la composición del gas tales como dispositivos mezcladores o  
25 calefactores. Eventualmente, entre los lechos de catalizador pueden estar previstos elementos conductores de corrientes o portadores del lecho de catalizador o estabilizadores tales como chapas perforadas o fondos de alambre.

Delante de la etapa de  $\text{DeNO}_x$  está previsto un  
30 dispositivo E) para la introducción de un agente reductor

para  $\text{NO}_x$  en la corriente del gas con contenido en  $\text{NO}_x$  y  $\text{N}_2\text{O}$ . Este dispositivo puede desembocar, antes de la introducción de la corriente de gas a purificar en el reactor, en la tubería de alimentación de la corriente de gas, o también en  
5 el reactor, antes de introducir la corriente de gas en el primer lecho de catalizador. En el caso del dispositivo E) para la incorporación de un agente reductor para  $\text{NO}_x$  en la corriente del gas con contenido en  $\text{NO}_x$  y  $\text{N}_2\text{O}$  se puede tratar de una tubería de alimentación sencilla que en el extremo del  
10 lado del reactor presenta preferiblemente una o varias toberas. La tubería de alimentación puede desembocar directamente en la tubería para el gas con contenido en  $\text{NO}_x$  y  $\text{N}_2\text{O}$ .

En una forma de realización preferida, el dispositivo de  
15 acuerdo con la invención contiene al menos un lugar de medición F) para el flujo o la cantidad del gas y/o al menos un lugar de medición G) para la determinación de la concentración de  $\text{NO}_x$  (o de uno de sus componentes individuales) en el gas. El lugar de medición F) está  
20 dispuesto habitualmente delante de la etapa de  $\text{DeNO}_x$ . El lugar de medición G) para la concentración en  $\text{NO}_x$  contenida en el gas se encuentra delante de la etapa de  $\text{DeNO}_x$ , detrás de la etapa de  $\text{DeNO}_x$  y delante de la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  o detrás de la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$ .

25 En una forma de realización particularmente preferida del dispositivo de acuerdo con la invención, el lugar de medición G) está incorporado detrás de la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  o, de manera particularmente preferida, delante de la etapa de  $\text{DeNO}_x$  en la tubería de alimentación para el gas con contenido  
30 en óxidos de nitrógeno y a purificar.

A partir del valor del lugar de medición F) y del valor del lugar de medición G) puede determinarse y medirse la cantidad requerida de agente reductor para la etapa de  $\text{DeNO}_x$ .

En una forma de realización preferida del dispositivo de acuerdo con la invención, los lugares de medición F) y G) para la determinación de la cantidad del agente reductor alimentado están acopladas a través de una unidad de control o de regulación H) con un dispositivo de ajuste I), por ejemplo con una válvula controlable o regulable, con la cual se puede ajustar el flujo o bien la cantidad del agente reductor que recorre el dispositivo E). La unidad de control o de regulación H) proporciona para ello una magnitud de ajuste con la cual se excita el dispositivo de ajuste I) de manera adecuada. Alternativamente, al gas con contenido en óxidos de nitrógeno se le puede aportar también una mezcla a base de gas inerte, por ejemplo nitrógeno, y agente reductor gaseoso; en este caso, el ajuste de la cantidad aportada de agente reductor puede tener lugar mediante variación de la porción de gas inerte. El experto en la materia conoce dosificaciones de este tipo.

La disposición, ejecución y el recorrido de los lechos de catalizador pueden tener lugar de manera diferente. Lechos de catalizador tienen a menudo una forma geométrica que es menor en una dimensión que en las otras dos dimensiones. En este caso, las dos dimensiones mayores definen una superficie con la cual se puede describir la disposición del lecho de catalizador en el reactor. En el dispositivo de acuerdo con la invención, los lechos de catalizador pueden estar entonces orientados, mirando a estas superficies, de forma paralela o perpendicular al eje

geométrico principal del recipiente; también son posibles combinaciones de lechos de catalizador orientados de forma paralela y perpendicular o de forma perpendicular y paralela. El gas recorre los lechos de catalizador, por lo general, a lo largo de la dimensión más pequeña, es decir, transversalmente a la superficie que es definida por las dos dimensiones mayores. Una corriente de este tipo se denomina en lo que sigue "corriente lateral".

En la configuración más sencilla del dispositivo de acuerdo con la invención, los lechos de catalizador de las dos etapas de reacción presentan la forma de dos o más lechos dispuestos uno sobre otro, horizontales, eventualmente separados por una cavidad. El gas puede ser incorporado, por ejemplo, desde arriba en la primera disposición de catalizador para la reducción del  $\text{NO}_x$ , recorre a ésta hacia abajo y luego a continuación, eventualmente primero a un espacio intermedio vacío y a continuación de ello a la o a las otras disposiciones de catalizador para la descomposición del  $\text{N}_2\text{O}$ . El gas purificado abandona la última disposición de catalizador junto a la cara inferior en la zona de salida del reactor y, acto seguido, abandona el reactor. En las Figuras 3 y 4 se representa una ejecución de este tipo del dispositivo de acuerdo con la invención.

En una forma de realización preferida del dispositivo de acuerdo con la invención, al menos un lecho de catalizador de una etapa de reacción, preferiblemente al menos un lecho de catalizador de las dos etapas de reacción está configurado o bien dispuesto de manera que es recorrido lateralmente, en particular radialmente por el gas a purificar. Lechos recorridos lateral o bien radialmente provocan, en

comparación con lechos recorridos axialmente, una pérdida de presión claramente disminuida, dado que, en virtud de una mayor superficie de flujo para el gas, con una velocidad espacial igual, permiten el ajuste de velocidades lineales más bajas. En el caso del empleo de lechos de catalizador recorridos radialmente, se ha de tener en cuenta, por lo general, que mediante elementos conductores de corrientes dispuestos de manera adecuada, por ejemplo chapas incorporadas en las caras frontales de los lechos radiales, el recorrido del gas viene predeterminado de manera que primeramente el volumen de gas ocupado por el catalizador es recorrido también radialmente y no puede escapar a través de las caras frontales.

En una forma de realización preferida, los lechos radiales de una o, en particular, preferiblemente de las dos etapas de reacción tienen la forma de un cilindro hueco. En este último caso, los cilindros huecos están dispuestos, de preferencia, concéntricamente uno dentro de otro, contactando entre sí los cilindros huecos junto a la superficie envolvente exterior o bien interior, o encontrándose entre ellos un espacio vacío. En el caso de esta forma de realización, el cilindro hueco interior presenta en el centro una cavidad a través de la cual el gas puede ser incorporado en el catalizador o bien evacuado del catalizador. En una variante, el gas puede ser incorporado axialmente y fluye radialmente hacia afuera; primero, a través del cilindro hueco interior con el catalizador para la reducción del  $\text{NO}_x$  y luego, directamente a continuación a través del cilindro hueco exterior con el catalizador para la descomposición del  $\text{N}_2\text{O}$  a continuación de ello, a través de una cavidad y,

después, a continuación, a través del cilindro hueco externo con el catalizador para la descomposición del  $N_2O$ . El gas de escape purificado fluye entonces por encima de la envolvente exterior del cilindro hueco externo a la zona de salida del reactor y acto seguido fuera del reactor. Una ejecución de este tipo del dispositivo de acuerdo con la invención está representada en la Figura 1.

En otro modo de funcionamiento, un dispositivo de este tipo puede ser recorrido también de un modo opuesto, formándose el cilindro hueco externo a partir del catalizador para la reducción del  $NO_x$  y el cilindro interno a partir del catalizador para la descomposición del  $N_2O$ . Una ejecución de este tipo del dispositivo de acuerdo con la invención está representada en la Figura 2.

Otras ejecuciones del reactor de acuerdo con la invención están representadas en las Figuras 5 y 6.

Antes de la entrada del gas al primer lecho de catalizador se añade al gas con contenido en  $NO_x$  y  $N_2O$  al menos un agente reductor con contenido en nitrógeno para la reducción del  $NO_x$ . El tipo de incorporación del o de los agentes reductores en la corriente gaseosa a tratar puede ejecutarse libremente en el sentido de la invención. El agente reductor puede incorporarse en forma de un gas o también de un líquido o bien disolución acuosa la cual se evapora en la corriente gaseosa a tratar. La alimentación a la corriente gaseosa a tratar tiene lugar mediante un dispositivo de introducción adecuado tal como, p. ej., mediante una correspondiente válvula de presión o mediante toberas correspondientemente configuradas. En el caso de utilizar diferentes agentes reductores, la aportación e

introducción en el gas a purificar puede tener lugar por separado o conjuntamente.

Con el fin de fomentar la mezcladura a fondo de la corriente gaseosa a purificar con el agente reductor aportado y de alcanzar antes de la entrada en la etapa de DeNO<sub>x</sub> una distribución lo más íntima posible del agente reductor en la corriente gaseosa, delante de la entrada en la etapa de DeNO<sub>x</sub> puede estar previsto un mezclador el cual está dispuesto preferiblemente en la tubería para la corriente gaseosa a tratar.

El mezclador puede ser ejecutado libremente en el sentido de la invención, por ejemplo en forma de un mezclador estático con correspondientes estructuras interiores o en forma de un mezclador dinámico. También la forma más sencilla de un tubo recorrido preferiblemente de forma turbulenta se ha de considerar como mezclador en el sentido de la invención.

En la etapa de DeNO<sub>x</sub> pasan a emplearse catalizadores de DeNO<sub>x</sub> elegidos que presentan en el intervalo de temperaturas de 350 a 600°C, en particular entre 400 y 600°C, las siguientes propiedades:

- a) una elevada actividad catalítica y selectividad para la reacción química de NO<sub>x</sub> con agentes reductores con contenido en nitrógeno para dar N<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O
- b) una actividad catalítica significativa para la oxidación selectiva de agente reductor dosificado de manera supra-estequiométrica con O<sub>2</sub> y/o N<sub>2</sub>O para dar N<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O
- c) y en lo posible, una actividad significativa

para la descomposición de  $N_2O$  en  $N_2$  y  $O_2$ .

En el caso de los catalizadores de  $DeNO_x$  se trata de catalizadores que contienen zeolitas dotadas con metales de transición, incluidos los lantánidos, preferiblemente zeolitas dotadas con cobalto, en particular con cobre y, de  
5 manera muy particularmente preferida, con hierro. Otros metales de transición posibles que se manifiestan en las zeolitas junto con cobalto, cobre y/o hierro son manganeso, vanadio, cromo o níquel.

10 En el caso de las zeolitas se trata preferiblemente de zeolitas "con alto contenido en sílice" que presentan una estabilidad hidrotérmica elevada.

Preferiblemente, las zeolitas se eligen del grupo de los tipos MFI, BEA, FER, MOR y MEL, o mezclas de las mismas,  
15 preferiblemente del tipo BEA o MFI, de manera particularmente preferida se trata de una zeolita ZSM-5.

Datos detallados para la constitución o estructura de los tipos de zeolita empleados de acuerdo con la invención se indican en Atlas of Zeolite Structure Types, Elsevier, 4<sup>a</sup>  
20 edición revisada, 1996, al que se hace aquí referencia expresa.

Además de ello, se emplean preferiblemente las denominadas zeolitas "tratadas al vapor", es decir, zeolitas en las que después de un tratamiento hidrotérmico, una parte  
25 de los átomos de la red de aluminio se ha desplazado a lugares de la red intermedios. El experto en la materia conoce este tipo de zeolitas y sus modos de preparación.

El contenido en metales de transición en las zeolitas puede oscilar, referido a la masa de zeolita, dentro de  
30 amplios intervalos, por ejemplo puede ascender hasta 25%,

pero preferiblemente puede ascender hasta 0,1 a 10% y, en particular, hasta 2 a 7%.

La dotación de las zeolitas con los metales de transición puede tener lugar, por ejemplo, partiendo de la forma H o, preferiblemente, NH<sub>4</sub> de las zeolitas mediante intercambio de iones (en fase acuosa o mediante reacción de cuerpos sólidos) con correspondientes sales de los metales de transición. Los polvos de catalizador obtenidos se calcinan habitualmente en un horno de cámara al aire a temperaturas en el intervalo de 400 a 650°C. Después de la calcinación, las zeolitas con contenido en metales de transición se lavan intensamente en agua destilada y, después de separar por filtración las zeolitas, se secan. Estos y otros métodos pertinentes para la carga o bien dotación de zeolitas con metales de transición son conocidos por el experto en la materia. Finalmente, las zeolitas con contenido en metales de transición, así obtenidas, se mezclan con coadyuvantes adecuados para la plastificación y agentes aglutinantes tales como, por ejemplo, aluminosilicatos o boehmita, y se mezclan y, por ejemplo, se extruden para formar cuerpos de catalizador cilíndricos.

El catalizador de DeNO<sub>x</sub> puede presentarse como cuerpo moldeado de tamaño y geometría arbitrarios, preferiblemente en geometrías que presentan una gran relación de superficie a volumen, y que durante su flujo crea una pérdida de presión lo más pequeña posible. Típicas son todas las geometrías conocidas en la catálisis tales como, p. ej., cilindros, cilindros huecos, cilindros de varios agujeros, anillos, fracción de gránulos, tri-lóbulos y estructuras alveolares. El tamaño de las partículas o bien cuerpos moldeados de

catalizador empleados puede oscilar dentro de amplios intervalos. Típicamente, éstos presentan un diámetro de equivalencia en el intervalo de 1 a 10 mm. Se prefieren diámetros de equivalencia de 2 a 5 mm. El diámetro de equivalencia es en este caso el diámetro de una esfera de igual volumen.

Después de la reducción del  $\text{NO}_x$ , el gas a tratar se introduce directamente en la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  que contiene uno o varios lechos de catalizador con catalizador para la descomposición de  $\text{N}_2\text{O}$  en nitrógeno y oxígeno.

De acuerdo con la invención, en la o las etapas de  $\text{DeN}_2\text{O}$  se emplean catalizadores que, en el intervalo de temperaturas de 350 a 600°C, presentan una elevada actividad catalítica para la descomposición de  $\text{N}_2\text{O}$  en  $\text{N}_2$  y  $\text{O}_2$ . En particular, pasan a emplearse aquellos catalizadores cuya actividad para la descomposición de  $\text{N}_2\text{O}$  esté claramente limitada por la presencia de  $\text{NO}_x$  (los denominados catalizadores de  $\text{DeN}_2\text{O}$  sensibles a  $\text{NO}_x$ ).

Estos catalizadores contienen uno varios compuestos catalíticamente activos de elementos elegidos de los grupos 5 a 11 del Sistema Periódico de los Elementos. Se prefieren particularmente compuestos de los elementos de los grupos 9 a 11 del Sistema Periódico de los Elementos. De ellos se prefieren de nuevo los compuestos de los elementos Co, Pt, Pd, Ir, Rh, Ni y/o Cu, preferiblemente Co, Rh, Ni y/o Cu y, en este caso, en particular Co o Rh. Exceptuadas de los catalizadores empleados en la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  se encuentran zeolitas dotadas con hierro. En el caso de este grupo de catalizadores no se trata de catalizadores de  $\text{DeN}_2\text{O}$  "sensibles a  $\text{NO}_x$ ".

En el caso de los compuestos catalíticamente activos propiamente dichos se puede tratar de compuestos metálicos y/u oxídicos, pudiendo presentarse estos últimos tanto en forma de óxidos singulares como también en forma de óxidos mixtos binarios, ternarios o polinarios de diferente tipo estructural tales como, p. ej., perovskita o espinelas. Estos se describen, p. ej., en Catalysis Letters 35 (1995) 372-382, Applied Catalysis 73 (1991) 165-171, Catal. Rev.-Sci. Eng.; 34(4), 409-425 (1992) o Actes du 2ième Congrès International sur la Catalyse 97 (1961) 1937-1953. También se pueden emplear mezclas de diferentes compuestos catalíticamente activos.

Ejemplos de compuestos catalíticamente activos, particularmente preferidos, son rodio metálico, óxidos de rodio tales como  $\text{RhO}_2$  o  $\text{Rh}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CoO}$ ,  $\text{Co}_2\text{O}_3$ , espinelas con contenido en Co tales como  $\text{Co}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Cu}_x\text{Co}_{3-x}\text{O}_4$  o perovskita con contenido en Co tal como  $\text{LaCoO}_3$  o perovskita con contenido en Co sustituida en los lugares A y B.

Los compuestos catalíticamente activos pueden estar contenidos en los catalizadores en forma pura o pueden ser aplicados sobre materiales de soporte adecuados o bien pueden ser mezclados con los mismos.

En el primer caso se trata de los denominados catalizadores totales que, junto a compuestos activos, pueden contener, además, aditivos conocidos por el experto en la materia tales como aglutinantes u otros aditivos condicionados por la preparación tales como plastificantes, formadores de poros, refuerzos de fibras o coadyuvantes de prensado. Los métodos para la preparación de catalizadores de este tipo son conocidos por el experto en la materia. En el

caso de "catalizadores con soporte", los compuestos catalíticamente activos están aplicados sobre el material de soporte. Con ello, el compuesto catalíticamente activo experimenta una dispersión y estabilización tanto frente a la  
5 solicitud mecánica como también térmica. Los métodos para la preparación de catalizadores de este tipo son asimismo conocidos por el experto en la materia.

En el caso de los materiales de soporte se trata preferiblemente de óxidos refractarios tales como  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  
10  $\text{ZrO}_2$  o  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , o bien mezclas de dos o varios de los mismos, o de materiales que presentan por sí mismos una determinada actividad catalítica para la descomposición de  $\text{N}_2\text{O}$  tales como, p. ej.,  $\text{MgO}$ , zeolitas, hidrotalcitas o mezclas de dos o más de los mismos.

15 Preferiblemente, se emplean catalizadores de  $\text{DeN}_2\text{O}$  que no contienen o no contienen en esencia zeolitas, preferiblemente menos de 15% en peso de zeolitas, en particular menos de 5% en peso de zeolitas.

Materiales de soporte preferidos para compuestos con  
20 contenido en Rh son  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , hidrotalcitas o zeolita, p. ej. del tipo MFI. Estos se describen, p. ej., en Chemical Engineering and Technology 24 (2001) 281 - 285 o en Catalysis Today 35 (1997) 113-120.

Soportes particularmente preferidos para compuestos con  
25 contenido en Rh son  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  e hidrotalcitas. El contenido en Rh de estos catalizadores asciende preferiblemente a 0,1 hasta 10% en peso, preferiblemente a 0,5 hasta 5% en peso. De manera particularmente preferida, catalizadores con contenido en Rh contienen, junto a Rh, también  $\text{CeO}_2$ . La proporción de  
30  $\text{CeO}_2$  asciende preferiblemente a 5 hasta 50% en peso, en

particular a 10 hasta 30% en peso.

Soportes preferidos para compuestos con contenido en Co son zeolitas o los soportes preferidos contienen óxido de magnesio. En el caso de zeolitas se prefieren de manera particular tipos estructurales ricos en Si tales como MFI, BEA, FER, MEL o MOR. La preparación de este tipo de zeolitas dotadas con Co es conocido por el experto en la materia. En el caso de soportes de óxido de magnesio puede tratarse de MgO puro o de compuestos con contenido en MgO tales como, p. ej., hidrotalcitas. Catalizadores de este tipo se describen, p. ej., en Appl. Catal. B: Environmental 7 (1996) 397-406 o Appl. Catal. B: Environmental 13 (1997) 69-79.

Particularmente preferidos son catalizadores que se componen esencialmente de al menos un compuesto de magnesio oxídico y al menos un compuesto de cobalto oxídico, encontrándose el contenido en compuestos de cobalto oxídicos en el intervalo de 0,1 a 50% en peso, y el contenido en compuestos oxídicos de magnesio en el intervalo de 50 a 99,9% en peso, referidos en cada caso a la masa total del catalizador, y al menos el 30% en peso de los átomos de Co contenidos en el catalizador se presentan en un estado químico trivalente. Catalizadores de este tipo y su preparación se describen en el documento EP 1 257 347 B1.

Además, particularmente preferidos en el caso de utilizar compuestos de Co oxídicos como componente activo son catalizadores con un soporte que se compone en al menos un 50% en peso de MgO o de un óxido mixto que se compone al menos en un 50% en peso de MgO, y en donde sobre el soporte está aplicada una capa funcional de óxido de cerio. Catalizadores de este tipo y su preparación se describen en

el documento DE 10 2007 038 711 A1.

El catalizador de  $\text{DeN}_2\text{O}$  puede presentarse en forma de cuerpo moldeado de un tamaño y geometría arbitrarios, preferiblemente en geometrías que presentan una gran relación  
5 de superficie a volumen y que, al ser recorridas, se genera una pérdida de presión lo más baja posible. Típicas son todas las geometrías conocidas en la catálisis tales como, p. ej., cilindros, cilindros huecos, cilindros de varios agujeros, anillos, fracción de gránulos, tri-lóbulos y estructuras  
10 alveolares. El tamaño de las partículas o bien cuerpos moldeados de catalizador empleados puede oscilar dentro de amplios límites. Típicamente, éstos presentan un diámetro de equivalencia en el intervalo de 1 a 10 mm. Se prefieren diámetros de equivalencia de 1 a 4 mm. El diámetro de  
15 equivalencia es en este caso el diámetro de una esfera de igual volumen.

La invención se refiere, asimismo, a un procedimiento para reducir el contenido de  $\text{NO}_x$  y  $\text{N}_2\text{O}$  en gases, en particular en gases de proceso y gases de escape, que  
20 comprende las medidas:

- a) adición de agente reductor con contenido en nitrógeno a una corriente gaseosa con contenido en  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{NO}_x$  para la reducción del  $\text{NO}_x$ ,
- b) conducción de la corriente gaseosa con contenido en  
25  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_x$  y agente reductor a través de al menos un lecho de catalizador de una etapa de  $\text{DeNO}_x$  (7) que contiene un catalizador para la reducción del  $\text{NO}_x$  por parte del agente reductor que contiene zeolitas dotadas con metales de transición, incluidos los lantánidos, y  
30 c) conducción de la corriente gaseosa que sale de la

etapa de  $\text{DeNO}_x$  a través de al menos un lecho de catalizador de una etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  (8) que contiene un catalizador para la descomposición del  $\text{N}_2\text{O}$  en  $\text{N}_2$  y  $\text{O}_2$ , el cual se elige del grupo de los catalizadores que  
5 contienen uno o varios compuestos catalíticamente activos de elementos elegidos de los grupos 5 a 11 del Sistema Periódico de los Elementos, con excepción de las zeolitas dotadas con hierro.

En la zona delante de la entrada del gas al reactor  
10 hasta directamente delante del lecho de catalizador de la (primera) etapa de  $\text{DeNO}_x$ , el gas con contenido en  $\text{NO}_x$  y  $\text{N}_2\text{O}$  se mezcla con un agente reductor con contenido en nitrógeno para  $\text{NO}_x$ . En este caso, se puede tratar de cualquier agente reductor con contenido en nitrógeno que sea conocido por el  
15 experto en la materia y que presente una elevada actividad para la reducción de  $\text{NO}_x$ .

Ejemplos son azanos, derivados de hidroxilo de azanos, así como aminas, oximas, carbamatos, urea o derivados de urea. Ejemplos de azanos son hidracina, y muy particularmente  
20 amoníaco. Un ejemplo de un derivado de hidroxilo de azanos es hidroxilamina. Ejemplos de aminas son aminas alifáticas primarias tales como metilamina. Un ejemplo de carbamatos es carbamato de amonio. Ejemplos de derivados de urea son ureas  $\text{N,N'}$ -sustituidas, tales como  $\text{N,N'}$ -dimetilurea. Ureas y  
25 derivados de urea se emplean preferiblemente en forma de disoluciones acuosas.

De manera particularmente preferida, como agente reductor para  $\text{NO}_x$  se emplea amoníaco.

El agente reductor se añade en las cantidades que se  
30 requieren para la reducción de al menos una parte del  $\text{NO}_x$  en

la etapa de DeNO<sub>x</sub>. El grado de degradación en NO<sub>x</sub> no debería ascender en este caso, en el procedimiento de acuerdo con la invención, referido a la concentración de entrada del NO<sub>x</sub>, habitualmente a más de 70%, preferiblemente a más de 80%, de manera particularmente preferida a más de 90%, en particular a más de 95%.

En el caso de la elección de la cantidad del agente reductor se ha de tener en cuenta que éste se hace reaccionar por completo o casi por completo en la etapa de DeNO<sub>x</sub>, de modo que, en la medida de lo posible, no resulte fuga alguna del agente reductor de la etapa de DeNO<sub>x</sub> a la etapa de DeN<sub>2</sub>O o resulte una fuga menor que 25 ppmv, preferiblemente menor que 10 ppmv y, en particular, una fuga menor que 5 ppmv. Las cantidades de agente reductor requeridas para ello dependen del tipo de agente reductor, así como de la cantidad y tipo de catalizador y demás parámetros de trabajo tales como presión y temperatura.

En el caso de amoníaco como agente reductor para NO<sub>x</sub> se añade habitualmente tal cantidad de NH<sub>3</sub> de manera que, referido a los componentes NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub> en la entrada de la etapa de DeNO<sub>x</sub>, resulte una relación molar de NH<sub>3</sub>/NO<sub>x</sub> de 0,8 a 3, preferiblemente de 1 a 2,5, de manera particularmente preferida de 1,2 a 2 y, en particular, de 1,3 a 1,8.

La cantidad de agente reductor para NO<sub>x</sub> puede determinarse y dimensionarse de modo diferente. Por ejemplo, la medición del contenido en NO<sub>x</sub> se puede realizar a través del lugar de medición G) a la salida de la etapa de DeN<sub>2</sub>O y, a través de una sencilla regulación, es decir, a través de la unidad de regulación H), se puede controlar el dispositivo de ajuste I) para la dosificación del agente reductor de modo

que en la salida de la etapa de DeN<sub>2</sub>O se ajuste el contenido en NO<sub>x</sub> deseado (valor nominal).

A esta estrategia de regulación se le establecen límites en el procedimiento de acuerdo con la invención, a saber  
5 siempre que el contenido en NO<sub>x</sub> en la etapa de DeNO<sub>x</sub> deba reducirse por completo, de modo que el lugar de medición G) en la salida de la etapa de DeN<sub>2</sub>O no proporcione magnitud de medición significativa y, con ello, magnitud de regulación.

En una realización preferida, el contenido en NO<sub>x</sub> y el  
10 flujo del gas de escape, es decir, su cantidad, se mide por lo tanto antes de la entrada en la etapa de DeNO<sub>x</sub>, y a partir de estas magnitudes se ajusta de manera correspondiente, a través de una unidad de control H) y bajo un cálculo previo de una relación adecuada de las cantidades de agente reductor  
15 y NO<sub>x</sub>, la cantidad requerida de agente reductor y se ajusta de manera correspondiente el dispositivo de ajuste I).

La relación adecuada de las cantidades de agente reductor y NO<sub>x</sub> puede determinarse mediante la calibración del dispositivo de acuerdo con la invención. Valores  
20 correspondientes para la relación molar en el caso de NH<sub>3</sub> como agente reductor se encuentran por encima de los indicados. En la etapa de DeNO<sub>x</sub>, la temperatura en el caso del procedimiento de acuerdo con la invención se encuentra habitualmente entre 300 y 600°C, preferiblemente entre 350 y  
25 550°C y, de manera particularmente preferida, entre 400 y 550°C.

La etapa de DeNO<sub>x</sub> puede hacerse funcionar, de acuerdo con la invención, a presión normal o, preferiblemente, a sobre-presión. Típicamente, la presión en esta etapa oscila  
30 en el intervalo de 1 a 50 bares absolutos (bara),

preferiblemente de 1 a 25 bara, de manera particularmente preferida de 4 a 15 bara. En este caso, una elevada presión de trabajo en la etapa de DeNO<sub>x</sub> reduce la cantidad de catalizador necesaria para la reducción de NO<sub>x</sub>. Una presión  
5 elevada en parámetros de trabajo, por lo demás iguales, conduce en general a un grado de degradación incrementado de NO<sub>x</sub> a la salida de la etapa de DeNO<sub>x</sub>.

La cantidad de catalizador en la etapa de DeNO<sub>x</sub> debe dimensionarse de modo que en el caso de una adición  
10 correspondiente de agente reductor, tal como se ha expuesto anteriormente, pueda alcanzarse el grado de degradación deseado de NO<sub>x</sub>, a saber en la medida de lo posible sin la aparición de una fuga de agente reductor.

La cantidad de catalizador depende en este caso de los  
15 parámetros de trabajo presentes de la etapa de DeNO<sub>x</sub> tal como de la corriente en volumen del gas, de la presión de trabajo y de la temperatura de trabajo. Velocidades espaciales típicas en la etapa de DeNO<sub>x</sub> oscilan en el intervalo entre 5.000 y 200.000 h<sup>-1</sup>, preferiblemente entre 10.000 y 100.000 h<sup>-1</sup> y, de manera particularmente preferida, entre 20.000 y 60.000 h<sup>-1</sup>. En este caso, en el marco de esta descripción se entiende por la expresión "velocidad espacial" el cociente de las partes en volumen de mezcla gaseosa (medido a 273,15 K y 1,01325 bara) por hora, referido a una parte en volumen de  
20 catalizador. La velocidad espacial puede ajustarse, por consiguiente, a través de la corriente en volumen del gas y/o a través de la cantidad de catalizador.

De acuerdo con la invención, los parámetros del procedimiento en la etapa de DeNO<sub>x</sub>, es decir, la velocidad  
30 espacial, temperatura y presión, se eligen en el marco de los

intervalos arriba indicados para estos parámetros del procedimiento de manera que para un gas con un contenido en  $\text{NO}_x$  dado y con una correspondiente adición de agente reductor para  $\text{NO}_x$  en la salida de la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  resulte un  
5 contenido residual de  $\text{NO}_x$  menor que 150 ppmv, preferiblemente menor que 100 ppmv, de manera particularmente preferida menor que 50 ppmv, de manera muy particularmente preferida menor que 20 ppmv, de manera especialmente preferida menor que 10 ppmv y de manera extraordinariamente preferida menor que 1  
10 ppmv.

En la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$ , la temperatura en el procedimiento de acuerdo con la invención oscila habitualmente asimismo entre 300 y 600°C, preferiblemente entre 350 y 550°C y, de manera particularmente preferida, entre 400 y 550°C. La  
15 temperatura en la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  se elige, por lo general, de manera que no se diferencie en más de alrededor de 50°C, preferiblemente en no más de alrededor de 20°C de la temperatura que predomina en la etapa de  $\text{DeNO}_x$ . Como temperatura de la etapa respectiva se considera la  
20 temperatura de la corriente gaseosa directamente a la entrada de la etapa correspondiente.

También la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  puede llevarse a cabo, de acuerdo con la invención, a presión normal o, preferiblemente a sobre-presión. Típicamente, la presión en esta etapa oscila  
25 en el intervalo de 1 a 50 bara, preferiblemente de 1 a 25 bara, de manera particularmente preferida de 4 a 15 bara. En este caso, una elevada presión de trabajo en la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  reduce la cantidad de catalizador requerida para la descomposición de  $\text{N}_2\text{O}$ .

30 La cantidad de catalizador en la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  se mide

de modo que pueda alcanzarse el grado de degradación deseado en  $N_2O$ .

El lecho del reactor de la etapa de  $DeN_2O$  se llena preferiblemente con catalizador de modo que – referido a la corriente gaseosa que penetra – resulte una velocidad espacial entre 2.000 y 50.000  $h^{-1}$ , preferiblemente una velocidad espacial entre 2.500 y 25.000  $h^{-1}$ , y de manera particularmente preferida una velocidad espacial entre 3.000 y 20.000  $h^{-1}$ . La velocidad espacial puede ajustarse, tal como se describe en el caso de la reducción del  $NO_x$ , a través de la corriente en volumen del gas y/o a través de la cantidad de catalizador.

En el procedimiento de acuerdo con la invención, el grado de reducción de  $NO_x$  en la etapa de  $DeNO_x$ , así como los parámetros de procedimiento en la etapa de  $DeN_2O$ , es decir, la velocidad espacial, temperatura y presión, se eligen en el marco de los intervalos arriba indicados para estos parámetros del procedimiento de manera que para un gas con un contenido dado en  $N_2O$  a la entrada de la o las etapas de  $DeN_2O$  resulte una disminución del contenido en  $N_2O$  hasta valores menores que 100 ppmv, preferiblemente menores que 50 ppmv, de manera particularmente preferida menores que 30 ppmv y de manera muy particularmente preferida menores que 15 ppmv. En conjunto, debe tener lugar una degradación lo más amplia posible del  $N_2O$ .

Las Figuras 1 a 6 describen formas de realización preferidas del dispositivo de acuerdo con la invención y del procedimiento de acuerdo con la invención.

La Figura 1 representa un dispositivo de acuerdo con la invención en sección longitudinal, en el que los dos lechos

de catalizador están configurados en forma de dos cilindros huecos unidos. El reactor se compone del recipiente (1), equipado con una entrada (11) y una salida (12) para el gas. El gas (2) a purificar con contenido en óxidos de nitrógeno es aportado al reactor junto con un agente reductor para NO<sub>x</sub> (3), por ejemplo amoníaco, un mezclador (4) incorporado en la entrada (11) a través de tuberías no representadas. La mezcla gaseosa abandona éstas en forma de corriente de entrada (5), en donde el gas con contenido en óxidos de nitrógeno, así como el agente reductor gaseoso para NO<sub>x</sub> son mezclados homogéneamente entre sí. La corriente de entrada (5) es conducida desde el mezclador (4) al recinto de entrada (6) del reactor y desde allí recorre un lecho de catalizador de DeNO<sub>x</sub> (7) y, acto seguido, un lecho de catalizador de DeN<sub>2</sub>O (8). Estos lechos de catalizador están dispuestos en una cesta radial en forma de dos lechos unidos y en cada caso forman un cilindro hueco. La superficie envolvente interna del cilindro hueco exterior limita en este caso directamente junto a la superficie envolvente externa del cilindro hueco interior. El cilindro hueco interior forma en el interior una cavidad que forma el recinto de salida (9) para el gas purificado (10). Éste sale del reactor a través de la salida (12) después de recorrer el recinto de salida (9). Para la conducción de la corriente, los dos lechos de catalizador (7, 8) están provistos en su cara superior de una tapa (13) estanca a los gases. Las restantes paredes (15) de la cesta radial son permeables a los gases y, p. ej., están realizadas como una tela metálica. La cara inferior (14) de la cesta radial porta los lechos de catalizador y está configurada de forma estanca a los gases, por ejemplo en forma de una placa

cerrada.

La Figura 2 representa un dispositivo de acuerdo con la invención en sección longitudinal, en el que los dos lechos de catalizador están realizados en forma de dos cilindros huecos unidos. La estructura de este dispositivo es similar a la estructura del reactor de la Figura 1. Únicamente, en este caso el gas a purificar fluye en dirección opuesta desde el interior hacia el exterior a través de los lechos de catalizador. También aquí, el reactor se compone del recipiente (1) que está equipado con una entrada (11) y una salida (12) para el gas. El gas (2) a purificar y que contiene óxidos de nitrógeno es aportado al reactor junto con un agente reductor para  $\text{NO}_x$  (3), por ejemplo amoníaco, un mezclador (4) incorporado en la entrada (11) a través de tuberías no representadas. La mezcla gaseosa abandona éstas en forma de corriente de entrada (5), en donde el gas con contenido en óxidos de nitrógeno, así como el agente reductor para  $\text{NO}_x$  son mezclados homogéneamente entre sí. La corriente de entrada (5) es conducida desde el mezclador (4) al recinto de entrada (6) del reactor. Este recinto termina, en esta forma de realización, en la cavidad interna del cilindro hueco formado por el lecho de catalizador interno. Desde el recinto de entrada (6), la corriente de gas (5) a purificar recorre un lecho de catalizador de  $\text{DeNO}_x$  (7) y, acto seguido, un lecho de catalizador de  $\text{DeN}_2\text{O}$  (8). Estos lechos de catalizador están dispuestos también en esta forma de realización en una cesta radial en forma de dos lechos situados unidos y forman en cada caso un cilindro hueco. También aquí, la superficie interna de la envolvente del cilindro hueco limita directamente junto a la superficie

envolvente externa del cilindro hueco interno. En la presente forma de realización, el gas a purificar recorre los dos lechos de catalizador radialmente desde el interior hacia el exterior. El recinto de salida (9) para el gas (10) purificado comienza aquí junto a la superficie envolvente externa del lecho de catalizador de  $\text{DeN}_2\text{O}$  (8). Después de recorrer el recinto de salida (9), el gas (10) purificado sale del reactor a través de la salida (12). Para la conducción de la corriente, los dos lechos de catalizador (7, 8) están provistos en su cara superior en este caso asimismo de una tapa (13) estanca a los gases; no obstante, ésta debe estar prevista en el centro de un orificio para el paso de la corriente de entrada (5). Las restantes paredes (15) de la cesta radial son permeables a los gases y están realizadas, p. ej., como tela metálica. La cara inferior de la cesta radial (14) debe estar realizada de forma estanca a los gases con el fin de garantizar la circulación deseada de los lechos de catalizador.

En la Figura 3 se describe un dispositivo de acuerdo con la invención en sección longitudinal, en el que dos lechos de catalizador son recorridos por el gas a purificar, primeramente de manera axial y acto seguido de manera radial. El reactor se compone del recipiente (1), equipado con una entrada (11) y una salida (12) para el gas. El gas (2) a purificar, con contenido en óxidos de nitrógeno, es aportado al reactor junto con un agente reductor para  $\text{NO}_x$  (3), por ejemplo amoníaco, un mezclador (4) incorporado en la entrada (11) a través de tuberías no representadas. La mezcla gaseosa abandona éstas en forma de corriente de entrada (5), en donde el gas con contenido en óxidos de nitrógeno, así como el

agente reductor para  $\text{NO}_x$  son mezclados homogéneamente entre sí. La corriente de entrada (5) es conducida desde el mezclador (4) al recinto de entrada (6) del reactor, y desde allí recorre en dirección axial, un lecho de catalizador de  $\text{DeNO}_x$  (7), el cual está incorporado en forma de lecho horizontal entre dos fondos (15) permeables a los gases. Después de recorrer el lecho de catalizador de  $\text{NO}_x$  (7), el gas purificado de  $\text{NO}_x$  fluye a un recinto intermedio (16) el cual desemboca en una cavidad (17) interna que está rodeada por un lecho de catalizador de  $\text{DeN}_2\text{O}$  (8). Para la conducción de la corriente, el lecho de catalizador (8) está provisto en su cara superior de una tapa (13) estanca a los gases, la cual se une a la pared del recipiente (1). El gas a purificar fluye desde la cavidad (17) radialmente hacia fuera a través del lecho de catalizador de  $\text{DeN}_2\text{O}$  (8) y sale junto a la superficie envolvente exterior del cilindro en el recinto de salida (9) para el gas (10) purificado. Después de recorrer el recinto de salida (9), el gas (10) purificado sale del reactor a través de la salida (12). La cara inferior de la cesta radial (14) está realizada de forma estanca a los gases con el fin de garantizar la circulación deseada del lecho de catalizador (8).

La Figura 4 representa un dispositivo de acuerdo con la invención en sección longitudinal, en el que los dos lechos de catalizador están realizados en forma de dos lechos dispuestos horizontalmente. La estructura de este dispositivo es similar a la estructura del reactor de la Figura 2. Únicamente, en este caso el gas a purificar fluye de un modo axial a través de dos lechos de catalizador (7, 8) conectados uno tras otro. El reactor se compone también aquí del

recipiente (1), equipado con entrada (11) y salida (12) para el gas. El gas (2) a purificar y que contiene óxidos de nitrógeno es aportado al reactor junto con un agente reductor para  $\text{NO}_x$  (3) por ejemplo amoníaco, un mezclador (4) dispuesto en la entrada (11) a través de tuberías no representadas. La mezcla gaseosa abandona éstas como corriente de entrada (5) en la que se mezclan entre sí el gas con contenido en óxidos de nitrógeno así como el agente reductor para  $\text{NO}_x$ . La corriente de entrada (5) se conduce desde el mezclador (4) al recinto de entrada (6) del reactor y desde allí, y en dirección axial, recorre un lecho de catalizador de  $\text{DeNO}_x$  (7) así como un lecho de catalizador de  $\text{DeN}_2\text{O}$  (8) que se une al anterior, que en cada caso están aplicados como un lecho horizontal entre los fondos (15) permeables a los gases. El gas (10) purificado sale de la cara inferior del lecho de catalizador de  $\text{DeN}_2\text{O}$  (8) al recinto de salida (9). Después de recorrer el recinto de salida (9), el gas (10) purificado abandona el reactor a través de la salida (12).

La Figura 5a representa un dispositivo de acuerdo con la invención en sección longitudinal, en el que el lecho de catalizador de  $\text{DeNO}_x$  (7) está presente como un lecho horizontal y están presentes varios lechos de catalizador de  $\text{DeN}_2\text{O}$  (8) en forma de lechos dispuestos verticalmente. El reactor se compone del recipiente (1), equipado con entrada (11) y salida (12) para el gas. El gas (2) a purificar y con contenidos en óxidos de nitrógeno es aportado al reactor junto con un agente reductor para  $\text{NO}_x$  (3), por ejemplo amoníaco, un mezclador (4) incorporado en la entrada (11) a través de tuberías no representadas. La mezcla gaseosa abandona éstas como corriente de entrada (5) en la que se

mezclan homogéneamente entre sí el gas con contenido en óxidos de nitrógeno así como el agente reductor para  $\text{NO}_x$ . La corriente de entrada (5) se conduce desde el mezclador (4) al recinto de entrada (6) del reactor y desde allí recorre en  
5 dirección axial un lecho de catalizador de  $\text{DeNO}_x$  (7) que es mantenido o limitado por suelos (15) permeables a los gases. Después de recorrer el lecho de catalizador de  $\text{DeNO}_x$  (7), el gas purificado de  $\text{NO}_x$  fluye a un recinto intermedio (16) y desde allí a través de una disposición (18) de varios lechos  
10 de catalizador de  $\text{DeN}_2\text{O}$  (8) verticales no representada con detalle en la Figura 5a. La disposición (18) presenta una sección transversal rectangular y está unida, en la cara superior y la cara inferior, con soportes (19) con la envolvente del recipiente (1). El gas purificado de  $\text{NO}_x$  fluye  
15 desde arriba hacia abajo a través de la disposición (18), descomponiéndose el  $\text{N}_2\text{O}$  contenido en el gas en nitrógeno y oxígeno. El gas (10) purificado sale junto a la cara frontal inferior de la disposición (18) al recinto de partida (9) y abandona el reactor a través de la salida (12).

20 En la parte superior de la Figura 5b está representado una sección de la disposición (18) a lo largo de la línea A. La disposición (18) se encuentra dentro del recipiente (1) y forma un cuadrado que está rodeado por chapas (20). El espacio interior del cuadrado está formado por una secuencia  
25 de tramos de recintos (8, 9, 17) dispuestos verticalmente y que limitan directamente uno con otro. Estos tramos de recintos son limitados en cada caso por paredes (15) permeables a los gases, por ejemplo de telas metálicas. En el caso de los tramos de recinto (8) se trata de varios lechos  
30 de catalizador de  $\text{DeN}_2\text{O}$  que discurren verticalmente en el

interior de la disposición (18). En el caso de los tramos de recinto (9) se trata de recintos de salida para el gas (10) purificado. El caso de los tramos de recinto (17) se trata de recintos de entrada para el gas purificado de  $\text{NO}_x$ .

5        En la parte inferior de la Figura 5b está representada la disposición (18) en sección longitudinal junto con un perfil de flujo para el gas. El gas purificado de  $\text{NO}_x$  penetra desde la cara superior de la disposición (18) a través de los recintos de entrada (17) en los lechos de catalizador de  $\text{DeN}_2\text{O}$  (8) que discurren verticalmente y es purificado allí de  $\text{N}_2\text{O}$ . Después, el gas (10) purificado sale a los recintos de salida (9) y abandona acto seguido el reactor. Para la conducción de la corriente están dispuestas en la cara frontal superior de la disposición (18) chapas (22) estancas  
10 a los gases que permiten al gas purificado de  $\text{NO}_x$  solamente el acceso a los recintos de entrada (17), pero no a las caras frontales de los lechos de catalizador de  $\text{DeN}_2\text{O}$  (8) ni a los recintos de salida (9). Para la conducción de la corriente están incorporadas chapas (23) estancas a los gases en la  
15 cara frontal inferior de la disposición (18), que permiten al gas (10) purificado sólo la salida después de los recintos de salida (9), pero no a través de las caras frontales de los lechos de catalizador de  $\text{DeN}_2\text{O}$  (8) y no a los recintos de entrada (17).

25        La Figura 6a representa un dispositivo de acuerdo con la invención en sección longitudinal, en el que los dos lechos de catalizador están configurados en forma de varias lechos dispuestos en cada caso verticalmente. La estructura de este dispositivo es similar a la estructura del reactor de la  
30 Figura 5a. Únicamente, en este caso el gas a purificar fluye

de manera axial a través de en cada caso dos lechos de catalizador conectados uno tras otro y en cada caso dispuestos verticalmente (no representados con mayor detalle en la Figura 6a). El reactor se compone también aquí del  
5 recipiente (1), equipado con entrada (11) y salida (12) para el gas. El gas (2) a purificar y con contenido en óxidos de nitrógeno es aportado al reactor junto con un agente reductor para  $\text{NO}_x$  (3), por ejemplo amoníaco, un mezclador (4) incorporado en la entrada (11) a través de tuberías no  
10 representadas. La mezcla gaseosa abandona éstas como corriente de entrada (5) en la que el gas con contenido en óxidos de nitrógeno así como el agente reductor para  $\text{NO}_x$  se mezclan homogéneamente entre sí. La corriente de entrada (5) es conducida desde el mezclador (4) al recinto de entrada (6)  
15 del reactor y recorre desde allí una disposición (18) de varias combinaciones de lechos de catalizador de  $\text{DeNO}_x$  y  $\text{DeN}_2\text{O}$  (7, 8) verticales no representadas con mayor detalle en la Figura 6a. La disposición (18) presenta una sección transversal rectangular y está unida en la cara superior y en  
20 la cara inferior con soportes (19) con la envolvente del recipiente (1). El gas a purificar fluye desde arriba hacia abajo a través de la disposición (18), separándose los óxidos de nitrógeno contenidos en el gas. El gas (10) purificado sale junto a la cara frontal inferior de la disposición (18)  
25 al recinto de salida (9) y abandona allí el reactor a través de la salida (12).

En la Figura 6b está representada en sección longitudinal una interconexión de la disposición (18) junto con un perfil de flujo para el gas. El gas a purificar  
30 penetra desde la cara superior de la disposición (18) a

través de los espacios de entrada (6) en los lechos de catalizador de  $\text{DeNO}_x$  (7) y es allí purificado de  $\text{NO}_x$ . De cada uno de los lechos de catalizador de  $\text{DeNO}_x$  (7), el gas pasa directamente a un lecho de catalizador de  $\text{DeN}_2\text{O}$  (8), en donde  
5 el  $\text{N}_2\text{O}$  que permanece en el gas es descompuesto en nitrógeno y oxígeno. Después, el gas (10) purificado sale de los recintos de salida (9) y abandona acto seguido el reactor. Los lechos de catalizador (7, 8) están reunidos en cada caso por pares que limitan directamente uno con otro, que discurren  
10 verticalmente en el interior de la disposición (18) y cuyas caras longitudinales - a través de las cuales también tiene lugar el intercambio de gases - se encuentran en contacto directo entre sí. Para la conducción de la corriente están incorporados en la cara frontal superior de la disposición  
15 (18), chapas (22) estancas a los gases que permiten al gas a purificar únicamente el acceso a los recintos de entrada (6), pero no a las caras frontales de los lechos de catalizador (7, 8) ni a los recintos de salida (9). Para la conducción de corriente están dispuestos sobre la cara frontal inferior de  
20 la disposición (18), chapas (23) estancas a los gases que permiten al gas (10) purificado sólo la salida a través de los recintos de salida (9), pero no a través de las caras frontales de los lechos de catalizador (7, 8) y no en los recintos de entrada (6). Los lechos de catalizador (7, 8)  
25 están delimitados lateralmente por paredes (15) permeables a los gases que están realizadas, p. ej., como tela metálica.

En la Figura 6c está representada una interconexión alternativa de la disposición (18) en sección longitudinal, junto con un perfil de flujo para el gas. El gas a purificar  
30 penetra desde la cara superior de la disposición (18) a

través de los recintos de entrada (6) en los lechos de catalizador de  $\text{DeNO}_x$  (7) y es purificado allí de  $\text{NO}_x$ . De cada uno de los lechos de catalizador de  $\text{DeNO}_x$  (7), el gas sale al recinto intermedio (25) y luego es conducido a un lecho de catalizador de  $\text{DeN}_2\text{O}$  (8) en donde el  $\text{N}_2\text{O}$  que permanece en el gas es descompuesto en nitrógeno y oxígeno. Después, el gas (10) purificado penetra en los recintos de salida (9) y abandona acto seguido el reactor. Los lechos de catalizador (7, 8) están reunidos en cada caso por pares que limitan directamente uno con otro, que discurren verticalmente en el interior de la disposición (18) y cuyas caras frontales - a través de las cuales no tiene lugar intercambio gaseoso alguno - se encuentran en contacto directo entre sí. Para la conducción de la corriente, están incorporados sobre la cara superior frontal de la disposición (18) chapas (22) estancas a los gases que permiten al gas a purificar únicamente el acceso a los recintos de entrada (6), pero no a las caras frontales de los lechos de catalizador (7), no a los recintos intermedios (25) y no a los recintos de salida (9). Para la conducción de la corriente están dispuestas en la cara frontal inferior de la disposición (18) chapas (23) estancas a los gases que permiten al gas (10) purificado sólo la salida a través de los recintos de salida (9), pero no a través de las caras frontales de los lechos de catalizador (8), no a los recintos intermedios (25) y no a los recintos de entrada (6). Además, para la conducción de corriente están incorporados, en el centro de la disposición (18) entre las caras frontales de los lechos de catalizador (7, 8), así como entre los recintos de entrada (6) y los recintos de salida (9) chapas (24) estancas a los gases que permiten al gas a

purificar sólo el paso desde los lechos de catalizador de  $\text{DeNO}_x$  (7) a los recintos intermedios (25) y desde allí a los lechos de catalizador de  $\text{DeN}_2\text{O}$  (8), pero no el paso directo del gas desde los recintos de entrada (6) a los recintos de salida (9). Los lechos de catalizador (7, 8) están delimitados lateralmente por paredes (15) permeables a los gases que están realizadas, p. ej., como tela metálica.

Los siguientes ensayos y ejemplos de realización explican el procedimiento de acuerdo con la invención y el dispositivo de acuerdo con la invención o bien distintos elementos de los mismos, sin que con ello se pretenda una limitación.

**Ensayos 1 a 3:** Reducción de  $\text{NO}_x$  mediante  $\text{NH}_3$  a través de catalizadores de hierro-zeolita a diferentes temperaturas

Los Ensayos 1 a 3, cuyos resultados se reproducen en las Figuras 7 a 9, demuestran, en el ejemplo de un catalizador de zeolita dotado con hierro, el efecto único de la etapa de  $\text{DeNO}_x$  de acuerdo con la invención o bien de los catalizadores utilizados en la misma para la reducción de  $\text{NO}_x$  en el intervalo de temperaturas de 360 a 500°C. En el caso de los catalizadores empleados en los Ensayos 1 a 3 se trataba de zeolitas cargadas con hierro del tipo ZSM-5 que habían sido preparadas mediante intercambio de iones de cuerpos sólidos, partiendo de polvo de zeolita ZSM-5 en forma de amonio. Datos detallados para la preparación pueden tomarse de M. Rauscher, K. Kesore, R. Mönnig, W. Schwieger, A. Tißler, T. Turek: "Preparation of highly active Fe-ZSM-5 catalyst through solid state ion exchange for the catalytic decomposition of  $\text{N}_2\text{O}$ " en Appl. Catal. 184 (1999) 249-256. El polvo de catalizador obtenido se calcinó al aire durante 6 h a 823 K, se lavó y se

secó durante una noche a 383 K. Después de la adición de aglutinantes correspondientes, siguió la extrusión para formar cuerpos de catalizador cilíndricos.

Los gránulos de catalizador se incorporaron en un reactor de tubos de una instalación de ensayo que estaba conectada a un gas de escape real de una instalación de ácido nítrico. La temperatura de trabajo en las zonas de reacción se ajustó mediante caldeo. El análisis de las corrientes de gas que entran y salen del reactor tuvo lugar con ayuda de un analizador de gases FTIR (razón social Ansyco) o bien con una medición paramagnética para el contenido en oxígeno.

Las condiciones de ensayo o bien de trabajo exactas se pueden deducir de la siguiente Tabla 1.

Tabla 1: Condiciones de trabajo para los Ensayos 1 a 3

| Ensayo                                                            |                  |                 | 1      | 2      | 3      |
|-------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|--------|--------|--------|
| Parámetros del proceso                                            | T                | °C              | 360    | 430    | 500    |
|                                                                   | RG <sup>*)</sup> | h <sup>-1</sup> | 30.000 | 40.000 | 50.000 |
|                                                                   | P                | bara            | 6,5    | 6,5    | 6,5    |
| Composición del gas de escape en la entrada al reactor del ensayo | NO <sub>x</sub>  | ppmv            | 500    | 525    | 520    |
|                                                                   | N <sub>2</sub> O | ppmv            | 745    | 715    | 980    |
|                                                                   | H <sub>2</sub> O | %Vol.           | 0,32   | 0,34   | 0,36   |
|                                                                   | O <sub>2</sub>   | %Vol.           | 0,74   | 0,74   | 0,48   |

<sup>\*)</sup> RG = Velocidad espacial

Los resultados de los Ensayos 1 a 3 están reproducidos en las Figuras 7 a 9. La leyenda de la Figura 7 sirve de igual manera para las Figuras 8 y 9. La designación “aus” en la

leyenda designa en cada caso la concentración en la salida del reactor. Como se puede reconocer, el agente reductor NH<sub>3</sub> puede ser dosificado, para la reducción completa del NO<sub>x</sub>, sin problemas también en cantidades más allá de las supra-estequiométricas, sin que se manifieste una fuga de NH<sub>3</sub>.

**Ensayos 4 y 5:** Efecto inhibidor de NO<sub>x</sub> sobre la descomposición catalítica de N<sub>2</sub>O en el caso de un catalizador de DeN<sub>2</sub>O sensible a NO<sub>x</sub>.

La Figura 10 confirma en el ejemplo de un catalizador, el cual se preparó análogamente al Ejemplo de realización del documento EP 1 257 347 B1 y que después de la regulación en temperatura presentaba una relación en masa de los óxidos resultantes Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>:MgO = 3:7, el efecto inhibidor de NO<sub>x</sub> sobre la descomposición catalítica de N<sub>2</sub>O. Así, bajo las condiciones elegidas (véase la siguiente Tabla 2) la temperatura que se requería para la descomposición de N<sub>2</sub>O era, en presencia de 1000 ppmv de NO<sub>x</sub>, aprox. 100 K mayor que sin NO<sub>x</sub>.

Tabla 2: Condiciones del ensayo para los Ensayos 4 y 5

| Ensayo              |                 | 4                                   | 5                                   |
|---------------------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Cat                 |                 | Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /MgO | Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /MgO |
| RG <sup>*)</sup>    | h <sup>-1</sup> | 10.000                              | 10.000                              |
| Composición del gas |                 |                                     |                                     |
| N <sub>2</sub> O    | ppmv            | 2000                                | 2000                                |
| O <sub>2</sub>      | %Vol.           | 2,5                                 | 2,5                                 |
| H <sub>2</sub> O    | %Vol.           | 0,5                                 | 0,5                                 |
| NO <sub>x</sub>     | ppmv            | 0                                   | 1000                                |
| N <sub>2</sub>      |                 | Resto                               | Resto                               |

<sup>\*)</sup> RG = Velocidad especial

**Ejemplos 1 (de acuerdo con la invención) y 2 (comparativo)**

El efecto del procedimiento de acuerdo con la invención / del dispositivo de acuerdo con la invención se explica mediante los siguientes Ejemplos.

5        En una instalación de ensayo con dos reactores de tubos conectados uno tras otro, que estaba conectada a un gas de escape real de una instalación de ácido nítrico, se incorporó en la primera etapa un catalizador de  $\text{DeNO}_x$  y en la segunda etapa un catalizador de  $\text{DeN}_2\text{O}$  sensible a  $\text{NO}_x$ .

10        Antes de la primera etapa tuvo lugar la adición de  $\text{NH}_3$  como agente reductor para  $\text{NO}_x$ . El análisis de las corrientes de gas que entran y salen del reactor tuvo lugar con ayuda de un analizador de gases FTIR (razón social Ansyco) o bien con una medición paramagnética para el contenido en oxígeno. La  
15        temperatura de trabajo en las etapas de reacción se ajustó mediante precalentamiento de la corriente de gas que penetra en los reactores de tubos y mediante caldeo de la zona de reacción.

      Como catalizador de  $\text{DeN}_2\text{O}$  sensible a  $\text{NO}_x$  en la etapa de  
20         $\text{DeN}_2\text{O}$  se empleó un catalizador basado en  $\text{Co}_3\text{O}_4/\text{MgO}$  en forma de tableta, el cual se preparó análogamente al Ejemplo de realización del documento de patente EP 1 257 347 B1 y presentaba una relación en masa de los óxidos de resultantes  $\text{Co}_3\text{O}_4:\text{MgO}$  de 3:7. La cantidad de catalizador se eligió de  
25        manera que, referido al volumen aparente del catalizador de  $\text{DeN}_2\text{O}$ , resultaba una velocidad espacial de  $20.000 \text{ h}^{-1}$ . La temperatura de la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  era de  $500^\circ\text{C}$ .

      En la etapa de  $\text{DeNO}_x$  pasó a emplearse, por una parte (Ejemplo 1) una zeolita de tipo ZSM-5 extrudida y cargada con  
30        hierro, al igual que ya también se había utilizado para los

Ensayos 1 a 3. La cantidad de catalizador se eligió de manera que, referido al volumen del lecho del catalizador, resultaba una velocidad espacial de 50.000 h<sup>-1</sup>. La temperatura de la etapa de DeN<sub>2</sub>O ascendió asimismo a 500°C.

5            Por otra parte (Ejemplo 2, comparativo) en la etapa de DeNO<sub>x</sub> se utilizó un catalizador de SCR clásico a base de V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> de la razón social Ceram en forma de granulado. Para ello, se habían desmenuzado correspondientes alveolos completos del catalizador y se habían introducido en el  
10 reactor de tubos después del tamizado de la porción fina. La cantidad de catalizador se eligió en este caso de manera que, referido al volumen del lecho del catalizador de DeNO<sub>x</sub>, resultaba una velocidad espacial de 48.000 h<sup>-1</sup>. La temperatura de la etapa de DeNO<sub>x</sub> se reguló a 260°C, de modo  
15 que la corriente de gas que sale en este caso debía ser calentada de nuevo antes de la entrada a la etapa de DeN<sub>2</sub>O.

Las condiciones de ensayo o bien de trabajo precisas se pueden deducir de la siguiente Tabla 3. La Figura 11 ilustra los resultados del ensayo obtenido.

20    Tabla 3: Condiciones de ensayo para los Ejemplos 1 y 2

| Ejemplo          |                 | 1                 |                                     | 2                                                                |                                     |
|------------------|-----------------|-------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Etapa            |                 | DeNO <sub>x</sub> | DeN <sub>2</sub> O                  | DeNO <sub>x</sub>                                                | DeN <sub>2</sub> O                  |
| Cat.             |                 | Fe-ZSM-5          | Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /MgO | V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -WO <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub> | Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /MgO |
| RG <sup>*)</sup> | h <sup>-1</sup> | 50.000            | 20.000                              | 48.000                                                           | 20.000                              |
| T                | °C              | 500               | 500                                 | 260                                                              | 500                                 |

<sup>\*)</sup> RG = Velocidad espacial

Tal como se puede deducir de la Figura 11, en el Ejemplo 1 de acuerdo con la invención se consigue una conversión de  
25 N<sub>2</sub>O claramente mayor que en el Ejemplo Comparativo 2.

Sorprendentemente, en este caso en el Ejemplo 1 de acuerdo con la invención, comparado con el Ejemplo 2, en el que al catalizador de  $\text{Co}_3\text{O}_4/\text{MgO}$  está antepuesto un catalizador de  $\text{DeNO}_x$  clásico a base de  $\text{V}_2\text{O}_5\text{-WO}_3/\text{TiO}_2$ , la degradación de  $\text{N}_2\text{O}$  alcanzada es, además, más o menos independiente, dentro de un amplio intervalo, del contenido en  $\text{NO}_x$  en la salida de la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$ . El procedimiento de acuerdo con la invención o bien el dispositivo de acuerdo con la invención posibilita de esta manera la separación simultánea de  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{NO}_x$  a partir de gases con elevadas tasas de degradación. En el Ejemplo comparativo esto no es posible, ya que aquí en el caso de una elevada dosificación de  $\text{NH}_3$ , es decir, a lo más tardar en el caso de una relación de  $[\text{NH}_3]_{\text{ein}}:[\text{NO}_x]_{\text{aus}}$  de  $\geq 1$  se manifiesta una fuga de  $\text{NH}_3$  de la etapa de  $\text{DeNO}_x$  que, en la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$ , conduce a una formación, al menos parcial, de  $\text{NO}_x$ . Esto tiene como consecuencia de nuevo no sólo un aumento de la concentración de salida de  $\text{NO}_x$ , sino también una inhibición de la degradación de  $\text{N}_2\text{O}$  en la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  y, con ello, un retroceso drástico de la degradación de  $\text{N}_2\text{O}$ .

Se hace constar que con relación a esta fecha, el mejor método conocido por la solicitante para llevar a la práctica la citada invención, es el que resulta claro de la presente descripción de la invención.

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para reducir el contenido de  $\text{NO}_x$  y  $\text{N}_2\text{O}$  en gases, que comprende:

- 5 A) un recipiente (1) y, dispuestos en él
- B) dos etapas de reacción dispuestas una tras otra para la separación de  $\text{NO}_x$  (etapa de  $\text{DeNO}_x$ ) mediante reducción de  $\text{NO}_x$  con un agente reductor con contenido en nitrógeno y, dispuesta a continuación, para la separación de  $\text{N}_2\text{O}$  mediante descomposición catalítica de  $\text{N}_2\text{O}$  en  $\text{N}_2$  y  $\text{O}_2$  (etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$ ) que en cada caso presentan uno o varios lechos de catalizador (7, 8), y que son recorridas por el gas a purificar, en donde
- 10 C) al menos un lecho de catalizador de la etapa de  $\text{DeNO}_x$  (7) contiene un catalizador para la reducción de  $\text{NO}_x$  con agentes reductores con contenido en nitrógeno, que contiene zeolitas dotadas con metales de transición, incluidos los lantánidos,
- 15 D) al menos un lecho de catalizador de la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  (8) contiene un catalizador para la descomposición de  $\text{N}_2\text{O}$  en  $\text{N}_2$  y  $\text{O}_2$  que no contiene zeolitas o que contiene menos de 15% en peso de zeolitas, y que contiene uno o varios compuestos catalíticamente activos de elementos elegidos de los grupos 5 a 11 del Sistema Periódico de los Elementos, exceptuadas zeolitas dotadas con hierro,
- 20 y
- 25 E) delante de la etapa de  $\text{DeNO}_x$  (7) está provisto un dispositivo para incorporar un agente reductor con contenido en nitrógeno en la corriente del gas con contenido en  $\text{NO}_x$  y  $\text{N}_2\text{O}$ .
- 30

2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que está provisto un mezclador a través del cual son conducidos el gas con contenido en  $\text{NO}_x$  y  $\text{N}_2\text{O}$ , así como el agente reductor, y después de la mezclado a fondo son dirigidos a la etapa de  $\text{DeNO}_x$ , en donde se trata preferiblemente de un mezclador estático que está dispuesto delante del recipiente (1) o en la salida en el recipiente (1) o inmediatamente delante de la etapa de  $\text{DeNO}_x$ .

3. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que están provistos lugares de medición F) para el flujo o para la cantidad del gas y/o lugares de medición G) para la determinación de la concentración de  $\text{NO}_x$  o de uno de sus componentes individuales en el gas, estando dispuesto un lugar de medición F) preferiblemente delante de la etapa de  $\text{DeNO}_x$ , y un lugar de medición G) se encuentra delante de la etapa de  $\text{DeNO}_x$ , detrás de la etapa de  $\text{DeNO}_x$  y delante de la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  o detrás de la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$ .

4. Dispositivo según la reivindicación 3, caracterizado por que un lugar de medición G) está dispuesto detrás de la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  o, de manera particularmente preferida, delante de la etapa de  $\text{DeNO}_x$  en la tubería de alimentación para el gas con contenido en óxidos de nitrógeno y a purificar.

5. Dispositivo según la reivindicación 3, caracterizado por que los lugares de medición F) y G) para la determinación de la cantidad del agente reductor alimentado están acopladas a través de una unidad de control o de regulación H) con un dispositivo de ajuste I), con el cual se puede provocar una modificación de la alimentación de la cantidad del agente reductor, preferiblemente con una válvula controlable o

regulable, con la cual se puede ajustar el flujo o la cantidad del agente reductor que recorre el dispositivo E).

6. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que al menos un lecho de catalizador de una etapa de reacción, preferiblemente al menos un lecho de catalizador de las dos etapas de reacción está configurado o bien dispuesto de manera que es recorrido lateralmente, en particular radialmente por el gas a purificar, presentándose preferiblemente en forma de un cilindro hueco el lecho de catalizador recorrido radialmente de una o, en particular, preferiblemente de las dos etapas de reacción.

7. Dispositivo según la reivindicación 6, caracterizado por que los lechos de catalizador de las dos etapas de reacción recorridos radialmente se presentan en forma de cilindros huecos, que están dispuestos unidos concéntricamente, conteniendo preferiblemente el cilindro hueco externo catalizador para la reducción de  $\text{NO}_x$ , cuyas partículas o cuerpos moldeados presentan un diámetro de equivalencia de 2 a 5 mm, y conteniendo el cilindro hueco interno catalizador para la descomposición de  $\text{N}_2\text{O}$ , cuyas partículas o cuerpos moldeados presentan un diámetro de equivalencia de 1 a 4 mm.

8. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que en la etapa de  $\text{DeNO}_x$  están contenidos catalizadores que contienen zeolitas dotadas con Co, Cu y/o Fe, en particular zeolitas dotadas con Fe.

9. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que en la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  están contenidos catalizadores que contienen uno o varios compuestos catalíticamente activos de elementos seleccionados de los grupos 9 a 11 del Sistema

Periódico de los Elementos, preferiblemente compuestos de los elementos Co, Pt, Pd, Ir, Rh, Ni y/o Cu, de manera particularmente preferida Co, Rh, Ni y/o Cu y, en particular, Co o Rh.

5           10. Dispositivo según la reivindicación 9, caracterizado por que los compuestos catalíticamente activos en los catalizadores de  $\text{DeN}_2\text{O}$  están contenidos en forma pura o están aplicados sobre materiales de soporte adecuados o están mezclados con los mismos, empleándose como materiales de  
10 soporte, en particular, óxidos refractarios, preferiblemente  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , o mezclas de dos o varios de los mismos, o materiales que presentan por sí mismos una determinada actividad catalítica para la descomposición de  $\text{N}_2\text{O}$ , en particular  $\text{MgO}$ , zeolitas, hidrotalcitas o mezclas de  
15 dos o más de los mismos.

          11. Dispositivo según la reivindicación 9, caracterizado por que en la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  están contenidos catalizadores que contienen Rh, que están soportados sobre  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  o hidrotalcitas o están mezclados con estos materiales de  
20 soporte, o por que en la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  están contenidos catalizadores con contenido en Co que están soportados sobre hidrotalcitas o sobre óxido de magnesio o están mezclados con estos materiales de soporte.

          12. Procedimiento para reducir el contenido de  $\text{NO}_x$  y  $\text{N}_2\text{O}$   
25 en gases, que comprende las medidas:

- a) adición de agente reductor con contenido en nitrógeno a una corriente gaseosa con contenido en  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{NO}_x$  para la reducción del  $\text{NO}_x$ ,
- b) conducción de la corriente gaseosa con contenido en  $\text{N}_2\text{O}$ ,  
30  $\text{NO}_x$  y agente reductor a través de al menos un lecho de

- catalizador de una etapa de DeNO<sub>x</sub> (7) que contiene un catalizador para la reducción del NO<sub>x</sub> por parte del agente reductor que contiene zeolitas dotadas con metales de transición, incluidos los lantánidos, haciéndose reaccionar NO<sub>x</sub> mediante reducción de NO<sub>x</sub> con el agente reductor con contenido en nitrógeno, y
- 5 c) conducción de la corriente gaseosa que sale de la etapa de DeNO<sub>x</sub> a través de al menos un lecho de catalizador de una etapa de DeN<sub>2</sub>O (8) que contiene un catalizador para la descomposición del N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, el cual se elige del grupo de los catalizadores que contienen uno o
- 10 varios compuestos catalíticamente activos de elementos elegidos de los grupos 5 a 11 del Sistema Periódico de los Elementos, con excepción de las zeolitas dotadas con hierro, haciéndose reaccionar N<sub>2</sub>O mediante descomposición catalítica de N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>.
- 15 13. Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado por que la cantidad del agente reductor se elige de manera que éste se hace reaccionar por completo o casi por completo en la etapa de DeNO<sub>x</sub>, de modo que no resulte fuga alguna del agente reductor de la etapa de DeNO<sub>x</sub> a la etapa de DeN<sub>2</sub>O o resulte una fuga menor que 25 ppmv.
- 20 14. Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado por que el agente reductor para NO<sub>x</sub> es amoníaco, el cual se añade preferiblemente en una cantidad tal que, referido a los componentes NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub> en la entrada de la etapa de DeNO<sub>x</sub>, resulte una relación molar de NH<sub>3</sub>/NO<sub>x</sub> de 0,8 a 3, preferiblemente de 1 a 2,5, de manera particularmente preferida de 1,2 a 2 y, en particular, de 1,3
- 30 a 1,8.

15. Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado por que el agente reductor con contenido en nitrógeno se añade a la corriente gaseosa con contenido en  $N_2O$  y  $NO_x$  en una cantidad tal que el grado de degradación en  $NO_x$ , referido a la concentración de entrada de  $NO_x$ , asciende a más de 70%, preferiblemente a más de 80%, de manera particularmente preferida a más de 90%, en particular a más de 95% y/o por que en la etapa de  $DeN_2O$  la velocidad espacial, la temperatura y la presión se eligen de manera que el gas en la salida de la etapa de  $DeN_2O$  presenta un contenido en  $N_2O$  menor que 100 ppmv, preferiblemente menor que 50 ppmv, de manera particularmente preferida menor que 30 ppmv y de manera muy particularmente preferida menor que 15 ppmv.

16. Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado por que la adición de agente reductor para  $NO_x$  se regula midiendo el contenido en  $NO_x$  a través de un lugar de medición G) junto a la salida de la etapa de  $DeN_2O$  y, a través de una unidad de regulación H), se controla un dispositivo de ajuste I) para la dosificación del agente reductor de manera que junto a la salida de la etapa de  $DeN_2O$  se ajusta el contenido en  $NO_x$  deseado y/o por que la adición de agente reductor para  $NO_x$  se regula midiendo el contenido en  $NO_x$  y el flujo o la cantidad del gas antes de la entrada en la etapa de  $DeNO_x$ , y a partir de estas magnitudes se ajusta de manera correspondiente, a través de una unidad de control H) y bajo un cálculo previo de una relación adecuada de las cantidades de agente reductor y  $NO_x$ , la cantidad requerida de agente reductor y se ajusta de manera correspondiente el dispositivo de ajuste I).

17. Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado por que la temperatura en la etapa de  $\text{DeNO}_x$  y en la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  se encuentra entre 300 y 600°C, preferiblemente entre 350 y 550°C y, de manera particularmente preferida, entre 400 y 550°C, y por que la temperatura en la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  se diferencia en no más de 50°C, preferiblemente en no más de 20°C de la temperatura que predomina en la etapa de  $\text{DeNO}_x$ , y/o por que la presión en la etapa de  $\text{DeNO}_x$  y en la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  se encuentra en el intervalo de 1 a 50 bara, preferiblemente de 1 a 25 bara, de manera particularmente preferida de 4 a 15 bara, y/o por que el procedimiento en la etapa de  $\text{DeNO}_x$  se lleva a cabo a velocidades espaciales de 5.000 a 200.000  $\text{h}^{-1}$ , preferiblemente de 10.000 a 100.000  $\text{h}^{-1}$  y, de manera particularmente preferida, de 20.000 a 60.000  $\text{h}^{-1}$ .

18. Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado por que el procedimiento en la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  se lleva a cabo a velocidades espaciales de 2.000 a 50.000  $\text{h}^{-1}$ , preferiblemente de 2.500 a 25.000  $\text{h}^{-1}$  y, de manera particularmente preferida, de 3.000 a 20.000  $\text{h}^{-1}$ .

## RESUMEN

DISPOSITIVO Y PROCEDIMIENTO PARA LA ELIMINACIÓN DE  $\text{NO}_x$  Y  $\text{N}_2\text{O}$ 

5        Se describen un dispositivo y un procedimiento para reducir el contenido de  $\text{NO}_x$  y  $\text{N}_2\text{O}$  en gases. El dispositivo comprende: A) un recipiente (1) y, dispuestos en él, B) dos etapas de reacción dispuestas una tras otra para la separación de  $\text{NO}_x$  (etapa de  $\text{DeNO}_x$ ) mediante reducción de  $\text{NO}_x$   
10    con un agente reductor con contenido en nitrógeno y, dispuesta a continuación, para la separación de  $\text{N}_2\text{O}$  mediante descomposición catalítica de  $\text{N}_2\text{O}$  en  $\text{N}_2$  y  $\text{O}_2$  (etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$ ) que en cada caso se componen de uno o varios lechos de catalizador (7, 8), y que son recorridas por el gas a  
15    purificar, en donde C) el al menos un lecho de catalizador de la etapa de  $\text{DeNO}_x$  (7) contiene un catalizador para la reducción de  $\text{NO}_x$  con agentes reductores con contenido en nitrógeno, que contiene zeolitas dotadas con metales de transición, incluidos los lantánidos, D) el al menos un lecho  
20    de catalizador de la etapa de  $\text{DeN}_2\text{O}$  (8) contiene un catalizador para la descomposición de  $\text{N}_2\text{O}$  en  $\text{N}_2$  y  $\text{O}_2$  que contiene uno o varios compuestos catalíticamente activos de elementos elegidos de los grupos 5 a 11 del Sistema Periódico de los Elementos, exceptuadas zeolitas dotadas con hierro, y  
25    E) delante de la etapa de  $\text{DeNO}_x$  (7) está previsto un dispositivo para incorporar un agente reductor con contenido en nitrógeno en la corriente del gas con contenido en  $\text{NO}_x$  y  $\text{N}_2\text{O}$ . La combinación de catalizadores utilizada de acuerdo con la invención permite una estructura muy sencilla y un  
30    funcionamiento muy rentable del reactor.

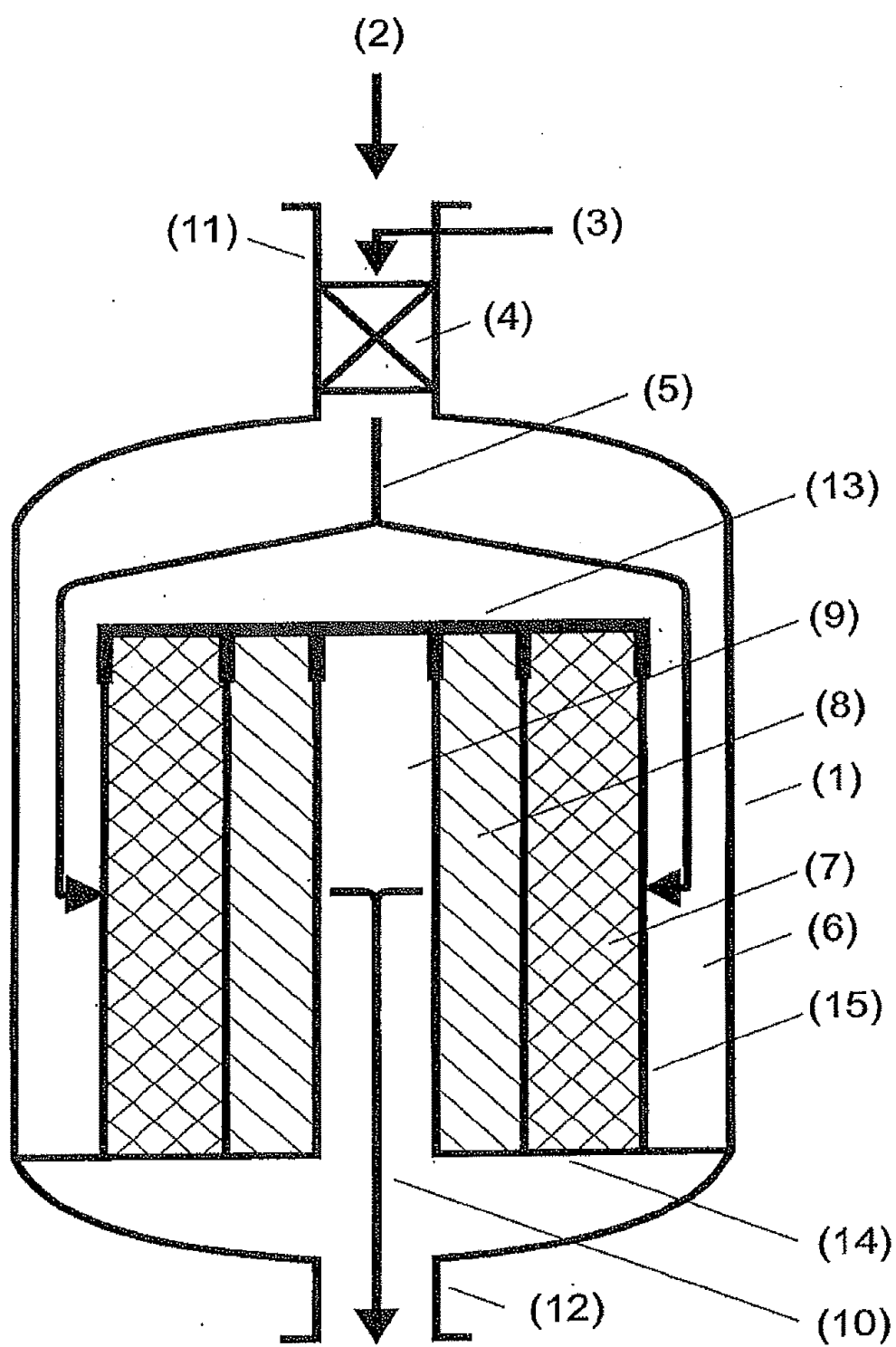


Figura 1

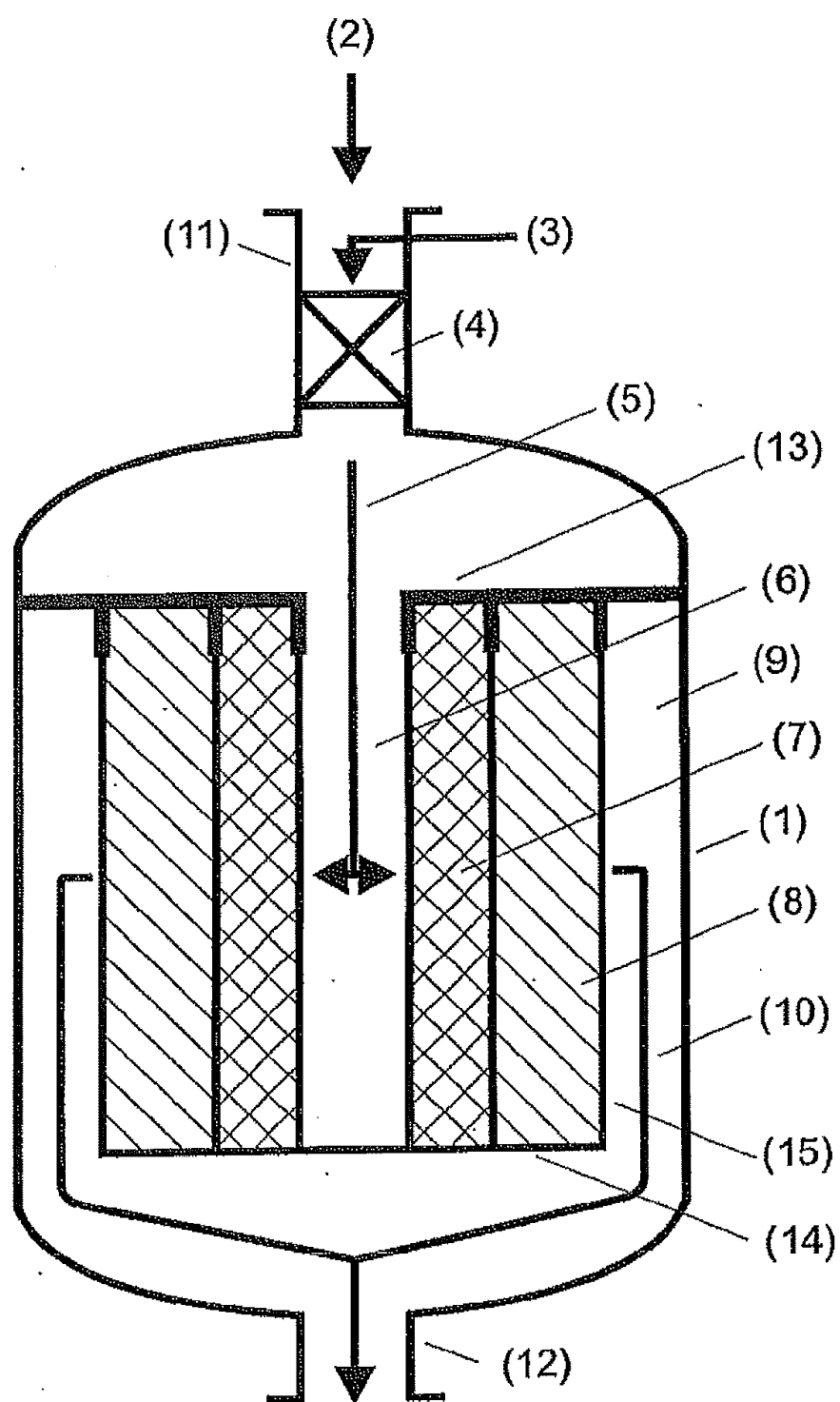


Figura 2

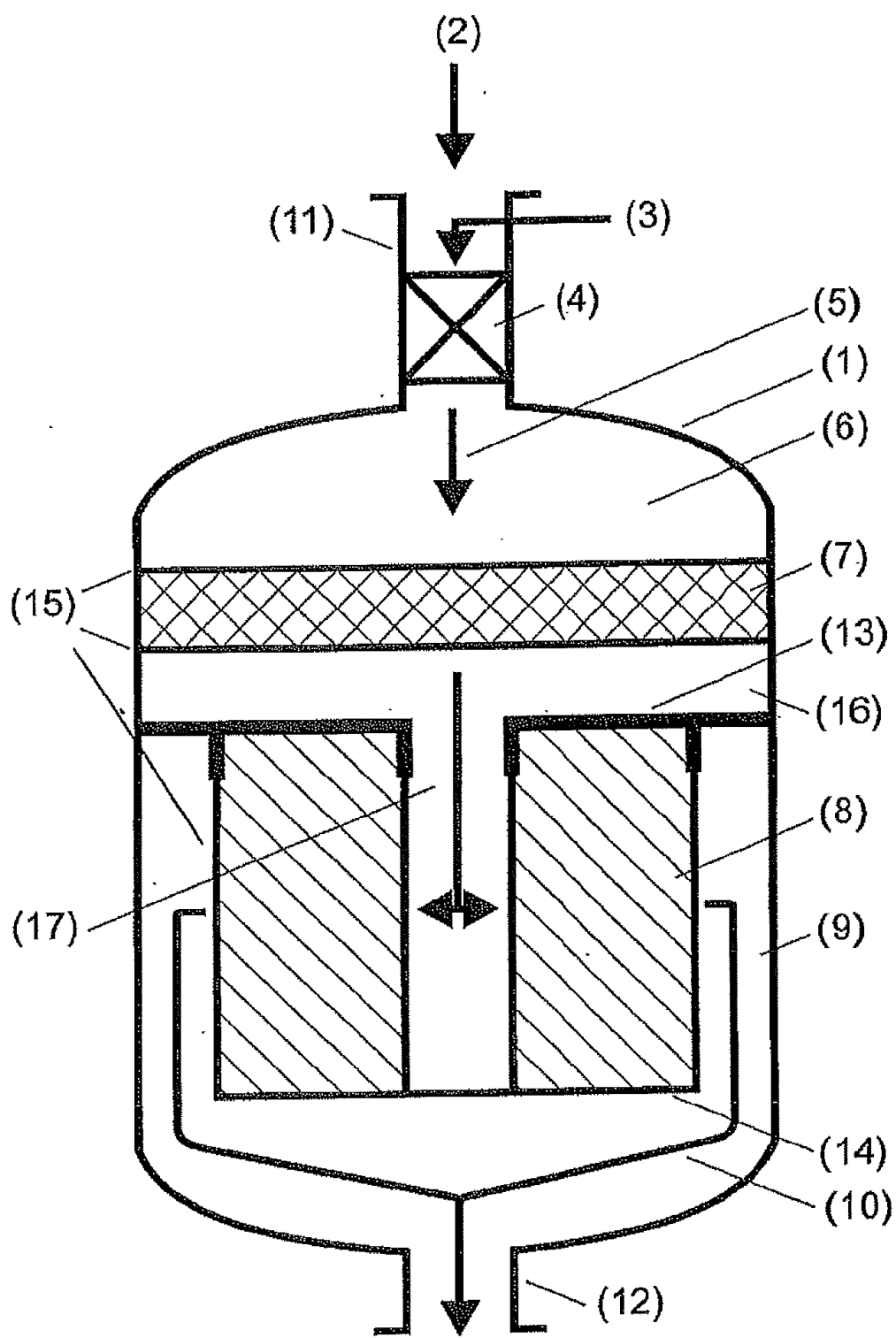


Figura 3

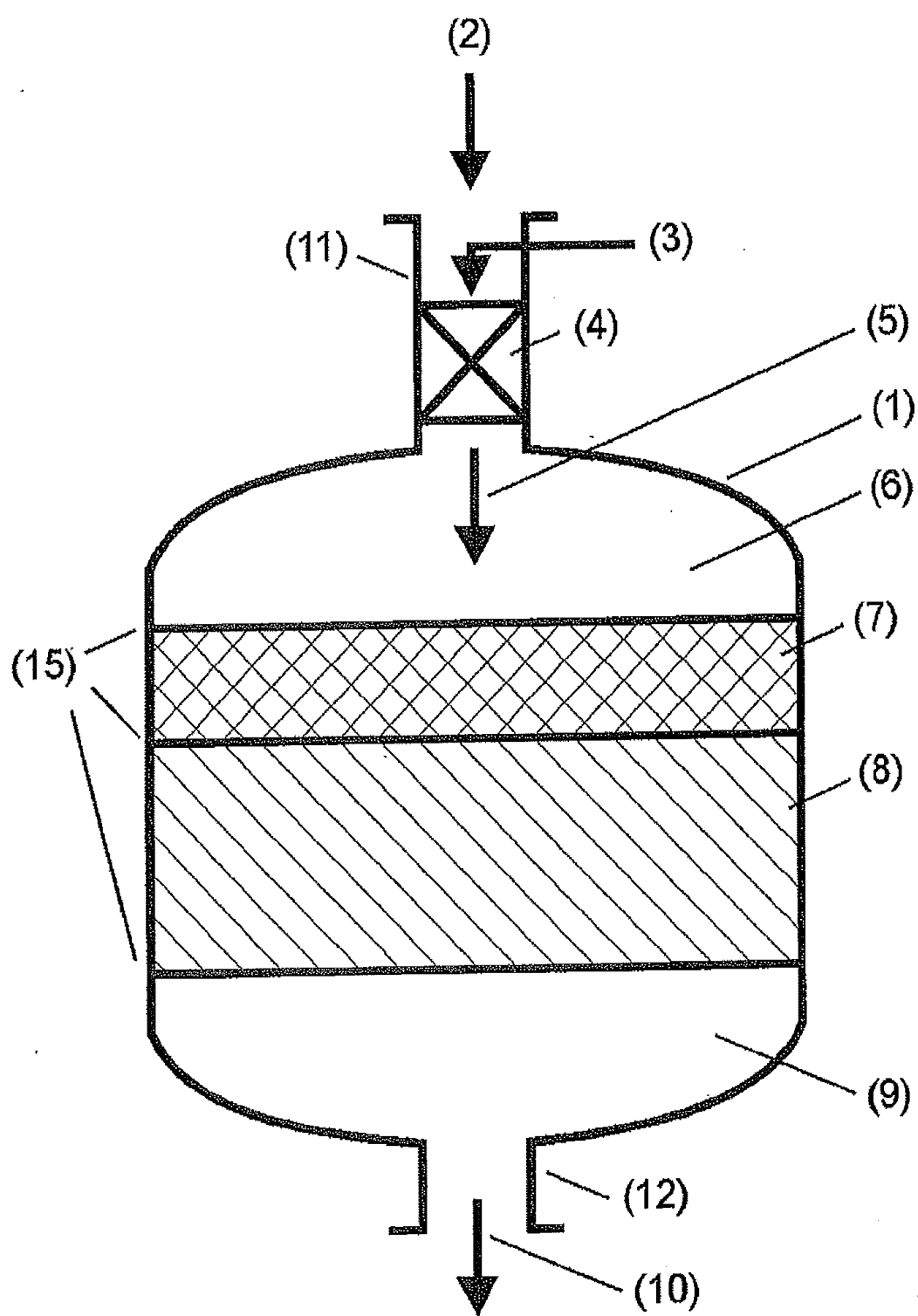


Figura 4

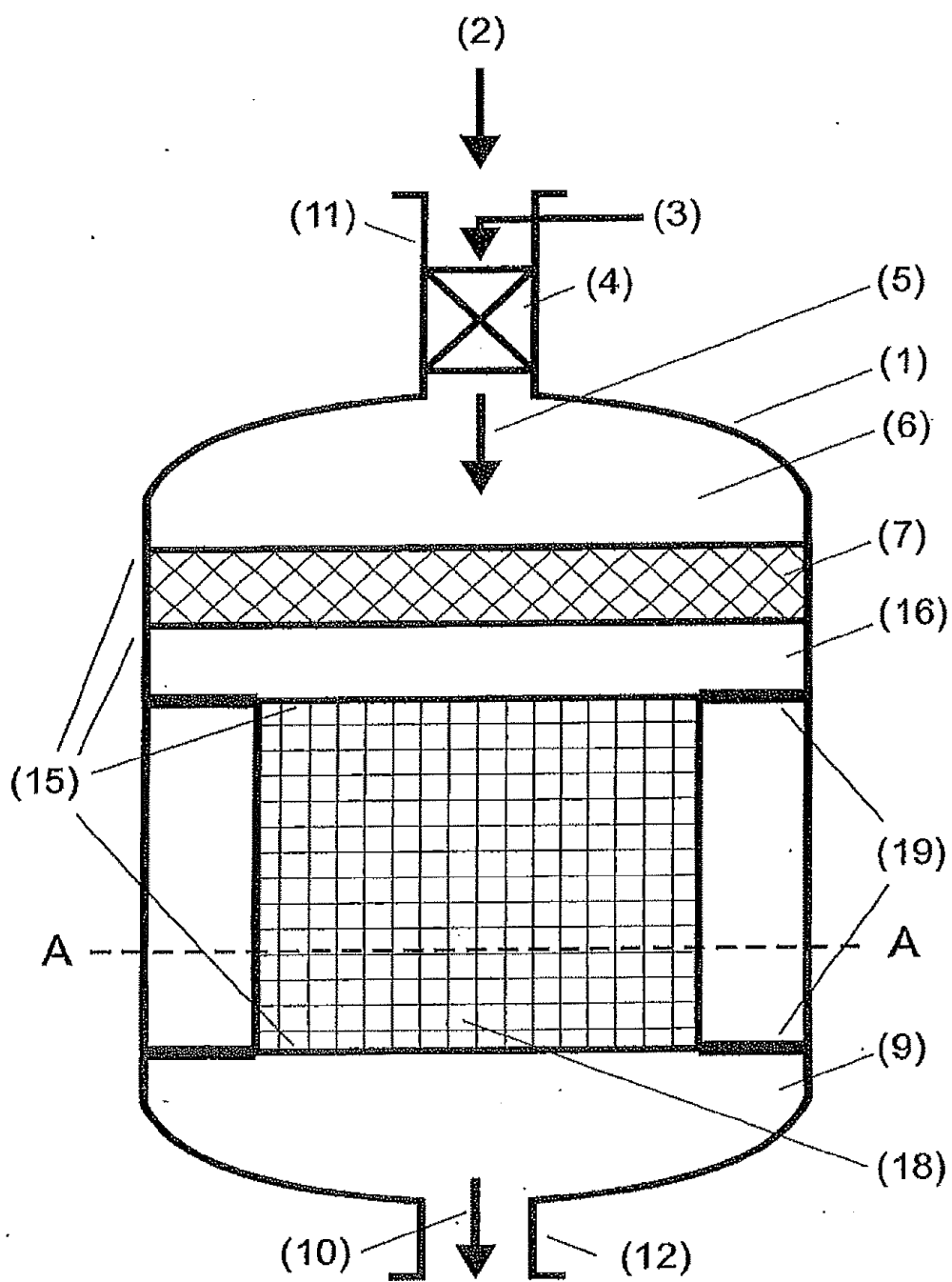


Figura 5a

Corte A-A

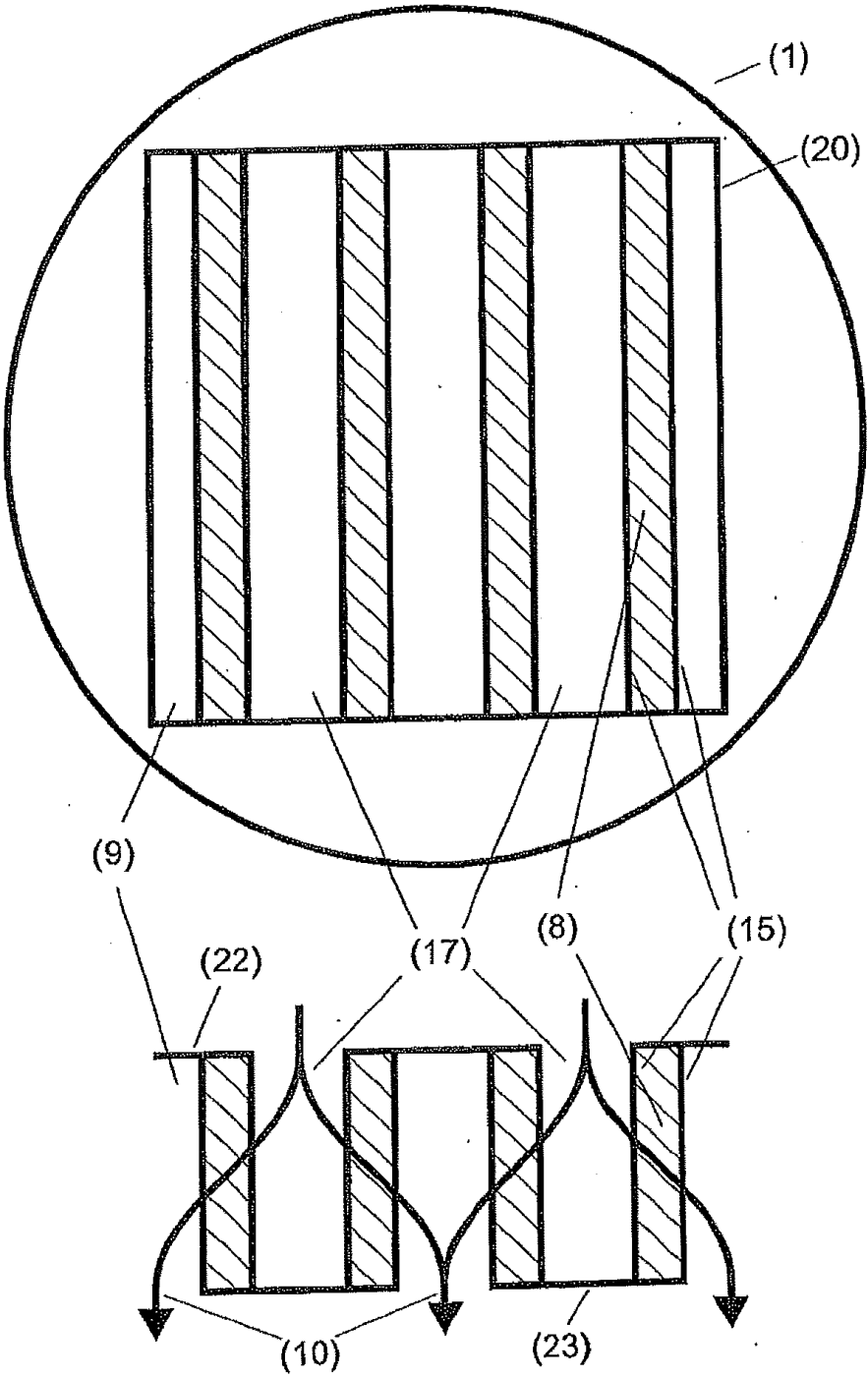


Figura 5b

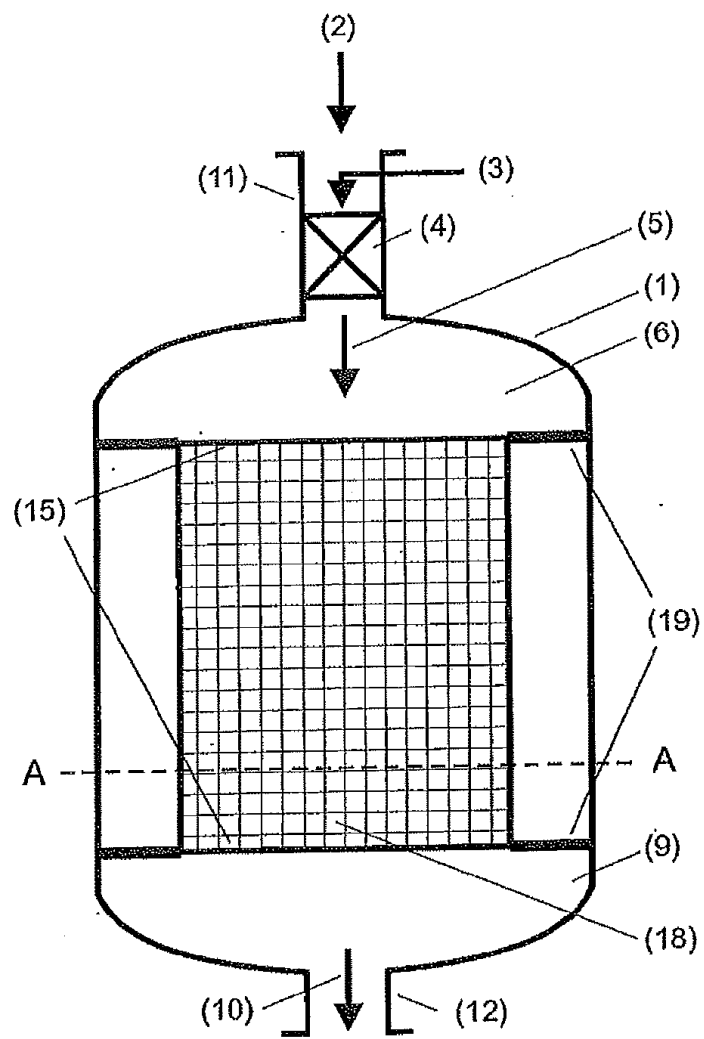


Figura 6a

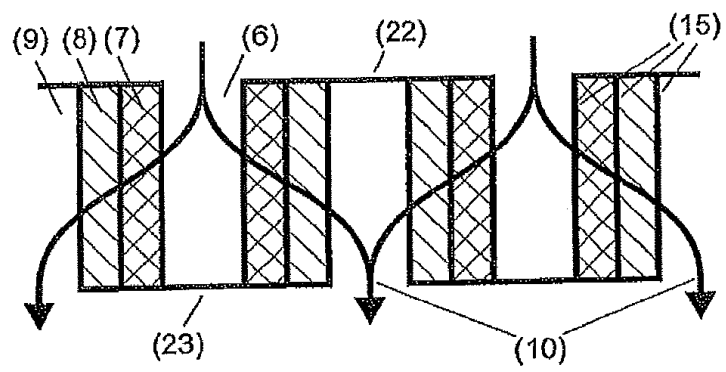


Figura 6b

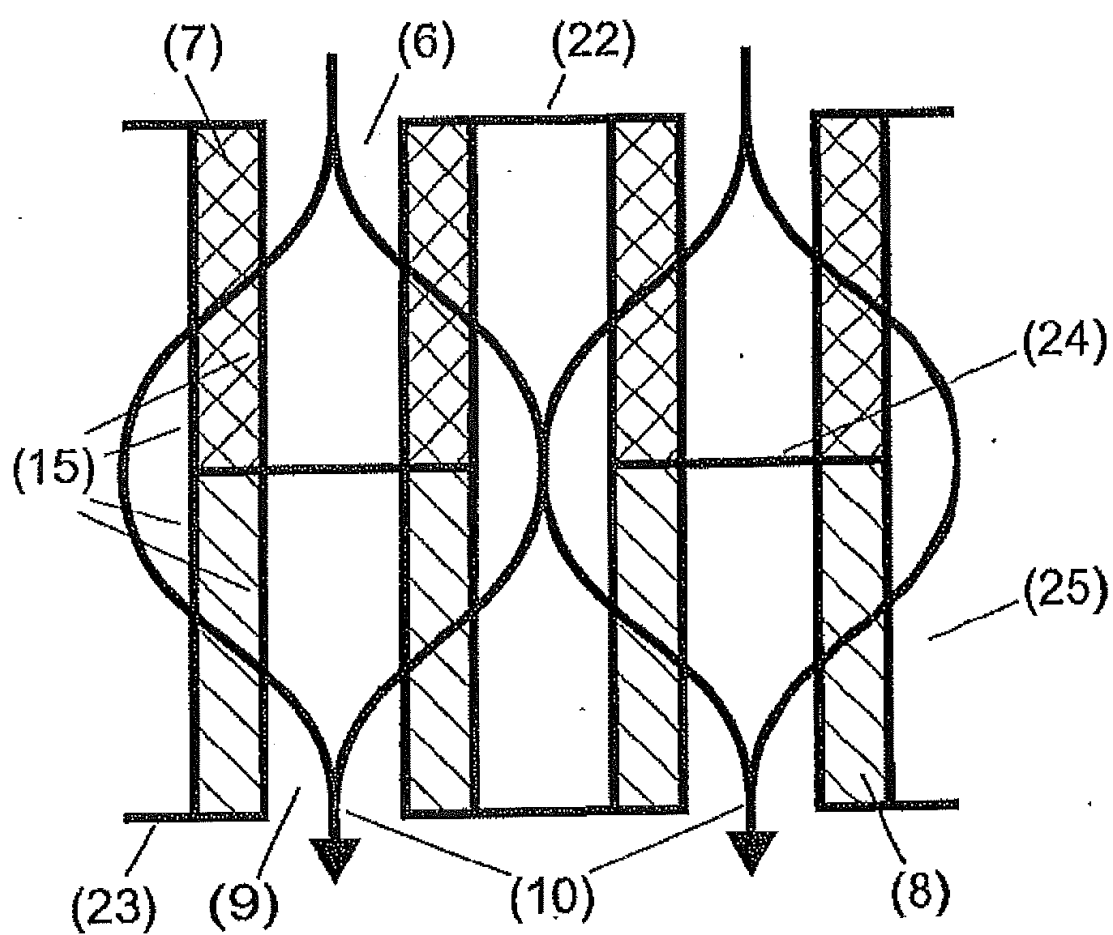


Figura 6c

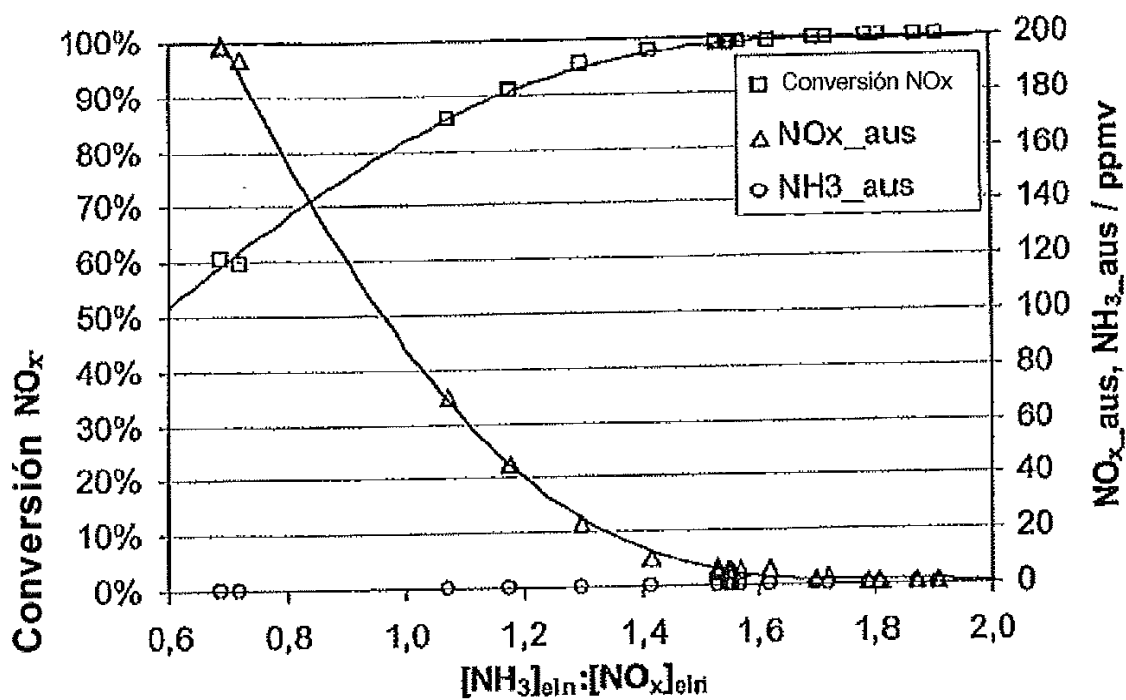


Figura 7: Resultados del Ensayo 1

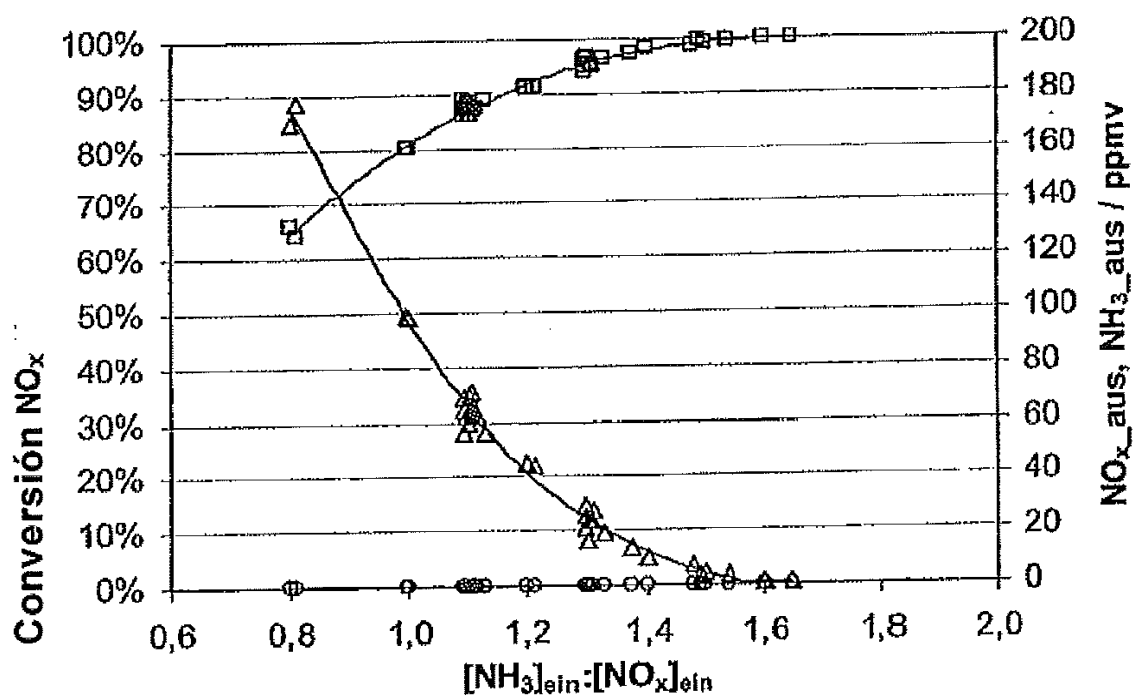


Figura 8: Resultados del Ensayo 2

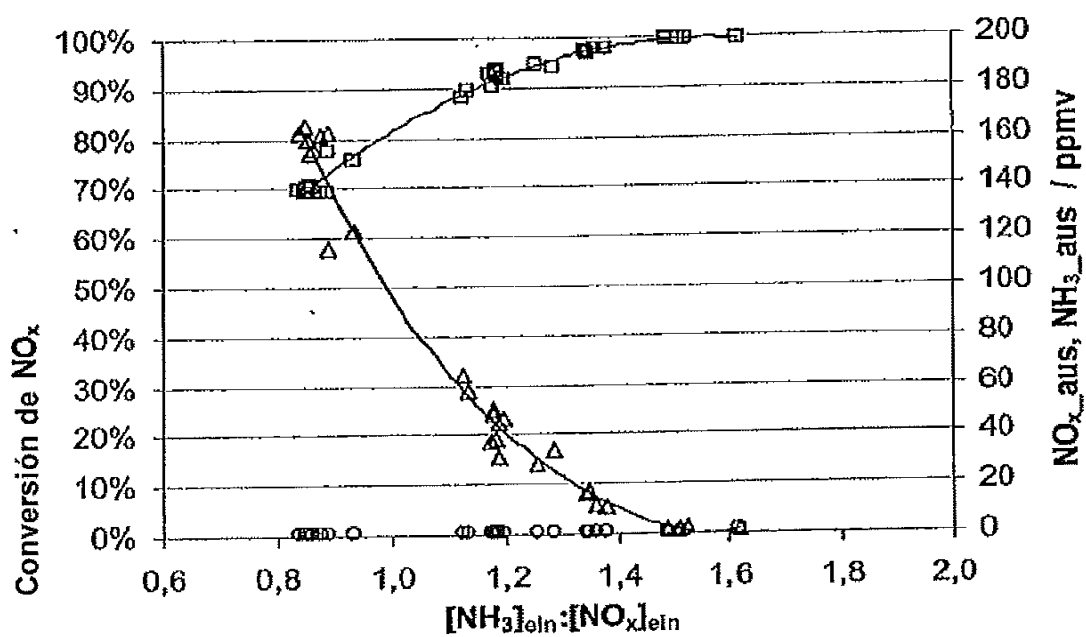


Figura 9: Resultados del Ensayo 3

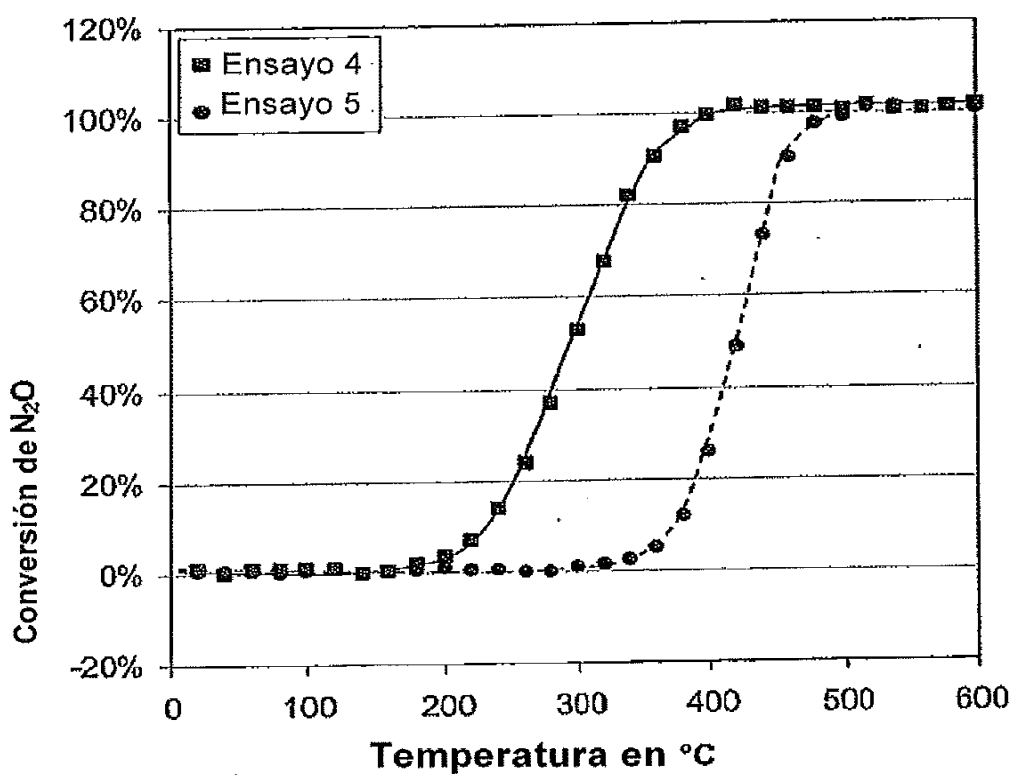


Figura 10: Resultados de los Ensayos 4 y 5

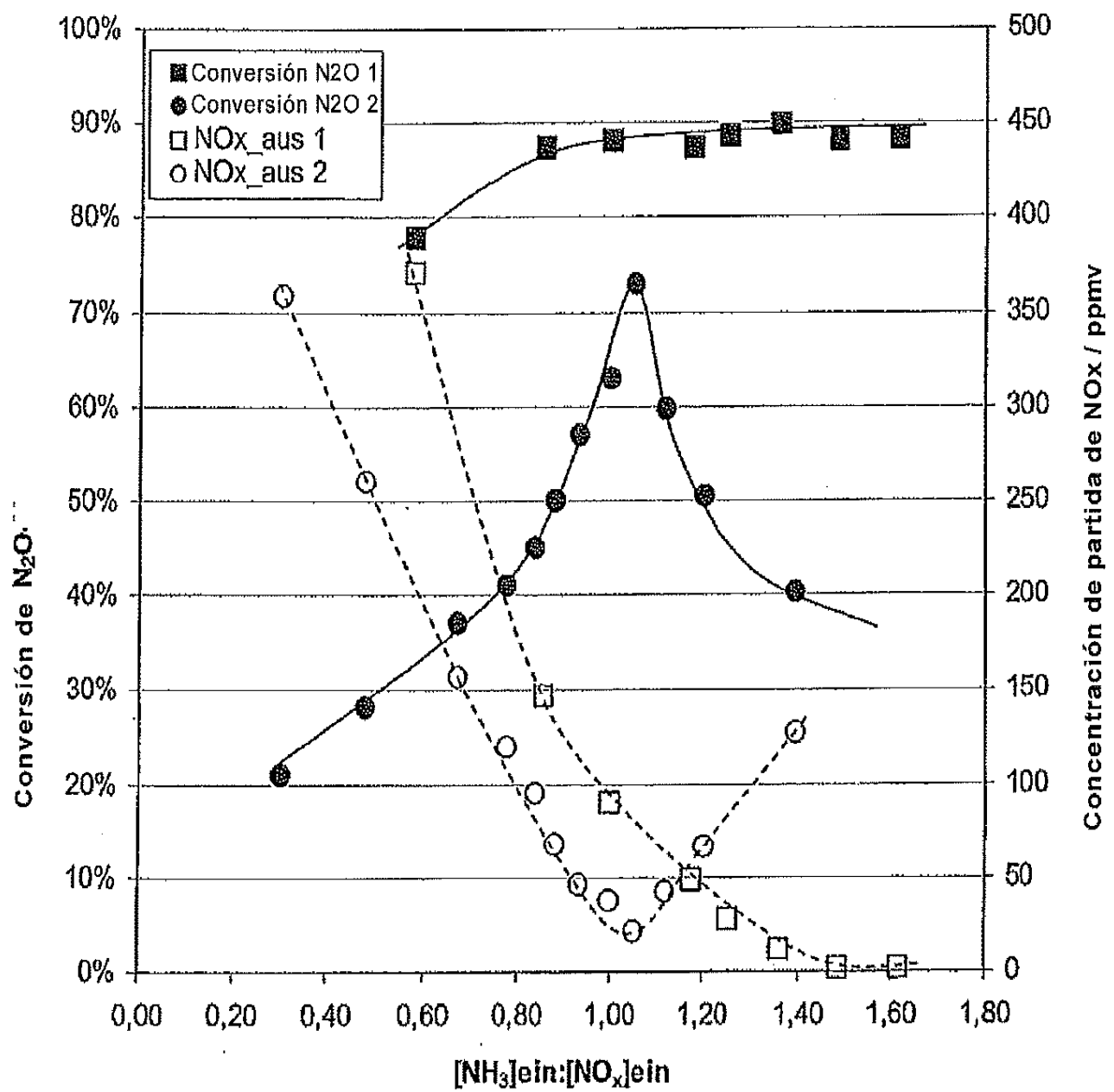


Figura 11: Resultados de Ensayos de los Ejemplos 1 y 2