

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 066**

51 Int. Cl.:

**B01D 53/72** (2006.01)

**B01D 53/78** (2006.01)

**B01D 53/86** (2006.01)

**B01J 19/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.04.2010 PCT/CA2010/000589**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.10.2010 WO10118530**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2010 E 10764028 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017 EP 2419196**

54 Título: **Procedimiento para reducir el contenido de compuestos orgánicos volátiles solubles en agua en un gas**

30 Prioridad:

**14.04.2009 US 169234 P**

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

**18.10.2017**

73 Titular/es:

**UNIBOARD CANADA INC (50.0%)  
2540 boul. Daniel-Johnson Bureau 500  
Laval, Québec H7T 2S3, CA y  
EXP SERVICES INC. (50.0%)**

72 Inventor/es:

**GIGNAC, PIERRE-ANDRÉ;  
BEAULIEU, MARTIN;  
CHAREST, YVES;  
CHABOT, STÉPHANE;  
MAHFOUD, ABDERRAHMAN y  
LEMAY, JULES**

74 Agente/Representante:

**CURELL AGUILÁ, Mireia**

**Observaciones :**

**Véase nota informativa (Remarks, Remarques o Bemerkungen) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes**

ES 2 638 066 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para reducir el contenido de compuestos orgánicos volátiles solubles en agua en un gas.

### 5 Referencia cruzada a solicitud relacionada

La presente solicitud reivindica prioridad sobre la solicitud provisional US nº 61/169.234 presentada el 14 de abril de 2009.

### 10 Campo de la divulgación

La presente divulgación se refiere al campo de tratamiento de gas con el fin de reducir su contenido de contaminantes y/o impurezas. En particular, esta divulgación se refiere a un procedimiento para reducir el contenido de compuestos orgánicos volátiles solubles en agua de un gas. La divulgación se refiere asimismo a la utilización de una composición ácida acuosa.

### 15 Antecedentes de la divulgación

20 Actualmente resulta una preocupación principal reducir considerablemente la emisión de diversos contaminantes en el medio ambiente. Los compuestos orgánicos volátiles (VOC) tales como formaldehído y metanol son algunos de los productos que varias industrias deben tratar con el fin de evitar que se liberen a la atmósfera. Por ejemplo, pueden generarse gases que contienen tales productos en la industria de la madera o la pulpa y del papel. Estos gases pueden generarse durante la producción de productos de panel a base de madera tales como tableros de fibras orientadas (OSB), o tableros de fibras tales como tableros de fibras de baja densidad (LDF),  
25 tablero de fibras de media densidad (MDF) o tableros de fibras de alta densidad (HDF) y tableros de partículas. En diversos tipos distintos de industrias, se encuentran tales emisiones de gases que contienen VOC. Tales industrias incluyen fundiciones, fundidoras, industrias petroquímicas, industrias azucareras, industrias de productos para el cuidado dental, industrias de polímeros, industria de automoción, industrias de la pintura, industrias de la cristalería e industrias de lana mineral.

30 Entre las tecnologías propuestas hasta el momento se encuentra el RTO (oxidante térmico regenerativo). Sin embargo, se ha demostrado que una tecnología de este tipo puede ser muy costosa de instalar en una planta, y pueden requerirse altas tasas de mantenimiento para hacerla funcionar. Además, una tecnología de este tipo puede generar cantidades importantes de precursores de la niebla tóxica, lo cual es indeseable desde un punto de vista medioambiental. RTO se basa en la oxidación térmica para destruir estas emisiones. Por ejemplo, en la  
35 industria de tableros a base de madera, los gases de presión o secador se envían al RTO en donde los VOC (tales como formaldehído, metanol, etanol, pinenos, limonenos, canfenos, cetonas, etc.) se incineran a muy altas temperaturas de aproximadamente 800°C. Para aumentar la eficacia térmica del sistema, se utilizan lechos cerámicos para precalentar el aire de entrada antes de la combustión. Esta tecnología puede ser eficaz en la  
40 destrucción de VOC, CO y material particulado orgánico. Sin embargo, los RTO no generan algo de NOx (precursores de niebla tóxica) y gases de efecto invernadero (GHG) de la combustión gas natural y otros combustibles fósiles para generar las temperaturas requeridas. Los RTO son bastante costosos de hacer funcionar y requieren una fuente de combustible fósil. Además, el material particulado inorgánico puede provocar ensuciamiento del lecho. Los RTO funcionan en o próximos al punto de fusión de alguno de estos materiales  
45 particulados inorgánicos y una vez fundidos, estos subproductos pueden adherirse permanentemente al lecho cerámico y provocar fallo del lecho prematuro. Se requiere quemado del lecho ocasional para limpiar el lecho de material particulado orgánico y reducir las caídas de presión. Pueden requerirse dispositivos de material particulado inorgánico adicionales aguas arriba del RTO.

50 A veces se utiliza biofiltración para la captura y destrucción de materiales particulados y VOC. Algunos microorganismos mesófilos pueden ser muy adecuados para la destrucción de VOC fácilmente degradables. Sin embargo, una tecnología de este tipo requiere altos costes de instalación y una gran área superficial. Además, puesto que se utilizan microorganismos mesófilos, existe una limitación en la temperatura de la corriente de gas que requiere dilución con aire ambiental. Esto da como resultado una mayor área requerida. Una tecnología de  
55 este tipo también requiere condiciones de funcionamiento muy estables. El documento US6503471 B1 da a conocer un concepto para tratar gases malolientes con una composición oxidante acuosa ácida que comprende un catalizador de metal de transición tal como hierro, un agente oxidante tal como peróxido de hidrógeno y someter el gas y la composición a radiación ultravioleta.

### 60 Sumario de la divulgación

Según un aspecto, se proporciona un procedimiento para reducir el contenido de por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua presente en un gas, comprendiendo el procedimiento poner en contacto el gas con una composición oxidante ácida acuosa que comprende H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y un catalizador metálico, presentando dicha  
65 composición un pH de entre 1,8 y 2,6 y someter el por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua y la composición oxidante ácida acuosa a una radiación UV.

Se ha descubierto que dicho procedimiento es particularmente útil para reducir considerablemente la cantidad de diversos VOC solubles en agua en un gas. También se ha descubierto que un procedimiento de este tipo puede llevarse a cabo de manera sencilla y a bajo coste cuando se compara con las tecnologías propuestas de la técnica anterior.

Según otro aspecto, se proporciona la utilización de una composición ácida acuosa que comprende  $H_2O_2$ , un catalizador metálico, y un agente secuestrante que es ácido oxálico, presentando dicha composición un pH comprendido entre 1,8 y 2,6 para reducir el contenido de por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua en un gas.

### Breve descripción de los dibujos

En los dibujos adjuntos que representan diversos ejemplos:

la figura 1 representa un diagrama de bloques de un procedimiento según un ejemplo de la presente descripción;

la figura 2 es una representación esquemática que ilustra cómo se lleva a cabo un procedimiento según otro ejemplo de la presente descripción; y

la figura 3 es una representación esquemática que ilustra cómo se lleva a cabo un procedimiento según otro ejemplo de la presente descripción.

### Descripción detallada de la descripción

La expresión "compuesto orgánico volátil soluble en agua" tal como se utiliza en la presente memoria se refiere, por ejemplo, a un compuesto orgánico volátil que es por lo menos parcialmente soluble en agua. Por ejemplo, un compuesto de este tipo puede seleccionarse de alcoholes, aldehídos, cetonas, pinenos, limonenos, canfenos, ácidos orgánicos, ésteres, y mezclas de los mismos.

La expresión "agente secuestrante" tal como se utiliza en la presente memoria incluye restos químicos que se unen a, o complejo con cationes o aniones. Los ejemplos de agentes secuestrantes o quelantes se conocen bien en la técnica. Por ejemplo, el agente secuestrante se une a un catión metálico.

La expresión "torre de absorción" tal como se utiliza en la presente memoria se refiere a una torre de absorción que se utiliza con el fin de aumentar el contacto entre un gas y un líquido. Por ejemplo, una torre de absorción de este tipo se utiliza para eliminar por lo menos parcialmente por lo menos un VOC de una corriente de gas absorbiéndolo o disolviéndolo en un líquido tal como una composición oxidante. Una torre de este tipo puede presentar un número predeterminado de unidades de transferencia. Por ejemplo, una torre de absorción de este tipo puede ser una columna de relleno.

El término "aproximadamente" tal como se utiliza en la presente memoria se refiere a una cantidad razonable de desviación del término modificado de manera que el resultado final no se cambia significativamente. Por ejemplo, "aproximadamente" debe interpretarse como que incluye una desviación de por lo menos el  $\pm 5\%$  del término modificado si esta desviación no negara el significado de la palabra que modifica.

La composición tiene un pH de entre 1,8 y 2,6.

El catalizador metálico puede comprender un metal seleccionado de Fe, Cu, Ni, Mn, Ti, Cr, Ce, Zn, Pd, Mo y mezclas de los mismos. Por ejemplo, el catalizador metálico puede comprender Fe, Cu o una mezcla de los mismos. Por ejemplo, el catalizador metálico puede comprender iones de  $Fe^{2+}$ .

La composición puede comprender adicionalmente un agente secuestrante. El agente secuestrante es ácido oxálico.

La razón molar de agente secuestrante:catalizador metálico puede ser de aproximadamente 2:1 a aproximadamente 6:1.

La concentración de catalizador metálico puede ser de por lo menos 5 mg/l o por lo menos 10 mg/l, basándose en el volumen total de la composición. La concentración de catalizador metálico también puede ser de aproximadamente 10 mg/l a aproximadamente 50 mg/l o de aproximadamente 30 mg/l a aproximadamente 50 mg/l.

La razón molecular de  $H_2O_2$ :catalizador metálico puede ser de por lo menos 5:1 o por lo menos 10:1. Por ejemplo, la razón molecular de  $H_2O_2$ : catalizador metálico puede ser de aproximadamente 10:1 a

aproximadamente 100:1 o de aproximadamente 12:1 a aproximadamente 40:1.

El gas que va a tratarse puede presentar una temperatura de aproximadamente 20°C a aproximadamente 75°C o de aproximadamente 35°C a aproximadamente 55°C.

5 Por ejemplo, en el procedimiento para utilizar una composición tal como se define en la presente memoria, la composición y el por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua pueden reaccionar juntos en presencia de radiación UV.

10 Por ejemplo, el gas puede ponerse en contacto con la composición en una torre de absorción. Según una forma de realización, la torre de absorción puede comprender por lo menos dos unidades de transferencia.

15 Según una forma de realización, la puesta en contacto puede incluir mezclar el gas con la composición oxidante ácida acuosa con el fin de disolver por lo menos parcialmente el por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua en la composición oxidante ácida acuosa.

20 Por ejemplo, el gas puede introducirse en una parte inferior de una torre de absorción y la composición oxidante ácida acuosa puede introducirse en una parte superior de la torre con respecto al gas. El gas y la composición oxidante ácida acuosa pueden mezclarse juntos en la torre sobre una cantidad predeterminada de unidades de transferencia.

25 Por ejemplo, después de la puesta en contacto, la composición oxidante ácida acuosa que presenta por lo menos una parte del por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua disuelta en la misma puede transferirse en un tanque en el que la composición oxidante ácida acuosa y por lo menos una parte del por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua se someten a una radiación UV.

30 Según una forma de realización, el gas puede ponerse en contacto con la composición oxidante ácida acuosa (por ejemplo en un tanque) con el fin de disolver por lo menos parcialmente dicho por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua en la composición oxidante ácida acuosa y la composición oxidante ácida acuosa que presenta por lo menos una parte del por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua disuelta en la misma se somete a una radiación UV. Por ejemplo, la puesta en contacto y el sometimiento a radiación UV pueden llevarse a cabo simultáneamente. Alternativamente, puede llevarse a cabo la puesta en contacto y luego se lleva a cabo el sometimiento a radiación UV.

35 Por ejemplo, el gas puede mezclarse con la composición oxidante ácida acuosa con el fin de obtener una mezcla y la mezcla puede someterse a la radiación UV. El mezclado y el sometimiento a radiación UV pueden llevarse a cabo simultáneamente. Alternativamente, se lleva a cabo el mezclado y a continuación se lleva a cabo el sometimiento a radiación UV.

40 El gas y la composición pueden mezclarse juntos con el fin de disolver por lo menos parcialmente dicho por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua en la composición y obtener la mezcla, eliminándose el gas por lo menos parcialmente de la mezcla. Por ejemplo, el gas puede eliminarse de la mezcla por medio de una bomba de vacío.

45 Por ejemplo, la radiación UV puede presentar una energía de por lo menos 1000, 2000, 3000, 4000, o 5000 kJ por kg de dicho por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua contenido en el gas. Debe observarse que cuando más de un compuesto está presente en el gas, es decir, una mezcla de por lo menos dos compuestos orgánicos volátiles solubles en agua, este valor se proporciona por kg de una mezcla de este tipo. Alternativamente, la energía de la radiación UV puede ser de aproximadamente 1000 a aproximadamente 60000, 50 de aproximadamente 2000 a aproximadamente 45000, de aproximadamente 3000 a aproximadamente 30000, de aproximadamente 3500 a aproximadamente 25000, de aproximadamente 4000 a aproximadamente 22000, de aproximadamente 5000 a aproximadamente 10000, o de aproximadamente 6000 a aproximadamente 9000 kJ por kg de dicho por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua contenido en el gas.

55 Dicho por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua puede seleccionarse de alcoholes, aldehídos, cetonas, pinenos, limonenos, canfenos, ácidos orgánicos (tales como ácidos carboxílicos), ésteres, y mezclas de los mismos. Por ejemplo, el gas puede comprender por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua seleccionado de metanol, formaldehído, etanol, acetaldehído, acroleína, ácido acético, ácido fórmico, acetato de etilo, fenol, ácidos grasos y mezclas de los mismos. Por ejemplo, el gas puede comprender metanol y 60 formaldehído. Por ejemplo, el gas puede comprender metanol.

65 Por ejemplo, la composición oxidante ácida acuosa puede comprender un ácido seleccionado de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, y mezclas de los mismos. Según una forma de realización, la composición oxidante ácida acuosa puede comprender HNO<sub>3</sub>.

Los procedimientos de la presente memoria pueden permitir reducir por lo menos aproximadamente el 75, el 80,

el 85, el 90, el 91, el 92, el 93, el 94, el 95, el 96, el 97, el 98 o el 99% del contenido del por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua presente en el gas. Por ejemplo, estos procedimientos pueden ser eficaces para reducir de aproximadamente el 80,0 a aproximadamente el 99,9%, de aproximadamente el 85,0 a aproximadamente el 99,9%, de aproximadamente el 90,0 a aproximadamente el 99,9%, de aproximadamente el 90,0 a aproximadamente el 99,5%, de aproximadamente el 85,0 a aproximadamente el 99,5%, de aproximadamente el 80,0 a aproximadamente el 99,5%, de aproximadamente el 90,0 a aproximadamente el 99,0%, de aproximadamente el 90,0 a aproximadamente el 98,0%, de aproximadamente el 85,0 a aproximadamente el 98,0%, de aproximadamente el 80,0 a aproximadamente el 98,0%, de aproximadamente el 90,0 a aproximadamente el 97,0%, de aproximadamente el 85,0 a aproximadamente el 97,0%, de aproximadamente el 80,0 a aproximadamente el 97,0%, de aproximadamente el 95,0 a aproximadamente el 99,5%, de aproximadamente el 95,0 a aproximadamente el 99,0%, de aproximadamente el 95,0 a aproximadamente el 98,0%, o de aproximadamente el 95,0 a aproximadamente el 98,0% del contenido del por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua presente en el gas.

15 Tal como puede apreciarse a partir de la figura 1, un procedimiento de este tipo es relativamente simple y puede llevarse fácilmente a cabo sin requerir tareas tediosas. Cuando el gas que contiene compuesto(s) orgánico(s) volátil(es) que va a tratarse también contiene impurezas, tales como material particulado (por ejemplo partículas de madera), es posible eliminar las impurezas. Después de un tratamiento primario de este tipo, el gas puede ponerse en contacto con una composición oxidante que comprende  $H_2O_2$ . Este tratamiento permite oxidar por lo menos parcialmente en presencia de UV por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua, reduciendo así la cantidad de compuestos orgánicos volátiles presentes en el gas.

25 Tal como se representa en la figura 2, el aire que entra del medio se mezcla con una composición que comprende formaldehído y metanol en un matraz (20) de mezclado para garantizar la evaporación y mezclado completos de estos compuestos orgánicos volátiles solubles en agua.

El gas entra entonces en una torre de absorción (22). En la torre (22), el gas y una composición oxidante ácida acuosa, preparada previamente en un tanque de reacción (24), se ponen en contacto juntos con el fin de potenciar la disolución de formaldehído y metanol en la composición oxidante y por tanto sus velocidades de oxidación en productos de reacción. La circulación del gas en el sistema se realiza mediante la utilización de una bomba de vacío (16).

35 La composición se prepara en primer lugar en el tanque (24) añadiendo y mezclando en el mismo agua desmineralizada, un ácido (por ejemplo  $HNO_3$ ), un catalizador metálico (por ejemplo Fe) y un agente secuestrante (por ejemplo ácido oxálico). La composición se lleva a una parte superior de la torre (22) por medio de una bomba (21). Antes de que la composición alcance la torre (22), se añade un agente oxidante,  $H_2O_2$ , a la composición. Por tanto, la composición así obtenida reacciona, en presencia de UV emitida por lámparas de UV (25) en el tanque (24), con formaldehído y metanol del gas tal como se definió anteriormente. Durante la reacción de oxidación pueden formarse diversos compuestos. Por ejemplo, cuando los compuestos presentes principalmente en el gas son metanol y formaldehído, el producto de oxidación obtenido será  $CO_2$  y se eliminará finalmente por medio de la bomba de vacío (16).

45 El pH en el tanque puede mantenerse a un pH de aproximadamente 1,8 a 2,6. La composición se recircula, por tanto, continuamente en la torre (22). Para evitar la acumulación de productos de reacción después de un determinado tiempo, puede purgarse una parte de la composición oxidante por medio de la bomba (21). Para reemplazar una cantidad de este tipo de composición oxidante purgada, pueden añadirse algo más de agua desmineralizada, ácido, catalizador metálico y un agente secuestrante al tanque (24). También puede añadirse algo más de  $H_2O_2$ .

50 Tal como puede apreciarse a partir de la figura 3, un procedimiento de este tipo es similar al ilustrado en la figura 2. Sin embargo, en el caso de los procedimientos mostrados en la figura 3, el gas se captura a partir de un secador usado en la industria de tableros a base de madera. De hecho, en los procedimientos de la figura 3, se calientan constituyentes de tableros húmedos (tal como una mezcla húmeda que comprende fibras de madera, una resina y parafina) en un secador (111) con el fin de eliminar agua de los mismos y para obtener constituyentes de tableros secos. Tales constituyentes secos pueden usarse luego en la fabricación de un panel. Cuando se calientan en el secador, la mezcla de los constituyentes de panel libera un gas que contiene VOC (por ejemplo metanol y formaldehído) y otras impurezas tales como material particulado (por ejemplo partículas de madera). El gas se captura, por tanto, en el secador (111) y a continuación se extrae y se hace circular por medio de un flujo de aire generado por un ventilador (116), en todo el procedimiento. El gas se hace pasar entonces a través de un separador ciclónico (113) con el fin de eliminar y recuperar constituyentes de tableros secos contenidos en el mismo. El gas se recoge por un conducto (114) provisto de una pluralidad de boquillas (118) de pulverizador. Para evitar el ensuciamiento dentro del conducto (114), se pulveriza una composición acuosa alcalina en el mismo por medio de las boquillas (118). Una composición pulverizada de este tipo permite saturar el gas con agua y al mismo tiempo, disminuir su temperatura. Puesto que el gas está caliente y saturado, se favorece la condensación de agua. Se obtiene generalmente una mezcla que comprende una fase sólida, una fase líquida y una fase gaseosa en el conducto (114).

Después de haberse extinguido con la composición alcalina en un dispositivo de tipo Venturi (119) usado para limpiar los gases, el gas se trata adicionalmente antes de oxidar los VOC contenidos en el mismo. De hecho, la mezcla así obtenida se trata mediante un lavador húmedo o un separador de tres fases (120), con el fin de separar individualmente cada fase. Por tanto, se elimina una cantidad considerable de las impurezas restantes del gas. La fase sólida se trata entonces por medio de un filtro (123) rotatorio, y la fase líquida puede recircularse, por medio de una bomba (121), en las boquillas (118) de pulverizador o en el separador de tres fases (120). Cuando la fase líquida se recircula en el separador (120) puede añadirse algo más de NaOH al mismo. Después del tratamiento de la fase sólida en el filtro (123) rotatorio, se obtienen residuos sólidos y una purga acuosa. Estos residuos y la purga pueden combinarse con los otros productos de residuo similares generados durante todo el procedimiento. La porción acuosa obtenida del filtro (123) puede recircularse adicionalmente en el separador (120).

El gas, para el cual se eliminar una cantidad considerable de impurezas de manera eficaz, se dirige entonces a una torre de absorción (122) mediante la acción del ventilador (116). En la torre (122), el gas y una composición oxidante ácida acuosa, preparada previamente en el tanque de reacción (124), se ponen en contacto juntos con el fin de potenciar la disolución de VOC en la composición oxidante y, por tanto, sus velocidades de oxidación en productos de reacción.

Antes de poner en contacto el gas en la torre, la composición se preparó previamente en el tanque (124) añadiendo y mezclando en la misma agua tratada (130), un ácido (por ejemplo  $\text{HNO}_3$ ), un catalizador metálico (por ejemplo Fe) y un agente secuestrante (por ejemplo ácido oxálico). El dispositivo de tratamiento (130) puede usarse para desmineralizar agua.

Después de prepararse en el tanque (124), la composición se lleva a una parte superior de la torre (122) por medio de una bomba (121). Antes de que la composición alcance la torre (122), se añade un agente oxidante,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , en la composición. La composición que entra en el primer compartimento del tanque de reacción (124) se filtra (127) mediante la utilización de una bomba (121) para eliminar sólidos en suspensión que van a ser atrapados por la torre de absorción (122). La composición se devuelve entonces al segundo compartimento del tanque de reacción (124) en donde se instalan lámparas de UV (125). Por tanto, la composición así obtenida reacciona, en presencia de UV emitida por lámparas de UV (125) en el tanque (124), con por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua para oxidarla por lo menos parcialmente, reduciendo así la cantidad de compuestos orgánicos volátiles presentes en el gas. El pH en el tanque (124) puede mantenerse a un pH de aproximadamente 1,8 a 3,2. La composición se recircula, por tanto, continuamente en la torre (122).

De manera similar a lo que se ha descrito para la figura 2, después de un tiempo predeterminado, una parte de la composición oxidante en el tanque (124) puede purgarse hacia la purga acuosa por medio de una bomba (121). Por tanto, con el fin de reemplazar una cantidad de este tipo de composición oxidante purgada, puede añadirse algo más de agua tratada, ácido, catalizador metálico y agente secuestrante al tanque (124). También puede añadirse algo más de  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

Finalmente, el gas abandona entonces la torre de absorción (122) con el fin de desplazarse a una chimenea (126) mediante la utilización del ventilador (116).

Los siguientes ejemplos se presentan de manera no limitativa.

#### **Ejemplo 1: Reducción del contenido de formaldehído y metanol de una corriente de gas a escala de laboratorio.**

En un sistema a escala de laboratorio que es similar al representado en la figura 2, se han llevado a cabo varias pruebas. Se trató un gas que tenía una velocidad de flujo de aire de 80 litros/minuto y una concentración de aproximadamente  $100 \text{ mg/m}^3$  de formaldehído y aproximadamente  $55 \text{ mg/m}^3$  de metanol. Se utilizó una torre de absorción llena con un relleno aleatorio de acero inoxidable y un matraz de reacción de vidrio a una temperatura de aproximadamente  $35^\circ\text{C}$  a aproximadamente  $55^\circ\text{C}$ . Se estimó el número de unidades de transferencia en la torre de absorción en 7.

En las diversas pruebas, se llevó a cabo la reacción a un pH de aproximadamente 1,8 a aproximadamente 3,2. Se controló el pH mediante la adición de ácido nítrico. En una forma de realización, se llevaron a cabo los experimentos a un pH de aproximadamente 1,8 a 2,2. Se añadió un agente secuestrante, por ejemplo ácido oxálico, a agua desmineralizada para obtener una razón molar de agente secuestrante: catalizador metálico ( $\text{Fe}^{2+}$  obtenido de  $\text{FeSO}_4$ ) de aproximadamente 2:1 a aproximadamente 6:1. Según una forma de realización, la razón fue de aproximadamente 4:1. La concentración de catalizador metálico (iones de  $\text{Fe}^{2+}$ ) fue de aproximadamente 10 mg/l a aproximadamente 50 mg/l o de aproximadamente 30 mg/l a aproximadamente 50 mg/l. El experto en la materia comprenderá que pueden usarse diversas fuentes distintas de  $\text{Fe}^{2+}$  y que la naturaleza de una fuente de este tipo estará influida considerablemente por el coste de la fuente de  $\text{Fe}^{2+}$  especialmente cuando se utiliza el procedimiento a gran escala o a producción industrial. Por ejemplo, la fuente

de  $\text{Fe}^{2+}$  también puede ser  $\text{FeCl}_2$ ,  $\text{FeBr}_2$ ,  $\text{FeI}_2$ ,  $\text{FeF}_2$ , fumarato ferroso ( $\text{Fe}(\text{OOCCH}_2\text{COO})$ ), oxalato ferroso ( $\text{Fe}(\text{OOCOO})$ ), etc. El matraz de vidrio tenía un tiempo de residencia de aproximadamente 20 minutos y se ha modificado para montarse en la parte inferior de una lámpara de UV de 254 nm y 9 vatios que suministra energía con el fin de promover la reacción de oxidación a una energía de aproximadamente 43500 kJ/kg de contaminantes (mezcla de formaldehído y metanol). Se añadió peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) para obtener una concentración residual de  $\text{H}_2\text{O}_2$  (a la salida del tanque de reacción) que se corresponde a una razón de  $\text{H}_2\text{O}_2$ :catalizador metálico de aproximadamente 6:1 a aproximadamente 140:1 o de aproximadamente 10:1 a aproximadamente 40:1.

Tales pruebas permitieron una eliminación de formaldehído tan alta como el 99,4% y una eliminación de metanol tan alta como el 97,8% basándose en el contenido en la corriente de gas de entrada.

### **Ejemplo 2: Reducción del contenido de formaldehído y metanol de una corriente de gas que procede de un secador de tableros de partículas.**

Se realizaron varias pruebas en un sistema a escala piloto, que es similar al sistema representado en la figura 3. Se trató un gas que presentaba una velocidad de flujo de aire de aproximadamente  $2000 \text{ m}^3/\text{h}$  y que presentaba una concentración en formaldehído de aproximadamente  $30 \text{ mg}/\text{m}^3$  a aproximadamente  $160 \text{ mg}/\text{m}^3$  y en metanol de aproximadamente  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$  a aproximadamente  $50 \text{ mg}/\text{m}^3$  a una temperatura de aproximadamente  $35^\circ\text{C}$  a aproximadamente  $55^\circ\text{C}$ . Se controló el pH mediante la utilización de ácido nítrico a un valor de aproximadamente 1,9 a 2,8. En una forma de realización, el pH fue de aproximadamente 2,2 a aproximadamente 2,6. Se añadió un agente secuestrante, por ejemplo ácido oxálico, a agua desmineralizada para obtener una razón molar de agente secuestrante:catalizador metálico ( $\text{Fe}^{2+}$  obtenido de  $\text{FeSO}_4$ ) de aproximadamente de aproximadamente 2:1 a aproximadamente 6:1. Según una forma de realización, la razón fue de aproximadamente 4:1. La concentración de catalizador metálico fue de aproximadamente  $20 \text{ mg}/\text{l}$  a aproximadamente  $25 \text{ mg}/\text{l}$  (iones de  $\text{Fe}^{2+}$ ). El tanque de reacción tenía un tiempo de residencia de aproximadamente 20 minutos. Este tanque de reacción se componía de 6 compartimentos en los que tiempo de residencia es de aproximadamente 3 minutos en cada uno de ellos.

Se sumergieron 6 lámparas de UV con una longitud de onda de 254 nm en el agua del segundo compartimento en donde la oxidación se produjo principalmente a una energía de aproximadamente 4140 a aproximadamente 21420 kJ/kg de contaminantes (mezcla de formaldehído y metanol). La potencia total de las lámparas de UV fue de 465 vatios. Se añadió  $\text{H}_2\text{O}_2$  para obtener una concentración residual de  $\text{H}_2\text{O}_2$  a la salida del tanque de reacción que se corresponde a una razón de  $\text{H}_2\text{O}_2$ : catalizador metálico de aproximadamente 10:1 a aproximadamente 100:1 o de aproximadamente 12:1 a aproximadamente 40:1.

Tales pruebas permitieron una eliminación de formaldehído tal alta como el 99,5% y una eliminación de metanol tan alta como el 97,3%.

### **Ejemplo 3: Reducción del contenido de formaldehído y metanol de una corriente de gas que procede de un secador de tableros MDF.**

Se realizaron varias pruebas en un sistema a escala piloto, que es similar al sistema representado en la figura 3. Se trató un gas que tenía una velocidad de flujo de aire de aproximadamente  $1275 \text{ m}^3/\text{h}$  y que tenía una concentración en formaldehído de aproximadamente  $82 \text{ mg}/\text{Nm}^3$  con una desviación estándar de aproximadamente  $23,9 \text{ mg}/\text{Nm}^3$  y en metanol de  $92 \text{ mg}/\text{Nm}^3$  con una desviación estándar de aproximadamente  $22,1 \text{ mg}/\text{Nm}^3$  a una temperatura de aproximadamente  $60^\circ\text{C}$ . Se controló el pH mediante la utilización de ácido nítrico a un valor de aproximadamente 1,9 a 2,8. En una forma de realización, el pH fue de aproximadamente 2,2 a aproximadamente 2,6. Se añadió un agente secuestrante, por ejemplo ácido oxálico, a agua desmineralizada para obtener una razón molar de agente secuestrante: catalizador metálico ( $\text{Fe}^{2+}$  obtenido de  $\text{FeSO}_4$ ) de aproximadamente 2:1 a aproximadamente 6:1. Según una forma de realización, la razón fue de aproximadamente 4:1. La concentración de catalizador metálico fue de aproximadamente  $20 \text{ mg}/\text{l}$  a aproximadamente  $25 \text{ mg}/\text{l}$  (iones de  $\text{Fe}^{2+}$ ). El tanque de reacción tenía un tiempo de residencia de aproximadamente 20 minutos. Este tanque de reacción se componía de 6 compartimentos en los que el tiempo de residencia es de aproximadamente 3 minutos en cada uno de ellos.

Se sumergieron de 3 a 5 lámparas de UV con una longitud de onda de 254 nm en el agua del segundo compartimento en donde la oxidación se produjo principalmente a una energía de aproximadamente 5400 a aproximadamente 9000 kJ/kg de contaminantes (mezcla de formaldehído y metanol). Se añadió  $\text{H}_2\text{O}_2$  para obtener una concentración residual de  $\text{H}_2\text{O}_2$  a la salida del tanque de reacción que se corresponde a una razón de  $\text{H}_2\text{O}_2$ : catalizador metálico de aproximadamente 10:1 a aproximadamente 100:1 o de aproximadamente 12:1 a aproximadamente 40:1.

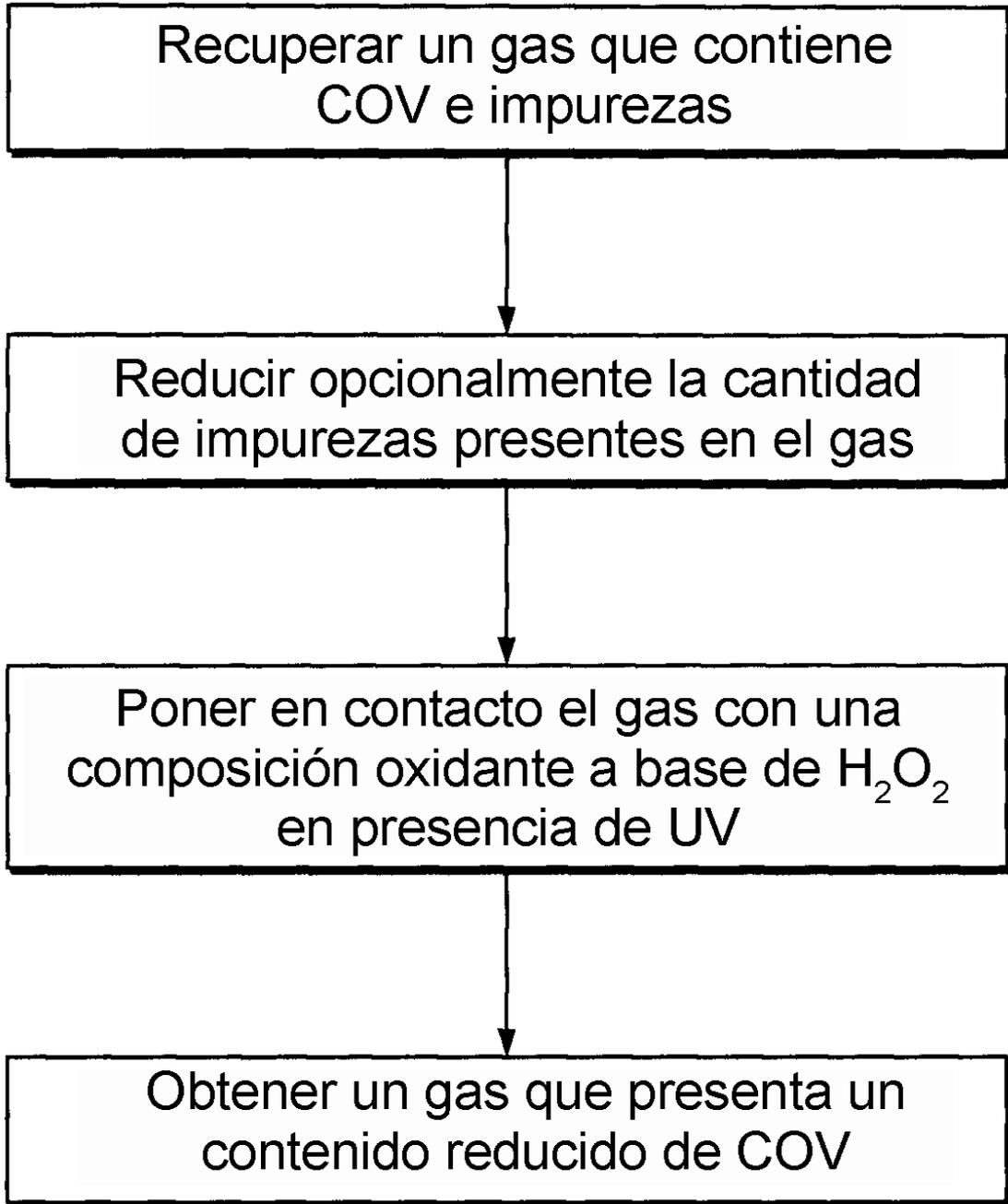
Tales pruebas permitieron una eliminación de formaldehído media del 92,6% con una desviación estándar del 2,4% y una eliminación media de metanol del 97,3% con una desviación estándar del 3,4%.

**Ejemplo 4 - (EJEMPLO COMPARATIVO) Reducción del contenido de formaldehído y metanol de una corriente de gas procede de un secador de tableros MDF/HDF usando la tecnología de la técnica anterior**

- 5 Se ha realizado un ejemplo comparativo para comparar los resultados obtenidos usando la tecnología descrita en la presente memoria y la tecnología descrita en el documento WO 2007/041831. Se realizaron varias pruebas en un sistema a escala piloto, que es similar al sistema representado esquemáticamente en la figura 2 del documento WO 2007/041831. Se trató un gas que tenía una velocidad de flujo de aire de aproximadamente 2000 Nm<sup>3</sup>/h y que tenía una concentración de aproximadamente 20 mg/Nm<sup>3</sup> en formaldehído y de aproximadamente 99 mg/Nm<sup>3</sup> en metanol a una temperatura de 48°C. La base utilizada fue NaOH a diversos pH de entre 9,5 a 10,5 y por ejemplo a 9,8. Se añadió un agente secuestrante, NTA, a agua del grifo para obtener una concentración de aproximadamente 4 ppm a aproximadamente 20 ppm en la disolución oxidante. Se trató el agua del grifo añadiendo a la misma iones de Fe<sup>2+</sup> (obtenidos de FeSO<sub>4</sub>) a una concentración de aproximadamente 1 a aproximadamente 5 ppm.
- 10
- 15 El tanque tenía un tiempo de residencia lo suficientemente largo (por ejemplo, de aproximadamente 20 minutos) para obtener una buena conversión de reacción. Se añadió H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> con el fin de obtener una concentración residual de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a la salida del tanque de reacción de aproximadamente 10 ppm a 75 ppm y por ejemplo de aproximadamente 10 ppm. La torre de absorción tenía aproximadamente 2,4 de transferencia.
- 20 Tales pruebas permitieron una eliminación de formaldehído tal alta como el 77,0% basándose en la emisión de formaldehído en el secador. La eliminación de metanol no fue significativa, es decir, menos del 2%. Se demostró, por tanto, que la tecnología descrita en el documento WO 2007/041831, por ejemplo en la figura 2, no era eficaz para eliminar metanol de una corriente de gas. De hecho, la tecnología descrita en el documento WO 2007/041831 y sometida a prueba en el ejemplo 4 dejó de ser eficaz para oxidar metanol.
- 25

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para reducir el contenido de por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua presente en un gas, comprendiendo dicho procedimiento poner en contacto dicho gas con una composición oxidante ácida acuosa que comprende  $\text{H}_2\text{O}_2$  y un catalizador metálico, presentando dicha composición un pH entre 1,8 y 2,6 y someter dicho por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua y dicha composición oxidante ácida acuosa a una radiación UV.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha composición presenta un pH entre 2,2 y 2,6.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha composición presenta un pH de aproximadamente 1,8 a 2,2.
- 15 4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicho catalizador metálico comprende un metal seleccionado de entre Fe, Cu, Ni, Mn, Ti, Cr, Ce, Zn, Pd, Mo, y mezclas de los mismos, preferentemente de entre Fe, Cu y una mezcla de los mismos.
- 20 5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicho catalizador metálico comprende iones de  $\text{Fe}^{2+}$ .
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dicha composición comprende además un agente secuestrante que es ácido oxálico.
- 25 7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que dicho gas se pone en contacto con dicha composición oxidante ácida acuosa para disolver por lo menos parcialmente dicho por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua en dicha composición oxidante ácida acuosa y presentando dicha composición oxidante ácida acuosa por lo menos una parte de dicho por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua disuelta en la misma se somete a dicha radiación UV, y en el que dicha puesta en contacto y dicho sometimiento a radiación UV se llevan a cabo simultáneamente o se lleva a cabo dicha puesta en contacto y se lleva a cabo a continuación dicho sometimiento a radiación UV.
- 30 8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que dicho procedimiento comprende mezclar dicho gas con dicha composición oxidante ácida acuosa para obtener una mezcla y someter dicha mezcla a dicha radiación UV, y en el que dicho mezclamiento y dicho sometimiento a radiación UV se llevan a cabo simultáneamente o se lleva a cabo dicho mezclamiento y se lleva a cabo a continuación dicho sometimiento a radiación UV.
- 35 9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que dicho por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua es seleccionado de entre alcoholes (preferentemente metanol, fenol o etanol), aldehídos (preferentemente formaldehído, acroleína o acetaldehído), cetonas, pinenos, limonenos, canfenos, ácidos orgánicos (preferentemente ácido acético o ácido fórmico), ésteres (preferentemente acetato de etilo), y mezclas de los mismos, y más preferentemente seleccionado de entre metanol, formaldehído y una mezcla de los mismos.
- 40 10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que dicha composición oxidante ácida acuosa comprende un ácido seleccionado de entre  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , HCl,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , y mezclas de los mismos, y dicho ácido es preferentemente  $\text{HNO}_3$ .
- 45 11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que dicha radiación UV presenta una energía de por lo menos 1000 kJ por kg, preferentemente aproximadamente 2000 a aproximadamente 45000 kJ por kg, más preferentemente aproximadamente 4000 a aproximadamente 22000 kJ por kg, y más preferentemente aproximadamente 5000 a aproximadamente 10000 kJ por kg de dicho por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua contenido en el gas.
- 50 12. Utilización de una composición ácida acuosa que comprende  $\text{H}_2\text{O}_2$ , un catalizador metálico, y un agente secuestrante que es ácido oxálico, presentando dicha composición un pH comprendido entre 1,8 y 2,6 para reducir el contenido de por lo menos un compuesto orgánico volátil soluble en agua en un gas.
- 55 13. Utilización según la reivindicación 12, en la que dicho catalizador metálico comprende un metal seleccionado de entre Fe, Cu, Ni, Mn, Ti, Cr, Ce, Zn, Pd, Mo, y mezclas de los mismos, preferentemente Fe, Cu, o una mezcla de los mismos, y más preferentemente es  $\text{Fe}^{2+}$ .
- 60 14. Utilización según la reivindicación 12 o 13, en la que dicha composición presenta un pH comprendido entre 2,2 y 2,6.
- 65



**FIG. 1**

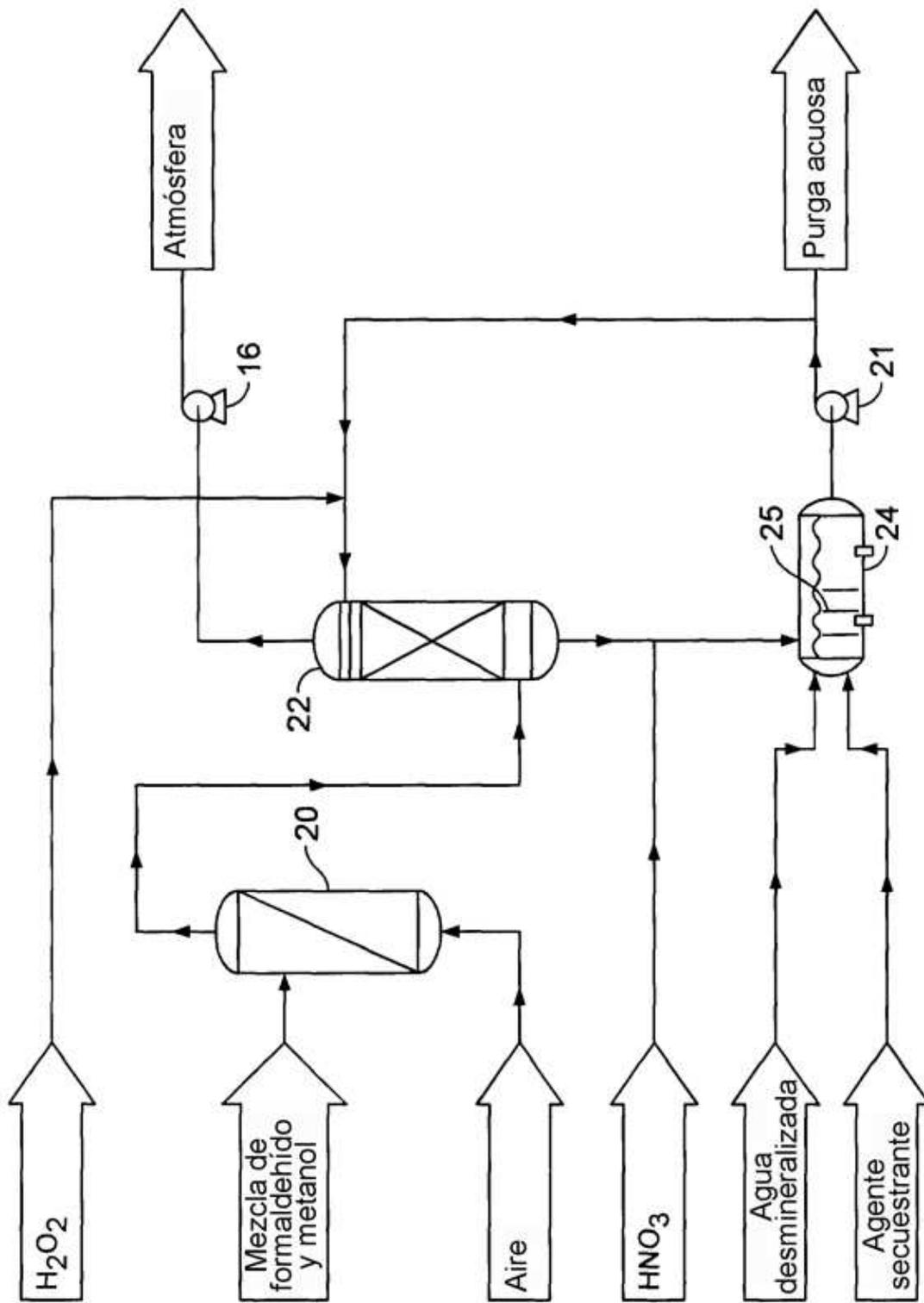


FIG. 2

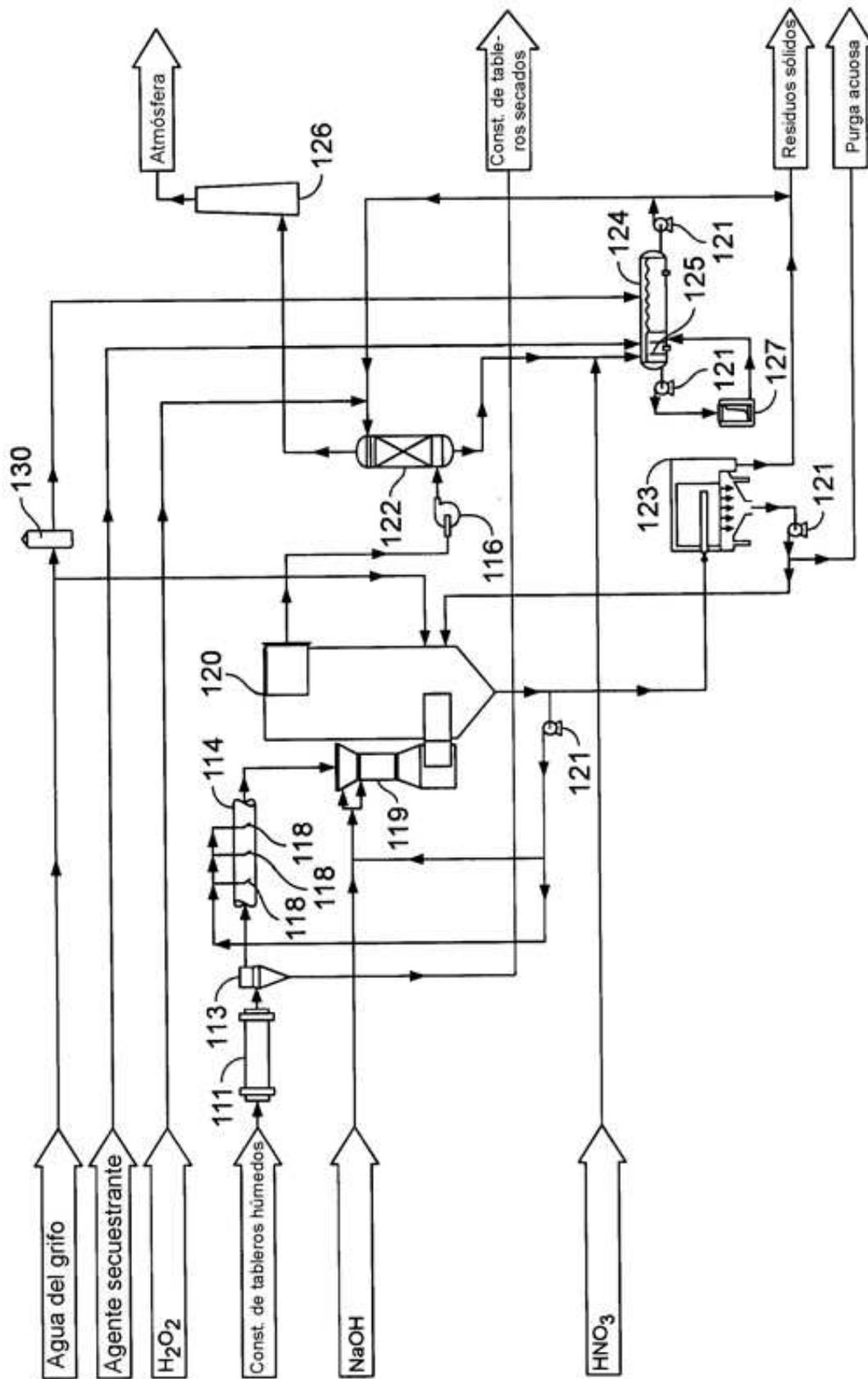


FIG. 3