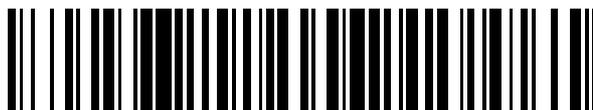


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 442 493**

51 Int. Cl.:

C07C 213/02 (2006.01)

C07C 215/08 (2006.01)

C07C 31/20 (2006.01)

C07C 29/145 (2006.01)

C07C 45/52 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.06.2007 E 07777440 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2013 EP 2024319**

54 Título: **Proceso para la conversión de glicerol en propilenglicol y aminoalcoholes**

30 Prioridad:

07.06.2006 US 811704 P

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

11.02.2014

73 Titular/es:

**THE PROCTER & GAMBLE COMPANY (100.0%)
One Procter & Gamble Plaza
Cincinnati, OH 45202, US**

72 Inventor/es:

**ARREDONDO, VICTOR MANUEL y
CORRIGAN, PATRICK JOSEPH**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 442 493 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

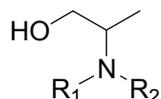
Proceso para la conversión de glicerol en propilenglicol y aminoalcoholes

Campo de la invención

5 Las realizaciones descritas en la presente memoria se refieren generalmente a un proceso para la producción de productos que comprenden propilenglicol y un aminoalcohol a partir de glicerol.

Antecedentes de la invención

Algunos aminoalcoholes se pueden representar mediante la fórmula general:



10 Estos aminoalcoholes pueden ser materiales valiosos, ya que se pueden utilizar como disolventes, productos intermedios para fabricar agentes tensioactivos, inhibidores de la corrosión en fluidos para trabajo con metales, agentes neutralizantes en el lavado ácido durante los procesos de purificación de gas natural y gas de síntesis, y como coadyuvantes en la preparación de compuestos para usar en la industria farmacéutica.

15 En la actualidad, existen procesos para la preparación de aminoalcoholes, por ejemplo, aminoalcoholes que tienen la fórmula general indicada en la presente memoria. Estos procesos pueden implicar hacer reaccionar compuestos polihidroxilados, como etilenglicol, 1,2-dioles, 1,3-dioles, y poliglicoles, con compuestos de amina e hidrógeno en presencia de un catalizador heterogéneo. Una preocupación con este tipo de procesos es que muestran conversiones y selectividades de bajas a moderadas. Este resultado indeseado procede del hecho de que las reacciones pueden producir complejas mezclas de productos que consisten en aminoalcoholes, diaminas y triaminas, poliaminas oligoméricas, aminas cíclicas (p. ej. pirrolidinas, piperidinas, y piperazinas), materiales de partida sin reaccionar y otros compuestos sin identificar. Se pueden encontrar ejemplos de estos catalizadores y procesos en US-6.376.713; US-6.057.442; US-5.288.911; US-4.123.462; US-4.151.204; y US-4.111.840.

25 Alternativamente, los aminoalcoholes se pueden preparar haciendo reaccionar un compuesto de tipo amina con 2-cloro-1-propanol (véase, por ejemplo, JP-01056652) o mediante reducción estequiométrica de los correspondientes derivados de aminoácidos y ésteres con una variedad de agentes reductores (A. Abiko y col., Tetrahedron Lett. 1992, 33, 5517; M.J. McKennon, y col., J. Org. Chem. 1993, 58, 3568, y referencias en dicho documento), y mediante hidrogenación catalítica de aminoácidos, por ejemplo según se recoge en US-5.536.879; US-5.731.479; y US-6.310.254. En los trabajos descritos por Miller, y col., (Organic Letters, 2003, 5(4), 527) sobre la conversión de alanina en productos deseados se resalta la importancia de realizar las hidrogenaciones a pH bajo de forma que el aminoácido esté en forma protonada en lugar de en la forma de carboxilato. En general, la hidrogenación catalítica de los aminoácidos requiere una solución de pH bajo junto a una elevada carga de catalizador, tiempos de reacción prolongados, y una elevada presión de hidrógeno. Así, estos procesos son frecuentemente costosos, ya que se requieren materias primas y reactivos adicionales caros. La solicitud de patente WO 2005/095536 describe un proceso de separación reactiva mediante el cual la glicerina se transforma en alcoholes inferiores que tienen puntos de ebullición inferiores a 200°C con rendimientos elevados.

35 El propilenglicol, también conocido como 1,2-propanodiol, es un compuesto químico de carácter industrial de gran importancia y de una gran diversidad de usos finales. En los Estados Unidos, se consumen más de 400 millones de kilogramos de propilenglicol al año. Un uso final de gran importancia del propilenglicol es como materia prima en la fabricación de resinas de poliéster. El propilenglicol se usa también en cosméticos, productos para la higiene personal, compuestos farmacéuticos, y aplicaciones alimentarias, al menos debido en parte a su baja toxicidad, ausencia de color y de olor, excelentes características como disolvente, y buenas propiedades como emoliente. La Food and Drug Administration de los Estados Unidos ha determinado que el propilenglicol es "seguro en términos generales" (GRAS) para usar en alimentos, cosméticos, y medicina. Otras categorías de uso incluyen aplicaciones como fluidos funcionales, por ejemplo, fluidos para la eliminación del hielo en aeronaves, anticongelantes, lubricantes, tintas, y fluidos de transferencia de calor, pinturas y recubrimientos, plastificantes, y celofán. El propilenglicol puede usarse también como disolvente y/o estabilizador de enzima en aplicaciones detergentes.

45 El propilenglicol es producido generalmente mediante la hidratación del óxido de propileno que, a su vez, puede obtenerse a partir de propileno procedente de fuentes petroquímicas como, por ejemplo, carbón, gas natural o craqueo del petróleo. Por lo tanto, una gran cantidad del propilenglicol se deriva de fuentes derivadas del petróleo no renovables. Además, las mezclas que comprenden propilenglicol y un 2-amino-1-propanol pueden tener diversos usos en determinados procesos industriales y en productos comerciales.

50 La producción industrial de sustancias químicas puede verse motivada por intereses económicos. La producción a escala industrial de determinadas sustancias químicas requiere operaciones en plantas de gran tamaño, a menudo con aparatos y reactores dedicados a la producción de un producto químico específico. La reducción de la

infraestructura industrial necesaria para la producción de diversas sustancias químicas puede dar como resultado una ventaja económica para la empresa. Por ejemplo, si una compañía pudiera usar instalaciones con una infraestructura específica para la producción de múltiples productos químicos finales, podrían obtenerse diversas ventajas económicas.

- 5 Por lo tanto, siguen siendo necesarios procesos para producir un producto que comprende un aminoalcohol y propilenglicol a partir de materias primas económicas y renovables como, por ejemplo, glicerol, de un modo rentable, lo que también puede reducir o eliminar la producción de cantidades sustanciales de subproductos no deseados.

Sumario de la invención

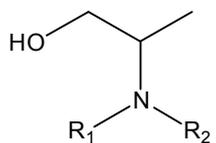
La presente invención es según se define en las reivindicaciones.

- 10 Las realizaciones de la presente descripción generalmente se refieren a un proceso para la producción simultánea de un aminoalcohol y propilenglicol a partir de una fuente de glicerol.

15 En una realización ilustrativa, los procesos de la presente descripción generalmente se refieren a un proceso para convertir glicerol en una mezcla de productos que comprende propilenglicol y un producto de tipo aminoalcohol. El proceso comprende la reacción de glicerol con un catalizador metálico para obtener hidroxiacetona y hacer reaccionar la hidroxiacetona con un compuesto de tipo amina y un agente reductor para obtener una mezcla de productos que comprende propilenglicol y el producto de tipo aminoalcohol.

20 En otra realización ilustrativa, los procesos de la presente descripción se refieren en general a un proceso para convertir glicerol en una mezcla de productos que comprende propilenglicol y un 2-amino-1-propanol. El proceso comprende la reacción de glicerol con un catalizador metálico en un primer reactor para obtener hidroxiacetona y hacer reaccionar la hidroxiacetona con un compuesto de tipo amina y un agente reductor para obtener una mezcla de productos que comprende propilenglicol y un 2-amino-1-propanol. Según los procesos, la reacción de la hidroxiacetona comprende: reducir una primera parte de la hidroxiacetona en un reactor con el agente reductor para producir el propilenglicol en la mezcla de productos y hacer reaccionar una segunda parte de la hidroxiacetona en el reactor con el compuesto de tipo amina para producir un aducto y reducir el aducto con el agente reductor en el reactor para producir el 2-amino-1-propanol en la mezcla de productos.

25 En otra realización ilustrativa, los procesos de la presente descripción se refieren en general a un proceso para transformar el glicerol en una mezcla de productos que comprende propilenglicol y un compuesto de tipo aminoalcohol que tiene la fórmula:



- 30 El proceso comprende la reacción de glicerol con un catalizador metálico en un primer reactor para obtener hidroxiacetona y hacer reaccionar la hidroxiacetona con un compuesto de tipo amina y un agente reductor para obtener una mezcla de productos que comprende propilenglicol y un compuesto de tipo aminoalcohol. Según los procesos, la reacción de la hidroxiacetona comprende: reducir una primera parte de la hidroxiacetona en un reactor con el agente reductor para producir el propilenglicol en la mezcla de productos y hacer reaccionar una segunda parte de la hidroxiacetona en el reactor con el compuesto de tipo amina para producir un aducto y reducir el aducto con el agente reductor en el reactor para producir el aminoalcohol en la mezcla de productos. El aminoalcohol tiene una fórmula en donde R_1 y R_2 del aminoalcohol son independientes entre sí y se seleccionan del grupo que consiste en H, alquilo C_1 - C_{20} , cicloalquilo C_3 - C_{20} , hidroxialquilo C_1 - C_{20} , arilo, alquil-arilo C_7 - C_{20} , aril-alquilo C_7 - C_{20} , o R_1 y R_2 se unen al nitrógeno formando un anillo heterocíclico que tiene de 5 a 7 átomos en el anillo.

40 Breve descripción de los dibujos

Las diversas realizaciones de la “descripción de la invención” se entenderán mejor cuando sean leídas junto con los siguientes dibujos, en los que:

La Figura 1 ilustra un diagrama de flujo esquemático que representa una realización ilustrativa de un proceso en múltiples etapas de acuerdo con la presente descripción; y

- 45 La Figura 2 ilustra un diagrama de flujo esquemático que representa una realización ilustrativa de un proceso en una etapa de acuerdo con la presente descripción.

Descripción detallada de la invención

A. Definiciones

En la presente memoria, “que comprende” significa los diversos componentes, ingredientes, o etapas, que se pueden emplear conjuntamente al llevar a la práctica diferentes realizaciones de la presente descripción. Por tanto, el término “que comprende” abarca los términos más restrictivos “que consiste esencialmente en” y “que consiste en”.

5 En la presente memoria, el término “aducto” significa cualquier especie química formada mediante la combinación o condensación de dos o más sustancias, tales como hidroxiacetona y un compuesto de tipo amina.

En la presente memoria, el término “glicerol bruto” se refiere a glicerol que puede contener impurezas, incluyendo, aunque no de forma limitativa, agua, sales inorgánicas tales como cloruro, sulfato, fosfato, sales de acetato y otras, compuestos orgánicos, tales como ácidos grasos, ésteres grasos, monoglicéridos, diglicéridos, fosfolípidos, restos de proteína, metanol, ácidos, bases o combinaciones de cualquiera de los mismos. Las impurezas pueden representar de aproximadamente 10% a aproximadamente 50% del glicerol bruto, en peso.

10 En la presente memoria, el término “componentes de la reacción” se refiere por lo general a las especies químicas que participan en una transformación química, por ejemplo, aunque no de forma limitativa, disolventes, reactivos y catalizadores. Además, los “componentes de la reacción” pueden incluir un gas, líquido, o sólido o un componente de la reacción disuelto en un disolvente.

En la presente memoria, el término “agente reductor” se refiere a cualquier elemento, compuesto, o combinación de elementos y/o compuestos que reducen otra especie bien aumentando el contenido en hidrógeno o disminuyendo el contenido en oxígeno de la otra especie.

En la presente memoria, el término “RANEY®” cuando se usa junto a un catalizador metálico significa un catalizador que se ha tratado mediante un proceso que activa el catalizador, tal como haciendo reaccionar el catalizador con un segundo metal, como aluminio, y/o aumentando el área superficial del catalizador. Por ejemplo, un metal RANEY® es un catalizador sólido compuesto de granos finos de una aleación metal-aluminio, producida cuando un bloque de la aleación se trata con hidróxido sódico concentrado para activar el catalizador. El catalizador activado tiene una estructura porosa con una elevada área superficial. RANEY® es una marca registrada de W.R. Grace and Company, New York, New York, EE. UU. Otros catalizadores adecuados que se pueden usar en lugar del catalizador RANEY® incluyen catalizadores estructurales y/o catalizadores de esponja metálica.

En la presente memoria, el término “glicerol” se puede referir a cualquier glicerol bruto, tratado, o refinado como se describe en la presente memoria, salvo que el glicerol se haya designado específicamente como bruto, tratado, o refinado.

30 En la presente memoria, el término “glicerol refinado” significa glicerol que tiene una pureza de al menos aproximadamente 99% (es decir que contiene menos de aproximadamente 1% de impurezas, tales como las impurezas descritas en la presente memoria).

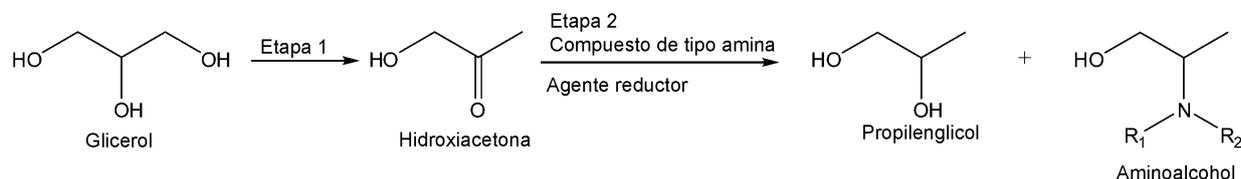
En la presente memoria, el término ‘glicerol tratado’ significa glicerol que se ha sometido a al menos un proceso de tratamiento de forma que el glicerol tratado comprende más de aproximadamente 1% a aproximadamente 10% de impurezas, tales como las impurezas descritas en la presente memoria.

En la presente memoria, el término “tratar” significa retirar, al menos, una parte de las impurezas del glicerol bruto. “Tratar” se puede realizar por diferentes métodos incluyendo aunque no de forma limitativa, neutralización, precipitación, filtración, evaporación, depuración con vapor, intercambio de iones, adsorción, separación por membrana, tal como microfiltración, nanofiltración, ósmosis y ósmosis inversa, electrodesionización, y combinaciones de cualquiera de los mismos.

Todos los porcentajes indicados en la presente memoria se expresan en peso, salvo que se indique lo contrario.

B. Procesos

Diversas realizaciones de la presente descripción se refieren en general a un proceso para transformar el glicerol en una mezcla de productos que comprende propilenglicol y un producto de tipo aminoalcohol. En concreto, determinadas realizaciones de la presente invención describen un proceso que comprende hacer reaccionar glicerol con un catalizador metálico para obtener hidroxiacetona en una primera etapa y en una segunda etapa hacer reaccionar la hidroxiacetona con un compuesto de tipo amina y con el agente reductor para obtener una mezcla de productos que comprende propilenglicol y un producto de tipo aminoalcohol. El proceso puede representarse mediante la siguiente ecuación química:



50

Según otras realizaciones, el proceso puede ser un proceso en una etapa en el que la conversión de glicerol en hidroxiacetona y la conversión de la hidroxiacetona en la mezcla de productos que comprende propilenglicol y el aminoalcohol se puede producir en un único proceso de reacción, (un único recipiente o reactor simple). Las variaciones de estos procesos resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción.

5 Por ejemplo, según el proceso descrito en la presente memoria, se hace reaccionar glicerol con un catalizador metálico para producir hidroxiacetona, y una primera parte de la hidroxiacetona se reduce directamente con el agente reductor para producir el propilenglicol en la mezcla de productos y una segunda parte de la hidroxiacetona se hace reaccionar con el compuesto de tipo amina para formar un aducto que, a continuación, es reducido con el agente reductor para producir el compuesto de tipo aminoalcohol en la mezcla de productos. La mezcla de
10 productos que comprende propilenglicol y el aminoalcohol puede usarse directamente en determinados procesos industriales y productos comerciales o, de forma alternativa, puede separarse en sus componentes propilenglicol y de tipo aminoalcohol mediante un proceso de separación. Las variaciones de estos procesos resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción.

Según diversas realizaciones, los procesos descritos en la presente memoria incluyen hacer reaccionar glicerol con un catalizador metálico para obtener un producto que comprende hidroxiacetona en una primera etapa. Según algunas realizaciones, el producto de hidroxiacetona puede también comprender otros componentes tales como, por ejemplo, glicerol sin reaccionar, agua, propilenglicol y otras impurezas. El glicerol aceptable para su uso en la presente invención puede ser un líquido bruto, tratado o glicerol refinado, o vapor de glicerol bruto, como se describe con mayor detalle en la presente memoria. En referencia a la Fig. 1 en su totalidad, el glicerol bruto (100) puede
20 contener impurezas incluyendo, aunque no de forma limitativa, agua, sales inorgánicas como, por ejemplo, cloruro, sulfato, fosfato, sales de acetato y otras, compuestos orgánicos como, por ejemplo, ácidos grasos, ésteres grasos, monoglicéridos, diglicéridos, fosfolípidos, restos de proteína, metanol, ácidos, bases y diversas combinaciones de cualquiera de los mismos. En algunas realizaciones del glicerol bruto, las impurezas pueden representar al menos aproximadamente 10% del glicerol bruto, y en realizaciones específicas, de aproximadamente 10% a aproximadamente 50% del glicerol bruto, en peso. En otras realizaciones, el glicerol bruto puede comprender menos del 10% de impurezas, tal como de 1% a 10% de impurezas. El experto en la técnica entenderá que la cantidad de impurezas contenidas en el glicerol bruto puede variar según el método de producción y que en algunos procesos más eficaces, el glicerol bruto no tratado puede contener niveles menores de impurezas que el glicerol bruto procedente de otros procesos. La pureza del glicerol “bruto” usado en la reacción no deberá considerarse como una limitación de la presente memoria. Según algunas realizaciones, el glicerol bruto se puede obtener mediante un proceso industrial como, por ejemplo, durante la producción de biodiesel, o a partir de la conversión de grasas/aceites de origen animal o vegetal mediante reacciones de saponificación, trans-esterificación o hidrólisis. Como se describe en la presente memoria, en algunos procesos convencionales, el glicerol bruto debe refinarse en primer lugar antes del uso para facilitar el control del proceso, maximizar los rendimientos del proceso, evitar el envenenamiento del catalizador, y/o reducir las impurezas en el producto final de la reacción. Puesto que estos procesos de refinado pueden ser costosos, en algunas realizaciones de los procesos de la presente memoria, puede ser más deseable utilizar el glicerol bruto directamente o con un procesamiento, tratamiento o purificación mínimos. Varias realizaciones descritas en la presente memoria pueden resolver este problema proporcionando procesos más económicos que permiten el uso de glicerol bruto sin refinado o tratamiento del glicerol.

40 Aunque algunas realizaciones de la presente descripción en general se centran en el uso de glicerol bruto, los procesos de la presente descripción no están limitados al uso del glicerol bruto. Por ejemplo, en otra realización, el glicerol bruto se puede tratar (102) opcionalmente antes de utilizarse en los procesos descritos en la presente memoria. Someter el glicerol bruto a un tratamiento puede ayudar a reducir la cantidad de impurezas presentes en el glicerol, sin que ello implique tener que refinar totalmente el glicerol bruto. Según estas realizaciones, el tratamiento del glicerol bruto puede suponer un ahorro de dinero significativo en comparación con el refinado de glicerol crudo. Tal como se usa en la presente memoria, el “tratamiento” del glicerol bruto se puede realizar por diferentes métodos incluyendo aunque no de forma limitativa, neutralización, precipitación, filtración, evaporación, depuración con vapor, intercambio de iones, adsorción, separación por membrana, tal como microfiltración, nanofiltración, ósmosis y ósmosis inversa, electrodesionización, y combinaciones de cualquiera de los mismos. El experto en la técnica comprenderá cómo el tratamiento de glicerol bruto puede lograrse mediante los diversos métodos descritos en la presente memoria, y que dicho tratamiento puede variar dependiendo de la naturaleza de las impurezas y de la cantidad de las mismas presentes en el glicerol bruto. Independientemente del método de tratamiento que se emplee, el “glicerol tratado” resultante puede comprender de aproximadamente 1% a aproximadamente 10% de una o más de las impurezas anteriormente mencionadas. La reducción de las impurezas en el glicerol tratado puede
50 ayudar a proporcionar mejoras en los rendimientos de reacción en los procesos descritos en la presente memoria.

Según otras realizaciones, puede usarse glicerol refinado (104) que tenga una pureza superior a aproximadamente 99% en los procesos descritos en la presente memoria. El glicerol se puede refinar según cualquier método de refinado conocido en la técnica. En varias realizaciones, el glicerol refinado, tratado o bruto puede estar puro o diluido con un solvente polar (p. ej. agua o un alcohol). Varias mezclas de glicerol refinado, tratado y/o bruto también pueden ser
60 adecuadas para usar en varias realizaciones descritas en la presente memoria.

Alternativamente, según otras realizaciones, el glicerol bruto se puede vaporizar (106) antes de someter el glicerol a los procesos descritos en la presente memoria. Como las reacciones en fase vapor pueden ser más rápidas que las

reacciones en fase líquida, puede desearse el vapor de glicerol de forma que la primera parte del proceso se pueda realizar en la fase de vapor, por ejemplo, para acelerar la velocidad de la reacción. La vaporización del glicerol se puede llevar a cabo usando cualquier vaporizador conocido por el experto en la técnica incluyendo, aunque no de forma limitativa, un tanque evaporador instantáneo o un evaporador de película rascada. El experto en la técnica reconocerá que las condiciones de temperatura y presión pueden variar según el equipo de vaporización utilizado. Una ventaja adicional de vaporizar el glicerol bruto es que la vaporización del glicerol puede reducir la cantidad de impurezas presentes en el glicerol bruto sin tener que refinar totalmente el glicerol. De esta forma, usar el vapor de glicerol puede ser más una opción más rentable que usar el glicerol refinado. En la presente memoria, el término “glicerol” debe incluir el glicerol bruto, tratado, o refinado, excepto en los casos en que se designa de forma específica como bruto, tratado o refinado.

También se puede proporcionar un catalizador metálico (108) para reaccionar con el glicerol para producir hidroxiacetona. Según diversas realizaciones, se puede usar en la presente memoria cualquier catalizador metálico que tenga sitios activos que comprendan uno o más elementos metálicos de transición. Por ejemplo, según algunas realizaciones, el catalizador metálico puede incluir, aunque no de forma limitativa, cobre, cromo, níquel, cinc, cobalto, manganeso, silicio, aluminio, sus óxidos, y combinaciones de cualquiera de los mismos. Según una realización, el catalizador metálico puede ser un catalizador de cromito de cobre (también conocido en la técnica como catalizador de óxido de cobre-cromo) que puede comprender de aproximadamente 20% a aproximadamente 75% de óxido de cobre y de aproximadamente 20% a aproximadamente 75% de trióxido de cromo. Según otra realización, el catalizador puede ser un catalizador de cobre cinc. De forma adicional, el catalizador metálico, por ejemplo, el catalizador de cromito de cobre el catalizador de cobre y cinc, puede contener pequeñas cantidades de estabilizantes, como el óxido de bario. En algunas realizaciones, el catalizador metálico también puede estimularse con uno o más óxidos metálicos incluyendo, aunque no de forma limitativa, óxidos de magnesio, calcio, bario, manganeso, molibdeno o silicio, que pueden ayudar a convertir el catalizador metálico en más activo y/o más estable. Además, en algunas realizaciones, el catalizador metálico se puede usar reciente (es decir, la forma oxidada), o se puede reducir en una corriente de hidrógeno antes del uso. Según determinadas realizaciones, el uso de un catalizador reducido puede ser deseable por varias razones. Por ejemplo, en determinadas realizaciones, el uso de un catalizador reducido puede producir hidroxiacetona más rápidamente y con menos impurezas y, en otras realizaciones, el uso de un catalizador reducido puede contribuir a una mayor duración del catalizador debido a la resistencia al envenenamiento y/o la degradación del catalizador.

Según algunas realizaciones, la reacción entre el glicerol y el catalizador metálico puede tener lugar en un primer reactor (110), opcionalmente en presencia de un gas (112), a modo de suspensión acuosa, o a modo de lecho fijo. Se puede usar en la presente memoria cualquier reactor conocido por el experto en la técnica, incluido un reactor en discontinuo, un reactor de tanque con agitación, un reactor en semidiscontinuo, un reactor de flujo pistón, un reactor en continuo, un reactor de tanque con agitación en continuo, un reactor para suspensión acuosa, un reactor de lecho fijo, un reactor tubular, un reactor de columna, un reactor de lecho compactado, un reactor de lecho fluidizado, un reactor de lecho con flujo descendente, un reactor de membrana, un reactor de placa y marco, un reactor de tipo Carberry (también denominado reactor de “Notre Dame”, véase J.J. Carberry, “Chemical and Catalytic Reaction Engineering,” Dover Publications, Inc. Mineola, NY, 1976, pág. 406, véase también la pág. 520 para una ilustración de varios tipos de reactor adecuados para usar en la presente descripción, un reactor de flujo pistón y un aparato de destilación reactiva, o combinaciones diversas de cualquiera de los mismos. Se entenderá que la forma en que el glicerol y el catalizador metálico se alimenten/agreguen al reactor puede variar dependiendo del equipo utilizado y la fase de cada componente de la reacción. Se entenderá que la forma en que el glicerol y el catalizador metálico se alimenten/agreguen al reactor puede variar dependiendo del equipo utilizado y la fase de cada componente de la reacción. Sin embargo, en aquellas realizaciones en las que se utilice vapor de glicerol, el experto en la técnica entenderá que puede ser más ventajoso tener el catalizador metálico ya colocado en el primer reactor antes de agregar el vapor de glicerol, ya que esto puede simplificar el proceso de poner en contacto el vapor de glicerol con el catalizador metálico.

Aunque la cantidad de catalizador metálico puede variar, en una realización, la cantidad puede ser de aproximadamente 0,01% a aproximadamente 100%, y en otra realización de aproximadamente 0,01% a aproximadamente 5% en peso, relativo al glicerol, por ejemplo, en un reactor tipo suspensión acuosa. Para otros reactores, como para un reactor continuo, por ejemplo un reactor de lecho fijo (incluyendo reactores de lecho con flujo descendente), la carga del catalizador en el reactor puede variar y puede depender del diseño del reactor de lecho, como por ejemplo el volumen de lecho del reactor y/o el caudal de reactivo. El experto en la técnica reconocerá que la cantidad de catalizador metálico utilizada puede variar dependiendo del tipo de reactor utilizado y la velocidad deseada de la reacción. Por ejemplo, las reacciones rápidas pueden ser ventajosas porque generalmente permiten el uso de un equipo de reacción más compacto y pueden dar como resultado la formación de menos subproductos, mientras que las reacciones más lentas pueden ser ventajosas porque frecuentemente se pueden llevar a cabo usando menos catalizador, lo que puede traducirse en menores costes de operación. En algunas realizaciones, cuando se desea una velocidad de reacción más rápida, la cantidad de catalizador metálico se puede incrementar.

Según algunas realizaciones, la reacción entre el glicerol con el catalizador metálico se pueden llevar a cabo con rociado de gas. Si se usa un gas (112), cualquier gas conocido por el experto en la técnica puede ser aceptable para su uso en la presente invención. Los ejemplos de gases que pueden ser útiles en algunas realizaciones de los

presentes procesos pueden incluir los gases nobles (p. ej. helio o argón), nitrógeno, dióxido de carbono, vapor supercalentado y combinaciones de cualquiera de los mismos. En algunas realizaciones, el gas puede comprender nitrógeno. Sin desear quedar limitado por teoría alguna, se cree que la inclusión de un gas, junto con la temperatura de reacción, puede ser ventajosa porque puede mejorar los rendimientos y selectividades de la reacción gracias a la reducción del tiempo de contacto entre el catalizador y el producto de hidroxiacetona ayudando continuamente en la retirada de la hidroxiacetona y agua de la mezcla de reacción en forma de vapor. Por ejemplo, a medida que se forma producto de hidroxiacetona en las condiciones de reacción y de temperatura, se puede vaporizar y el vapor de hidroxiacetona se puede extraer del reactor con la corriente de gas. A su vez, esto puede evitar que la hidroxiacetona reaccione adicionalmente con el catalizador metálico y genere subproductos indeseados.

Según una realización específica, el primer reactor (110) puede ser un reactor de lecho con flujo descendente. El reactor de lecho con flujo descendente puede comprender al menos una columna empaquetada, en donde la columna está empaquetada con el catalizador metálico. En algunas realizaciones, el reactor de lecho con flujo descendente puede comprender una pluralidad de columnas, tales como, por ejemplo de 2 a 10 columnas, dispuestas en serie o en paralelo. El experto en la técnica reconocerá que el número de columnas en el reactor de lecho con flujo descendente puede variar según el tiempo de reacción necesario, el caudal del proceso, y/o la altura, volumen total de lecho o carga de catalizador de la columna. En el reactor con lecho en flujo descendente para la transformación de glicerol en hidroxiacetona se introduce glicerol líquido con un caudal reducido de modo que pueda formarse una fina capa de líquido sobre, al menos, una parte de la superficie de las partículas de catalizador metálico con las cuales se ha empaquetado la columna. En algunas realizaciones, el espacio entre las partículas de catalizador se puede alimentar con el gas (112), de forma que el glicerol se convierte en el producto de hidroxiacetona (116), el producto de hidroxiacetona se volatiliza, y el vapor de hidroxiacetona se extrae del reactor mediante el gas. El experto en la técnica reconocerá que el número de columnas en el reactor con lecho en flujo descendente puede variar según diversos factores, incluidos, aunque no de forma limitativa, la reactividad del catalizador metálico, el tamaño y/o volumen de acondicionamiento de cada una de las columnas, la pureza del reactivo de glicerol, y las condiciones de reacción (como, por ejemplo, la temperatura de reacción).

Independientemente de la forma de introducir los diferentes componentes de la reacción, una vez dentro del primer reactor, el glicerol y el catalizador metálico pueden reaccionar en presencia del gas si se ha incluido, para producir un producto de hidroxiacetona que, además de la hidroxiacetona, puede comprender cualquier glicerol sin reaccionar, agua, propilenglicol y otras impurezas. Sin pretender quedar limitado por teoría alguna, se cree que la hidroxiacetona se puede formar mediante una combinación de reacciones de deshidrogenación y deshidratación. Más específicamente, el primer lugar el glicerol se puede deshidrogenar a gliceraldehído en equilibrio con su tautómero enólico. El grupo hidroxilo primario de este tautómero enólico puede interactuar a continuación con el sitio ácido presente en el óxido de cromo, catalizando de esta forma la pérdida de agua (deshidratación) con reordenación simultánea del doble enlace para dar la hidroxiacetona. Alternativamente, un grupo hidroxilo primario del glicerol puede interactuar fuertemente con un sitio ácido del catalizador para facilitar la pérdida de agua y proporcionar hidroxiacetona a través de su tautómero enólico.

A la vista de lo anterior, se entenderá que las condiciones de reacción pueden variar dependiendo de los componentes de reacción concretos (es decir glicerol, catalizador metálico y gas, si está presente), y del tipo de reactor seleccionado. En algunas realizaciones, la reacción entre el glicerol y el catalizador metálico se puede llevar a cabo a una temperatura de aproximadamente 160°C a aproximadamente 300°C y, en otra realización, de aproximadamente 200°C a aproximadamente 240°C. Según algunas realizaciones, la reacción entre el glicerol y el catalizador metálico se puede llevar a cabo a una presión próxima a la presión atmosférica, por ejemplo, en una realización, se pueden usar presiones de aproximadamente 0,01 MPa a aproximadamente 6 MPa (de aproximadamente 0,1 bar a aproximadamente 60 bar) y, en otra realización, se pueden utilizar presiones de aproximadamente 0,01 MPa a aproximadamente 1 MPa (de aproximadamente 0,1 bar a aproximadamente 10 bar). De forma similar, el tiempo necesario para llevar a cabo la reacción puede variar dependiendo de los componentes de la reacción utilizados, por ejemplo, en una realización la reacción se puede llevar a cabo de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 24 horas, medido por el tiempo de residencia en el reactor, por ejemplo si el glicerol está en la fase líquida. En otras realizaciones cuando el glicerol está en fase vapor, el tiempo de reacción puede ser de aproximadamente 1 segundo a aproximadamente 1 hora. Los expertos en la técnica sabrán cómo seleccionar los parámetros adecuados para el proceso en función de factores como los componentes de reacción y el equipo usado.

Una vez tiene lugar la reacción entre el glicerol y el catalizador metálico, se puede obtener un producto (116) de hidroxiacetona, así como una corriente recirculada (118). En la presente memoria, “producto de hidroxiacetona” significa la composición o composiciones resultantes de, o que quedan después de, hacer reaccionar el glicerol y el catalizador metálico, de forma opcional en presencia de un gas inerte, por ejemplo, en el primer reactor. Aunque no se debería limitar a esto, el producto de hidroxiacetona puede estar en la fase vapor (que se puede condensar antes de la siguiente etapa de proceso). Además de la hidroxiacetona, el producto de hidroxiacetona puede comprender cualquier glicerol sin reaccionar, propilenglicol, agua, impurezas y combinaciones de cualquiera de los mismos. El producto de hidroxiacetona puede comprender también cualquier gas (112) si se utiliza en la reacción.

La corriente recirculada (118) puede por lo general estar en la fase líquida y puede comprender el catalizador metálico, y/o el glicerol sin reaccionar, así como cualquier impureza de elevado punto de ebullición. En una realización, la corriente recirculada (118) se puede hacer recircular directamente al primer reactor (110) para su

recirculación. En otra realización, el catalizador metálico de la corriente recirculada (118) puede separarse parcial o totalmente (120) y el glicerol (122) sin reaccionar remanente (y cualquier impureza presente) se puede recircular al primer reactor (110). En determinadas realizaciones, el catalizador metálico puede regenerarse (124) antes de recircularse (126) en el primer reactor para volverlo a usar ya que puede perder, al menos, una parte de su actividad a lo largo del tiempo. Opcionalmente, el catalizador (126) metálico recirculado, regenerado o no, se puede mezclar con catalizador (108) metálico nuevo y/o glicerol(122) sin reaccionar y volverse a añadir al primer reactor (110) para sustituir, al menos, una parte de los componentes de reacción usados/extraídos.

De manera similar, cuando se manipula el producto de hidroxiacetona (116), el gas (si se usa) se puede separar opcionalmente (128) del producto (130) de hidroxiacetona remanente y volverse a recircular al primer reactor (110) para su reutilización. El producto (130) de hidroxiacetona remanente que se ha mencionado anteriormente puede comprender hidroxiacetona y, en algunas realizaciones, alguno de entre glicerol sin reaccionar, agua, propilenglicol e impurezas como, por ejemplo, 1,3-dimetanol-p-dioxano y (2,4-dimetil-1,3-dioxolan-2-il)metanol que se pueden separar si se desea (132) para aislar la hidroxiacetona (134) del glicerol (136) sin reaccionar, agua (138), propilenglicol (140) e impurezas (142). El agua (138) y las impurezas (142) pueden generalmente recircularse o desecharse, mientras que el propilenglicol (140) puede recogerse para usar en otras aplicaciones o mezclarse con la mezcla de productos procedente del proceso general, y el glicerol (136) sin reaccionar puede recircularse para usar como componente de reacción para la primera etapa del proceso. La hidroxiacetona (134) puede añadirse a un segundo reactor (150) para un procesamiento adicional.

Según las diversas realizaciones, los procesos descritos en la presente memoria comprenden hacer reaccionar la hidroxiacetona con un compuesto (144) de tipo amina y un agente reductor (152) para obtener una mezcla de productos que comprende propilenglicol (170) y un producto (180) de tipo aminoalcohol. La reacción de la hidroxiacetona puede producirse en un reactor, por ejemplo un primer reactor (110, como se describe en la presente memoria) o un segundo reactor (150). Además, la reacción de la hidroxiacetona puede comprender directamente reducir una primera parte de la hidroxiacetona con el agente reductor (152) en el reactor para producir el propilenglicol (170) en la mezcla de productos y hacer reaccionar una segunda parte de la hidroxiacetona con el compuesto (144) de tipo amina para producir un aducto (148) y, posteriormente, reducir el aducto (148) con el agente reductor (152) en el reactor para producir el producto (180) de tipo aminoalcohol en la mezcla de productos. En la presente memoria, el término “parte”, cuando se usa en referencia a la hidroxiacetona de la primera etapa del proceso significa una parte de la hidroxiacetona en la hidroxiacetona producida en la primera etapa. Las diversas partes de la hidroxiacetona no se separan de otras partes de la hidroxiacetona en el producto de tipo hidroxiacetona. La hidroxiacetona puede ser el producto (116) de hidroxiacetona, el producto de hidroxiacetona tras la separación (130) del gas o la hidroxiacetona (134) tras los procesos (132) de separación.

Según se describe en la presente memoria, según determinadas realizaciones, la reacción de la hidroxiacetona con el agente reductor para producir el propilenglicol en la mezcla de productos puede comprender reducir una primera parte de la hidroxiacetona con el agente reductor para producir el propilenglicol en la mezcla de productos. Según determinadas realizaciones, la primera parte de la hidroxiacetona puede comprender de aproximadamente 0,01% a aproximadamente 99,99%, en peso, de la hidroxiacetona producida en la primera etapa del proceso. En otra realización, la primera parte de la hidroxiacetona puede comprender de aproximadamente 15% a aproximadamente 85% de la hidroxiacetona producida en la primera etapa del proceso.

Según determinadas realizaciones, la hidroxiacetona puede también reaccionar con el compuesto (144) de tipo amina obteniéndose el aducto (148), y el aducto (148) puede reducirse con el agente reductor (152) produciendo el producto de tipo aminoalcohol en la mezcla de productos. Por ejemplo, según determinadas realizaciones, la reacción de la hidroxiacetona puede comprender hacer reaccionar una segunda parte de la hidroxiacetona con el compuesto de tipo amina para producir el aducto y, a continuación, reducir el aducto con el agente reductor en un reactor para producir el producto de tipo aminoalcohol en la mezcla de productos. Según determinadas realizaciones, la segunda parte de la hidroxiacetona puede comprender de aproximadamente 0,01% a aproximadamente 99,99% en peso de la hidroxiacetona producida en la primera etapa del proceso. En otra realización, la segunda parte de la hidroxiacetona puede comprender de aproximadamente 15% a aproximadamente 85% de la hidroxiacetona producida en la primera etapa del proceso.

Según diversas realizaciones, la reacción de la hidroxiacetona con el compuesto de tipo amina, por ejemplo, la reacción de una segunda parte de la hidroxiacetona con el compuesto de tipo amina, puede llevarse a cabo mediante diversos procesos. Por ejemplo, según una realización, el compuesto de tipo amina puede añadirse a la hidroxiacetona en la corriente de alimentación de hidroxiacetona que va del primer reactor (110) al segundo reactor (150). Por ejemplo, el compuesto de tipo amina puede añadirse a la corriente de alimentación de hidroxiacetona a medida que se transfiere la hidroxiacetona (o el producto de hidroxiacetona) desde el primer reactor (110) al segundo reactor(150), mientras se va separando el producto de hidroxiacetona del gas (112), durante el proceso para separar la hidroxiacetona del producto de hidroxiacetona (es decir, la separación de la hidroxiacetona de uno o más de entre el glicerol sin reaccionar, agua, propilenglicol, e impurezas (132)), o en una primera corriente de alimentación entre estos procesos. En otra realización, el compuesto de tipo amina puede añadirse a la hidroxiacetona (o al producto de hidroxiacetona) en un recipiente (146) situado entre el primer reactor (110) y el segundo reactor (150). En otra realización, el compuesto de tipo amina puede añadirse a la hidroxiacetona (o al producto de hidroxiacetona) en el segundo reactor (150).

Según determinadas realizaciones, el compuesto (144) de tipo amina puede ser un compuesto seleccionado del grupo que consiste en amoniaco, hidróxido amónico, hidroxilamina, aminas primarias, aminas secundarias, alcanolaminas, y combinaciones de los mismos. En una realización, el compuesto de tipo amina puede ser amoniaco, mientras que en otra realización, el compuesto de tipo amina puede ser hidróxido amónico. En otra realización, el compuesto de tipo amina puede ser hidroxilamina. Un experto en la técnica, basándose en la descripción en la presente memoria, entenderá que la selección del compuesto de tipo amina adecuado dependerá de la estructura del producto de aminoalcohol deseado. Por ejemplo, en algunas realizaciones si se desea un producto de aminoalcohol primario, se seleccionaría un compuesto de tipo amina como amoniaco (gaseoso o líquido) o hidróxido amónico, mientras que un producto de aminoalcohol secundario o un producto de aminoalcohol terciario utilizaría un compuesto de tipo amina primaria o secundaria, respectivamente.

En determinadas realizaciones, la reacción de la hidroxiacetona (por ejemplo, la segunda parte de la hidroxiacetona) con el compuesto de tipo amina para obtener el aducto puede también comprender, de forma opcional, añadir un catalizador ácido a la hidroxiacetona y al compuesto de tipo amina. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la tasa de la reacción entre la hidroxiacetona y el compuesto de tipo amina puede aumentar por la adición de un catalizador ácido tal como, por ejemplo, un ácido de Brønsted-Lowry, un ácido de Lewis, o combinaciones de cualquiera de los mismos. Los expertos en la técnica sabrán cómo seleccionar un catalizador ácido, tal como un catalizador ácido sólido, basándose en factores como el equipo y los parámetros de coste. Algunos catalizadores ácidos sólidos ilustrativos aceptables para su uso en la presente invención pueden incluir óxidos metálicos u óxidos metálicos mixtos de los elementos Zr, Ti, Mo, W, Fe, B, Al y Si; zeolitas, sales amónicas o metálicas de ácidos minerales como ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido fosfórico, o de ácidos orgánicos como ácido fórmico, ácido acético y ácido sulfónico; resinas de intercambio iónico de poliestireno sulfonado reticulado, tal como AMBERLYST™ (Rohm & Haas, EE. UU., PA), una resina ácido poliperfluorosulfónico como NAFION® (Dupont, EE. UU.), con o sin nanocomposición de sílice; kieselguhr, alúmina, titanita o arcillas impregnadas con un ácido fuerte. Sin pretender quedar limitado por ningún mecanismo concreto, se cree que el catalizador ácido puede activar el carbonilo de la hidroxiacetona para el ataque nucleofílico por el compuesto de tipo amina. El catalizador ácido se puede agregar a la hidroxiacetona antes de, junto con, o tras la adición del compuesto de tipo amina. En otra realización, una mezcla de la hidroxiacetona y el compuesto de tipo amina se pueden hacer pasar sobre o a través de una resina ácida. En otras realizaciones, la catálisis ácida puede no ser necesaria ya que el compuesto de tipo amina puede reaccionar directamente con la hidroxiacetona para producir el aducto.

Según algunas realizaciones, la reacción de la hidroxiacetona (por ejemplo, la segunda parte de la hidroxiacetona) con el compuesto de tipo amina para obtener el aducto puede llevarse a cabo a cualquier temperatura que sea eficaz para dar lugar a la reacción entre el compuesto de tipo amina y la hidroxiacetona. Por ejemplo, en determinadas realizaciones, la reacción del compuesto de tipo amina con la hidroxiacetona tiene lugar a una temperatura que está en el intervalo de aproximadamente -20°C a aproximadamente 150°C . En otras realizaciones, la reacción entre la hidroxiacetona y el compuesto de tipo amina puede llevarse a cabo, por lo general, a una temperatura de aproximadamente -20°C a aproximadamente 70°C , y en una realización de aproximadamente -10°C a aproximadamente 15°C . La reacción entre la hidroxiacetona y el compuesto de tipo amina se puede producir a presiones de aproximadamente 0,1 MPa a aproximadamente 20 MPa (de aproximadamente 1 bar a aproximadamente 200 bar) y, en una realización, de aproximadamente 0,1 MPa a aproximadamente 10 MPa (de aproximadamente 1 bar a aproximadamente 100 bar). En algunas realizaciones, el compuesto de tipo amina puede añadirse en exceso con respecto a la hidroxiacetona, es decir, la relación molar de compuesto de tipo amina a hidroxiacetona (total) puede ser de 0,01:1 a 0,99:1. En algunas realizaciones, dependiendo de la reactividad de la hidroxiacetona con el compuesto de tipo amina, el compuesto de tipo amina puede estar en exceso, siendo la relación molar del compuesto de tipo amina a hidroxiacetona de aproximadamente 1:1 a aproximadamente 10:1 y, en una realización, de aproximadamente 2:1 a aproximadamente 4:1. La reacción se puede llevar a cabo de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 3 horas y en una realización de aproximadamente 15 minutos a aproximadamente 90 minutos. El experto en la técnica entenderá cómo el tiempo de reacción puede variar dependiendo de las condiciones de reacción, la reactividad del compuesto de tipo amina, la presencia de un catalizador, y/o el equipo usado.

Según se ha descrito previamente, la reacción de la hidroxiacetona (por ejemplo, como segunda parte de la hidroxiacetona) y el compuesto de tipo amina produce un aducto (148). En la presente memoria, "aducto" se refiere a cualquier especie química formada por combinación o condensación de dos o más sustancias. Según diversas realizaciones, las dos sustancias usadas para formar el aducto pueden ser hidroxiacetona (por ejemplo, 116, 130, o 134) y el compuesto (144) de tipo amina. La reacción de un compuesto que contiene carbonilo como, por ejemplo, la hidroxiacetona, con una amina para formar un aducto que se reduce posteriormente se conoce como aminación reductora. La aminación reductora de compuestos que contienen aldehído o cetona se puede realizar en varias etapas y con diferentes mecanismos dependiendo de la estructura de los reactivos y de las condiciones de reacción. Véase Maschmeyer, T., y col., Adv. Synth. Catal. N.º 10, 344, 1037-1057 (2002). Durante la aminación reductora de la segunda parte de la hidroxiacetona, la reacción entre la hidroxiacetona y el compuesto de tipo amina da como resultado la formación del aducto (148). En una realización, la hidroxiacetona puede añadirse gradualmente al compuesto de tipo amina para mantener concentraciones reducidas de hidroxiacetona en la mezcla de reacción. También, el experto en la técnica reconocerá que la aminación reductora se puede llevar a cabo opcionalmente en

un solo reactor, por ejemplo, en el segundo reactor (150), añadiendo la hidroxiaacetona, el compuesto de tipo amina, y el agente reductor (como un catalizador de hidrogenación e hidrógeno) en el mismo reactor.

Según diversas realizaciones de los procesos de la presente descripción, la primera parte de la hidroxiaacetona puede reducirse directamente con el agente reductor (es decir, sin que reaccione con el compuesto de tipo amina). Según estas realizaciones, la primera parte de la hidroxiaacetona no reacciona con el compuesto de tipo amina cuando la hidroxiaacetona en la corriente de alimentación de hidroxiaacetona (por ejemplo, 116, 130, o 134) entra en contacto con el compuesto de tipo amina (pudiendo reaccionar la segunda parte de la hidroxiaacetona con el compuesto de tipo amina, como se describe en la presente memoria). En estas realizaciones, cuando la hidroxiaacetona y el compuesto de tipo amina entran en contacto fuera del reactor (150), la primera parte de la hidroxiaacetona sin reaccionar puede ser transferida (junto con el aducto (148) o con la segunda parte de la hidroxiaacetona y el compuesto de tipo amina) al segundo reactor (150). Como se ha mencionado previamente, según estas realizaciones, la reducción directa de la primera parte de la hidroxiaacetona dará como resultado la producción de propilenglicol (170).

Según algunas realizaciones, el proceso descrito en la presente memoria comprende reducir la hidroxiaacetona (134) y el aducto (148) usando un agente reductor (152) para obtener una mezcla de productos que comprende propilenglicol cuando se reduce la hidroxiaacetona con el agente reductor, y el producto de tipo aminoalcohol cuando se reduce el aducto con el agente reductor. En otras palabras, la primera parte de la hidroxiaacetona en la alimentación (por ejemplo, 116, 130 ó 134) del primer reactor (110) se reduce directamente con el agente reductor (152) (es decir, no se hace reaccionar la primera parte con el compuesto (144) de tipo amina para producir el aducto (148)) en el segundo reactor (150) para producir el propilenglicol (170) en la mezcla de productos y la segunda parte de la hidroxiaacetona (116, 130, ó 134) en la alimentación procedente del primer reactor se transforma en el aducto (148) (por reacción con el compuesto (144) de tipo amina) y el aducto se reduce en el segundo reactor (150) con el agente reductor (152) para producir el producto (180) de tipo aminoalcohol en la mezcla de productos.

A continuación se describe más detalladamente el proceso de reducción de la hidroxiaacetona y el aducto. El aducto resultante (148) y la hidroxiaacetona (134) pueden añadirse al segundo reactor (150) y reducirse con un agente reductor (152) para producir una mezcla de productos que comprende un producto (180) de tipo aminoalcohol y propilenglicol (170), respectivamente. En algunas realizaciones, el agente reductor puede ser cualquier agente reductor conocido en la técnica. Por ejemplo, las reacciones de reducción adecuadas incluyen la hidrogenación con hidrógeno gaseoso y un catalizador de hidrogenación, la reducción con una fuente de hidruro (tales como, aunque no de forma limitativa, borohidruro de sodio, aciloxiborohidruros, triacetoxiborohidruro, cianoborohidruros, y similares), metales reductores en disolución y amalgama aluminio-mercurio. En algunas realizaciones el agente reductor (152) puede comprender hidrógeno gaseoso en presencia de un catalizador de hidrogenación como, por ejemplo, un catalizador metálico para hidrogenación seleccionado del grupo que consiste en níquel, níquel RANEY[®], níquel RANEY[®] dopado con otros metales de transición, óxido de níquel y combinaciones de cualquiera de los mismos. En determinadas realizaciones, el catalizador de hidrogenación puede ser níquel RANEY[®]. En algunas realizaciones, el catalizador de hidrogenación puede estar soportado sobre un material seleccionado del grupo que consiste en alúmina, titanita, zirconita, carbón activo, cromita, sílice, zeolitas y combinaciones de cualquiera de los mismos. El catalizador de hidrogenación puede ser soluble o insoluble, y se puede disolver en la mezcla de reacción o ubicarse en el interior del segundo reactor (150) en forma de suspensión acuosa o lecho empaquetado. Aunque la cantidad del catalizador de hidrogenación utilizado en algunas realizaciones puede variar de aproximadamente 0,01% a aproximadamente 100% de catalizador usado, en otra realización se puede usar de aproximadamente 1% a aproximadamente 20% de catalizador, en peso de base seca relativa a la hidroxiaacetona o al aducto, por ejemplo, en un reactor de tipo suspensión acuosa. Para otros reactores, como para un reactor continuo, por ejemplo un reactor de lecho fijo (incluyendo reactores de lecho con flujo descendente), la carga del catalizador en el reactor puede variar y puede depender del diseño del reactor de lecho, como por ejemplo el volumen de lecho del reactor y/o el caudal de reactivo.

Según determinadas realizaciones en las que el agente reductor comprende hidrógeno y un catalizador de hidrogenación, la reacción de la hidroxiaacetona puede comprender añadir la hidroxiaacetona (por ejemplo, 116, 130, ó 134), el compuesto (144) de tipo amina y el hidrógeno a un reactor, por ejemplo, al segundo reactor (150), en donde el reactor contiene el catalizador de hidrogenación. Por ejemplo, el reactor puede ser un reactor de lecho fijo, por ejemplo, un reactor de lecho con flujo descendente (como se describe en la presente memoria) y una primera parte de la hidroxiaacetona puede ser directamente reducida en el reactor por parte del hidrógeno y del agente reductor para producir propilenglicol (170), y una segunda parte de la hidroxiaacetona puede hacerse reaccionar con el compuesto (144) de tipo amina en el reactor para producir el aducto (148) y el aducto puede ser reducido en el reactor por el hidrógeno y el agente reductor para producir el compuesto (180) de tipo aminoalcohol. En una realización determinada, el compuesto de tipo amina y el hidrógeno pueden añadirse al reactor como una mezcla gaseosa, por ejemplo, en la que el compuesto de tipo amina comprende amoníaco. En otra realización, el compuesto de tipo amina y el hidrógeno pueden añadirse por separado al reactor.

Según algunas realizaciones, las condiciones de reacción en las que la hidroxiaacetona (por ejemplo, 116, 130, ó 134) y el aducto (148) pueden ser reducidas por el agente reductor (152) pueden ser diferentes. Por ejemplo, en alguna realización en la que el agente reductor (152) comprende hidrógeno y el catalizador de hidrogenación, el hidrógeno puede estar a una presión parcial de aproximadamente 0,1 MPa a aproximadamente 35 MPa (de

aproximadamente 1 bar a aproximadamente 350 bar) y, en otras realizaciones, el hidrógeno puede estar a la presión parcial de aproximadamente 1 MPa a aproximadamente 15 MPa (de aproximadamente 10 bar a aproximadamente 150 bar). Según algunas realizaciones, la reducción se puede llevar a cabo a una temperatura que está en el intervalo de aproximadamente 20°C a aproximadamente 250°C y en otras realizaciones de aproximadamente 40°C a aproximadamente 85°C. El tiempo de reacción también puede variar dependiendo del agente reductor y/o de las condiciones de reacción. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la reducción de la hidroxiacetona y del aducto puede tardar de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 24 horas, y en otras realizaciones de aproximadamente 30 minutos a aproximadamente 6 horas.

Según determinadas realizaciones, la reducción de la hidroxiacetona y del aducto usando el agente reductor para obtener un producto se produce en un reactor, por ejemplo, el segundo reactor (150) seleccionado del grupo que consiste en un reactor en discontinuo, un reactor de tanque con agitación, un reactor en semicontinuo, un reactor en continuo, un reactor de tanque con agitación en continuo, un reactor de suspensión acuosa, un reactor de lecho fijo, un reactor de lecho tubular, un reactor de columna, un reactor de lecho compactado, un reactor de lecho fluidizado, un reactor de lecho en flujo descendente, un reactor de membrana, un reactor de placa y marco, un reactor de tipo Carberry, un reactor de flujo pistón, y un aparato de destilación reactiva, o diversas combinaciones de cualquiera de los mismos. Se entenderá que la forma en la que la hidroxiacetona, el compuesto de tipo amina o el aducto y el agente reductor (por ejemplo, el hidrógeno gaseoso y el catalizador de hidrogenación) se alimenten/agreguen al reactor puede variar dependiendo del equipo utilizado y la fase de cada componente de la reacción.

En una realización, el segundo reactor es un reactor de lecho con flujo descendente. Como se describe en la presente memoria, en el reactor de lecho con flujo descendente la corriente de alimentación (por ejemplo, la corriente de alimentación de hidroxiacetona, la corriente de alimentación de aducto, la alimentación del compuesto de tipo amina y/o la alimentación de hidrógeno) se introduce en la columna a bajo caudal de manera que se forma una capa delgada de líquido sobre al menos una parte de la superficie de las partículas de catalizador de hidrogenación (o del catalizador de hidrogenación en la superficie del material de soporte). Cuando el proceso de reducción es un proceso de hidrogenación, el espacio entre partículas puede llenarse con el hidrógeno gaseoso. En otras realizaciones, cuando la reacción de la hidroxiacetona con el compuesto de tipo amina se produce en un reactor de lecho con flujo descendente, el compuesto de tipo amina puede también ser un gas que ocupe el espacio comprendido entre las partículas como una mezcla con el gas hidrógeno. Sin pretender quedar limitado por ningún mecanismo concreto, se cree que la distancia que las moléculas de hidrógeno deben recorrer desde la fase gaseosa hasta la superficie del catalizador es a través de la capa delgada de líquido, dando como resultado una transferencia de materia eficaz y un aumento de la tasa de reacción en comparación con otras configuraciones del reactor. Cuando el compuesto de tipo amina se añade al reactor en forma de gas, el compuesto de tipo amina puede pasar desde la fase gas a la fina capa de hidroxiacetona líquida y reaccionar con la segunda parte de la hidroxiacetona para formar el aducto, que puede ser reducido entonces por el hidrógeno y el catalizador de hidrogenación (en donde la primera parte de la hidroxiacetona puede ser reducida directamente por el hidrógeno y el catalizador de hidrogenación). El reactor de lecho con flujo descendente puede comprender al menos una columna empaquetada, en donde la columna está empaquetada con el catalizador de hidrogenación. En algunas realizaciones, el reactor de lecho con flujo descendente puede comprender una pluralidad de columnas empaquetadas con el catalizador de hidrogenación tales como, por ejemplo de 2 a 10 columnas, dispuestas en serie o en paralelo. El experto en la técnica reconocerá que el número de columnas en el reactor de lecho con flujo descendente puede variar según el tiempo de reacción necesario, el caudal del proceso, y/o la altura, volumen total de lecho o carga de catalizador de la columna.

Según algunas realizaciones, al menos uno de entre el primer reactor (110) y el segundo reactor (150) puede ser un reactor de lecho con flujo descendente. Según otras realizaciones, cada uno de entre el primer reactor (110) y el segundo reactor (150) son reactores de lecho con flujo descendente. En otra realización adicional, el primer reactor (110) y el segundo reactor (150) son el mismo reactor.

Según diversas realizaciones de los procesos descritos en la presente memoria, la relación del propilenglicol y del producto de tipo aminoalcohol en la mezcla de productos puede modificarse cambiando una o más variables del proceso. Por lo tanto, en determinadas realizaciones, la relación de propilenglicol y de producto de tipo aminoalcohol en la mezcla de productos puede ser controlada por el usuario del proceso según la relación de producto deseada. Por ejemplo, según determinadas realizaciones, la relación de propilenglicol y del producto de tipo aminoalcohol en la mezcla de productos puede determinarse a partir de un factor seleccionado del grupo que consiste en la velocidad de reacción de la hidroxiacetona con el compuesto de tipo amina; la velocidad de reacción de la hidroxiacetona con el agente reductor; la temperatura de la reacción de la hidroxiacetona con el agente reductor o con el compuesto de tipo amina; la presión parcial del compuesto de tipo amina; la reactividad del agente reductor; la transferencia de masa de los reactivos en un reactor; la relación molar del compuesto de tipo amina y del agente reductor; la relación molar de hidroxiacetona al compuesto de tipo amina; el tiempo de residencia de los reactivos en el reactor; y combinaciones de cualquiera de los mismos.

Por ejemplo, la relación de productos en la mezcla de productos puede determinarse a partir de las velocidades de reacción de la hidroxiacetona con el compuesto de tipo amina y con el agente reductor, especialmente si ambas reacciones tienen lugar al mismo tiempo. Es decir, si la velocidad de reacción entre la hidroxiacetona y el compuesto de tipo amina es mayor que la de la hidroxiacetona con el agente reductor, entonces reaccionará más hidroxiacetona

con el compuesto de tipo amina en un intervalo de tiempo determinado y la mezcla de productos comprenderá una mayor relación de producto de tipo aminoalcohol en comparación con el propilenglicol. Sin embargo, si la velocidad de reacción entre la hidroxiacetona y el compuesto de tipo amina es menor que la de la hidroxiacetona con el agente reductor, entonces reaccionará menos hidroxiacetona con el compuesto de tipo amina en un intervalo de tiempo determinado y la mezcla de productos comprenderá una mayor relación de producto de tipo aminoalcohol en comparación con el propilenglicol. De forma alternativa, si se añade el compuesto de tipo amina a la corriente de hidroxiacetona antes del segundo reactor (como se describe en la presente memoria), entonces la relación de producto de tipo aminoalcohol a propilenglicol puede depender de la velocidad de reacción de la hidroxiacetona con el compuesto de tipo amina y del intervalo de tiempo en que los dos componentes están en contacto antes de entrar en contacto con el agente reductor.

Además, la relación de productos en la mezcla de productos puede determinarse a partir de la temperatura de la reacción de la hidroxiacetona con el agente reductor o con el compuesto de tipo amina. Por ejemplo, una mayor temperatura de reacción o una menor temperatura de reacción puede suponer un aumento o una reducción, respectivamente, de la velocidad de reacción de un proceso de reacción con respecto al otro. En otra realización, cuando el compuesto de tipo amina es un gas, la relación de la mezcla de productos puede determinarse a partir de la presión parcial del compuesto de tipo amina. Una presión parcial superior puede traducirse en una velocidad de reacción superior entre la hidroxiacetona y el compuesto de tipo amina, mientras que una presión parcial menor puede dar como resultado una velocidad de reacción menor.

La relación de productos en la mezcla de productos puede también determinarse a partir de la reactividad del agente reductor, por ejemplo, la reactividad del agente reductor con hidroxiacetona en comparación con la reactividad del agente reductor con el aducto. Además, cuando el agente reductor comprende gas hidrógeno y un catalizador de hidrogenación, la reactividad del catalizador (y, por lo tanto, la relación de producto) puede ser controlada, por ejemplo, aunque no de forma limitativa, modificando (aumentando o disminuyendo) la presión parcial del gas hidrógeno en el reactor, la concentración de catalizador (por ejemplo, la concentración del catalizador sobre el soporte sólido), mediante la selección de catalizador de hidrogenación, y/o envenenamiento del catalizador, por ejemplo, mediante el envenenamiento selectivo del catalizador.

Otros factores que pueden determinar la relación de productos en la mezcla de productos puede incluir la relación molar del compuesto de tipo amina y del agente reductor (por ejemplo, el gas hidrógeno o catalizador de hidrogenación) y la relación molar de hidroxiacetona al compuesto de tipo amina. Por ejemplo, modificaciones de la relación molar del compuesto de tipo amina y el agente reductor como, por ejemplo, el aumento de la cantidad del agente reductor, con respecto al compuesto de tipo amina, puede suponer un aumento en la velocidad de la reducción directa de hidroxiacetona a propilenglicol, aumentándose así la relación de propilenglicol a producto de tipo aminoalcohol en la mezcla de productos. Un incremento en la relación molar del compuesto de tipo amina puede traducirse en un aumento en la cantidad de aducto formado y, por consiguiente, una disminución en la relación de propilenglicol y el producto de tipo aminoalcohol en la mezcla de productos. De forma similar, los cambios en la relación molar de la hidroxiacetona al compuesto de tipo amina pueden suponer un cambio en la relación de productos en la mezcla de productos. Por ejemplo, un aumento en la relación de hidroxiacetona a compuesto de tipo amina puede significar un aumento en la relación de propilenglicol al compuesto de tipo aminoalcohol, mientras que aumentar la cantidad de compuesto de tipo amina puede significar un aumento en la producción del producto de tipo aminoalcohol en la mezcla de reacción.

También, las modificaciones en el tiempo de residencia de uno o más de los reactivos en un reactor, por ejemplo, el primer reactor y/o el segundo reactor pueden afectar a la relación de producto en la mezcla de productos. Por ejemplo, uno o más de los productos puede no ser estable a las condiciones presentes en el reactor durante largos períodos de tiempo. Por lo tanto, a medida que aumenta el tiempo de residencia en el reactor, puede disminuir la cantidad del producto inestable (o del producto intermedio que da lugar al producto inestable), modificándose de ese modo la relación de productos.

Según algunas realizaciones, el proceso de la presente descripción puede también comprender separar, al menos, uno de entre el propilenglicol y el producto de tipo aminoalcohol con respecto a la mezcla de productos. Por ejemplo, una vez que se obtiene la mezcla de productos, es decir, el propilenglicol (170) y el producto (180) de tipo aminoalcohol, los diversos componentes del producto, así como el agente reductor, pueden separarse entre sí de forma adicional en uno o más procesos de separación usando cualquier método adecuado conocidos por el experto en la técnica. Por ejemplo, (en referencia de nuevo a la Fig. 1), el agente reductor puede, de forma opcional, separarse (156) del producto y volverse a introducir (158) en el segundo reactor (150) para volverlo a usar. En estas realizaciones en las que el agente reductor comprende hidrógeno en presencia del catalizador de hidrogenación, el hidrógeno puede ser separado de forma adicional del catalizador de hidrogenación y tanto el hidrógeno sin reaccionar como el catalizador de hidrogenación pueden recircularse para volverse a utilizar en procesos posteriores (no mostrados).

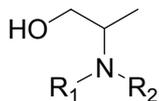
Igualmente, el producto puede separarse en un proceso (160) de separación para obtener los productos individuales (es decir, la hidroxiacetona (161) sin reaccionar, el aducto (162) sin reaccionar, el compuesto de tipo amina (166) sin reaccionar, impurezas (168), agua (169) y el propilenglicol (170) y el producto (180) de tipo aminoalcohol). Por ejemplo, se pueden hacer recircular corrientes de hidroxiacetona (161) sin reaccionar o de aducto (162) sin

reaccionar, y de amina (166) sin reaccionar para su recirculación con el fin de ahorrar costes de materia prima. El agua (168), las impurezas (169) y otros productos ocasionales se pueden considerar subproductos de la reacción y, de este modo, se pueden separar y retirar del resto de productos de reacción y bien procesarse para uso adicional en otra aplicación o eliminarse (agua e impurezas). El proceso (160) de separación puede incluir cualquier proceso de separación conocido en la técnica, tal como, aunque no de forma limitativa, destilación instantánea, destilación fraccionada, cromatografía, extracción, paso a través de una resina ácida, y combinaciones de cualquiera de los mismos. Finalmente, el producto, es decir, el propilenglicol (170) o el producto (180) de tipo aminoalcohol puede recogerse como el producto deseado para usar en numerosas aplicaciones. En algunas realizaciones, el proceso puede también comprender separar, al menos, uno de entre el propilenglicol y el producto de tipo aminoalcohol con respecto a la mezcla de productos. El propilenglicol y el producto de tipo aminoalcohol en la mezcla de productos se puede separar mediante un proceso seleccionado del grupo que consiste en destilación en equilibrio de la mezcla de productos, destilación fraccionada de la mezcla de productos, solidificación mediante enfriamiento lento de la mezcla de productos, haciendo pasar la mezcla de productos a través de una resina ácida y combinaciones de cualquiera de los mismos. Por ejemplo, aunque sin pretender imponer una restricción en cuanto al uso de los productos, los productos (180) de tipo aminoalcohol se pueden usar como disolventes, productos intermedios para fabricar agentes tensioactivos, inhibidores de la corrosión en fluidos para el trabajo de metales, agentes neutralizantes para el lavado ácido en los procesos de la purificación de gas natural o de gas de síntesis, y como coadyuvante en la preparación de compuestos para la industria farmacéutica. El propilenglicol (170) producido a partir del proceso puede usarse, por ejemplo, aunque no de forma limitativa, como fluido funcional, por ejemplo, como fluido para la eliminación del hielo en aeronaves, como anticongelante, lubricante, tinta, y fluido de transferencia de calor, pinturas y recubrimientos, plastificantes, y celofán, así como en cosméticos, productos para la higiene personal, compuestos farmacéuticos, y aplicaciones alimentarias. Obsérvese que las realizaciones en las que el reactivo glicerol es derivado de fuentes biológicas como, por ejemplo, de la hidrólisis de triglicéridos y de aceites, el propilenglicol o el producto de tipo aminoalcohol será un producto bioderivado de una fuente renovable. Como entenderán los expertos en la técnica, los procesos de separación específicos utilizados y el grado de separación pueden depender de la pureza deseada de los productos de reacción.

De forma alternativa, la mezcla de productos que comprende el propilenglicol y el producto de tipo aminoalcohol puede usarse directamente en determinados procesos industriales o en aplicaciones comerciales. En otras realizaciones, la mezcla de productos puede purificarse, por ejemplo, mediante uno o más procesos de separación descritos en la presente memoria para eliminar, al menos, uno de entre hidroxiacetona (161) sin reaccionar, aducto (162) sin reaccionar, compuesto (166) de tipo amina sin reaccionar, impurezas (168) sin reaccionar, y/o agua (169), y la mezcla de productos purificados que comprende propilenglicol y el producto de tipo aminoalcohol puede usarse entonces en determinados procesos industriales o en determinadas aplicaciones comerciales.

El producto de tipo aminoalcohol producido en los procesos descritos en la presente memoria puede ser un 2-amino-1-propanol. Determinadas realizaciones de la presente descripción pueden incluir un proceso para transformar glicerol en una mezcla de productos que comprende propilenglicol y un 2-amino-1-propanol que comprende hacer reaccionar glicerol con un catalizador metálico en una primera reacción para obtener hidroxiacetona y hacer reaccionar la hidroxiacetona con un compuesto de tipo amina y con un agente reductor para obtener una mezcla de productos que comprende propilenglicol y un 2-amino-1-propanol. Hacer reaccionar la hidroxiacetona puede incluir reducir una primera parte de la hidroxiacetona en un reactor con el agente reductor para producir el propilenglicol en la mezcla de productos, y hacer reaccionar una segunda parte de la hidroxiacetona en con un compuesto de tipo amina para producir un aducto y reducir el aducto con el agente reductor para producir el 2-amino-1-propanol en la mezcla de productos. En la presente memoria se describen diversas realizaciones en mayor detalle de los elementos de los procesos.

En algunas realizaciones, el producto de aminoalcohol puede ser un 2-amino-1-propanol que tenga la siguiente fórmula general:



en la que R_1 y R_2 son independientes entre sí y se seleccionan del grupo que consiste en H, alquilo C_1 - C_{20} de cadena lineal o cadena ramificada tal como metilo, etilo, n-proilo, isopropilo, n-butilo, isobutilo, sec-butilo, t-butilo, n-pentilo, isopentilo, sec-pentilo, neopentilo, n-hexilo, n-heptilo, n-octilo, 2-etil hexilo, n-decilo, n-dodecilo, 2-butiloctilo, n-tridecilo, n-tetradecilo), cicloalquilo C_3 - C_{20} (por ejemplo cicloalquilo C_3 - C_8 tal como ciclopropilo, ciclobutilo, ciclopentilo, ciclohexilo, cicloheptilo, y ciclooctilo), hidroxialquilo C_1 - C_{20} (tal como 2-hidroxietilo, 2-hidroxil-n-propilo, 3-hidroxil-n-propilo, 1-hidroxil-metil-etilo), arilo (como fenilo, 1-naftilo, 2-naftilo, 1-antrilo, 2-antrilo, y 9-antrilo), alquil C_7 - C_{20} -arilo (como 2-metilfenilo, 3-metilfenilo, 4-metilfenilo, 2,4-dimetilfenilo, 2,5-dimetilfenilo, 2,6-dimetilfenilo, 3,4-dimetilfenilo, 3,5-dimetilfenilo, 2-etilfenilo, 3-etilfenilo, 4-etilfenilo, 2-n-propilfenilo, 3-n-propilfenilo, 4-n-propilfenilo), arilalquilo C_7 - C_{20} (como bencilo, 1-fenetilo, 2-fenetilo, 1-fenilpropilo, 2-fenilpropilo, 3-fenilpropilo, 1-fenilbutilo, 2-fenilbutilo, 3-fenilbutilo, 4-fenilbutilo) y mezclas de cualquiera de los mismos. En otras realizaciones, R_1 y R_2 pueden unirse entre sí para formar un anillo heterocíclico que tiene de 5 a 7 átomos en el anillo incluyendo el átomo de nitrógeno. A la vista de los procesos descritos en la presente memoria, el experto en la técnica entenderá que son

posibles otras estructuras para los grupos R₁ y R₂ dependiendo de la estructura del compuesto de tipo amina usado en la etapa opcional de los procesos y quedarán incluidos en el ámbito de la presente descripción como se ha definido en las reivindicaciones.

5 En vista de lo anterior, se entenderá que las realizaciones de los presentes procesos se pueden llevar a cabo usando un modo en semicontinuo o un modo en continuo.

Si bien determinadas realizaciones de la presente descripción pueden describirse como un proceso en dos etapas que incluyen un primer reactor y un segundo reactor, según otras realizaciones los procesos se pueden llevar a cabo utilizando un único reactor, por ejemplo, en un proceso en una etapa única. El reactor puede ser cualquiera de los tipos de reactor descritos en la presente memoria. En determinadas realizaciones, el reactor puede ser un reactor de lecho con flujo descendente. Volviendo a la Fig. 2, en donde el glicerol (200) y la corriente (212) de gas se alimentan al reactor (210). Como se describe en la presente memoria, el glicerol (200) puede ser un glicerol bruto, un glicerol tratado, o un glicerol refinado. Estas dos corrientes pueden pasar por el evaporador (206) opcionalmente antes de alimentar al reactor (210). Un evaporador (206) puede eliminar los componentes (218) no volátiles. El compuesto (244) de amina se alimenta bien directamente al reactor (210) o se mezcla con el resto de los reactivos (200, 212) antes de entrar al reactor (210). La reacción de glicerol a hidroxiacetona que da lugar a la mezcla de productos que comprende el aminoalcohol y el propilenglicol se produce en un reactor (210). La mezcla que ha reaccionado se alimenta a un condensador (260) en el que se separa la mezcla (274) de productos deseada que comprende el aminoalcohol y el propilenglicol con respecto a los gases sin reaccionar y a otros subproductos (272). Las corrientes (200, 212, y 244) de alimentación son idénticas a las descritas anteriormente para el proceso en dos etapas de la Fig. 1. En algunas realizaciones, si el compuesto de tipo amina es un gas, como el amoniaco gaseoso, el compuesto de tipo amina puede servir para los fines del gas (212). En otras realizaciones en las que el agente reductor (252) es hidrógeno y hay un catalizador de hidrogenación, el hidrógeno gaseoso puede servir para los fines del gas (212). En otras realizaciones, el gas (212) puede ser una mezcla de gases, incluyendo una amina gaseosa y/o hidrógeno. Análogamente, el equipo utilizado (206, 210 y 260) puede ser cualquiera de los evaporadores, reactores y condensadores descritos en la presente memoria. En algunas realizaciones, el reactor puede ser un reactor de lecho fijo, tal como un reactor de lecho con flujo descendente, como se describe en la presente memoria. En alguna realización, el reactor de lecho fijo puede contener o estar empaquetado con una mezcla del catalizador metálico y el catalizador de hidrogenación (como se describe en la presente memoria). En otras realizaciones, el catalizador metálico y el catalizador de hidrogenación pueden ser el mismo.

30 Los siguientes ejemplos representativos se han incluido a título ilustrativo y no de limitación.

Ejemplos

Ejemplo 1 (no reivindicado)

Aproximadamente 300 g de glicerol refinado (Superol Brand, P&G Chemicals, EE. UU.) y aproximadamente 8,5 g de catalizador de cromito de cobre (CU-1886P, Engelhard, EE. UU.) se pesaron y transfirieron a un matraz de reacción de 500 ml equipado con agitador mecánico, termopar, trampa/condensador Dean Stark, y entrada de gas. El material de vidrio se ensambló de forma que la hidroxiacetona volátil se eliminaba del reactor a medida que se formaba (es decir purga de N₂) y de forma que se pueden tomar muestras en función del tiempo para un análisis posterior. Los componentes de la reacción se calentaron hasta aproximadamente 230°C con agitación constante a aproximadamente presión atmosférica. Las muestras del producto de hidroxiacetona resultante se analizaron en un cromatógrafo de gases Agilent 6890N usando una columna de película SPB-1701 con 30 m x 25 mm de DI x 0,25 µm (Supelco). Se usaron patrones de propilenglicol e hidroxiacetona como patrones de referencia. Las muestras también se analizaron para determinar el contenido de agua usando un autovalorador V-200 AquaStar Karl Fisher (EMScience) (recientemente calibrado frente al agua). Se obtuvieron aproximadamente 238,6 g de producto de hidroxiacetona, que contenía aproximadamente 65,9% de hidroxiacetona y aproximadamente 21,7% de agua. La separación se llevó a cabo usando destilación fraccionada al vacío para dar aproximadamente 155 g de hidroxiacetona del 90%. Se introdujeron aproximadamente 43 g de la hidroxiacetona en un matraz y se enfriaron hasta aproximadamente 0°C. Aproximadamente 120 ml de hidróxido amónico acuoso al 30% se añadieron gota a gota a la hidroxiacetona con agitación, mientras la temperatura de reacción se mantenía por debajo de aproximadamente 10°C. La mezcla se agitó durante aproximadamente 60-90 minutos y el progreso de la reacción se evaluó mediante cromatografía de gases. El aducto resultante se introdujo en un reactor Parr de 300 ml junto con aproximadamente 5 g de un catalizador de níquel (Actimet M, Engelhard, EE. UU.). El reactor se purgó con hidrógeno gaseoso, se presurizó hasta aproximadamente 7,584 MPa y se calentó hasta aproximadamente 85°C. El progreso de la reacción se evaluó a diferentes tiempos mediante un cromatógrafo de gases Agilent 6890N usando una columna de película SPB-1701 con 30 m x 25 µm de DI x 0,25 mm (Supelco). Se usaron patrones de propilenglicol, hidroxiacetona, y 2-amino-1-propanol a fines de referencia. El reactor se enfrió a temperatura ambiente y el catalizador de níquel se separó por filtración para dar aproximadamente 71,5% de 2-amino-1-propanol.

Ejemplo 2 (no reivindicado)

Aproximadamente 375 g de glicerol tratado (96% de glicerol, P&G Chemicals, EE. UU.) y aproximadamente 11,25 g de catalizador de cromito de cobre (CU-1886P, Engelhard, EE. UU.) se pesaron y transfirieron a un matraz de

reacción de 500 ml equipado con agitador mecánico, termopar, trampa/condensador Dean Stark, y entrada de gas El material de vidrio se ensambló de forma que la hidroxia cetona volátil se eliminaba del reactor a medida que se formaba (es decir purga de gas N₂). Los componentes de la reacción se calentaron hasta aproximadamente 230°C con agitación constante a aproximadamente presión atmosférica. Las muestras del producto de hidroxia cetona resultante se recogieron y analizaron como se describe en el Ejemplo 1. Aproximadamente se obtuvieron 274,9 g del producto de hidroxia cetona (que contiene aproximadamente 63,7% de hidroxia cetona) y se separaron por destilación. Se introdujeron aproximadamente 43 g de la hidroxia cetona resultante en un matraz a la temperatura de aproximadamente 10°C. Aproximadamente 120 ml de hidróxido amónico acuoso al 30% se añadieron gota a gota con agitación, mientras que la temperatura de reacción se mantenía a aproximadamente 10°C. La mezcla se agitó durante aproximadamente 60-90 minutos y el progreso de la reacción se evaluó mediante cromatografía de gases. El aducto resultante se introdujo a continuación en un reactor Parr de 300 ml junto con aproximadamente 10 g de un catalizador de níquel (Actimet M, Engelhard, EE. UU.). El reactor se purgó con hidrógeno gaseoso, se presurizó a aproximadamente 7,584 MPa y se calentó a aproximadamente 85°C. El progreso de la reacción se evaluó mediante cromatografía de gases como se describe en el Ejemplo 1. El reactor se enfrió hasta aproximadamente temperatura ambiente y el catalizador de níquel se separó del producto de aminoalcohol mediante filtración para dar aproximadamente 84,6% de 2-amino-1-propanol.

Ejemplo 3 (no reivindicado)

Aproximadamente 88 g de glicerol bruto (88,7% de glicerol, Twin Rivers Technologies, EE. UU.) se introdujeron en un matraz de reacción de 500 ml equipado con agitador mecánico, termopar, trampa/condensador Dean Stark, y entrada de gas. Aproximadamente 9 g de catalizador de cromito de cobre (CU-1886P, Engelhard, EE. UU.) se añadieron al reactor. El material de vidrio se ensambló de forma que la hidroxia cetona volátil se eliminaba del reactor a medida que se formaba (es decir purga de gas N₂). Las muestras del producto de hidroxia cetona resultante se recogieron y analizaron como se describe en el Ejemplo 1. Se obtuvieron aproximadamente 207,9 g del producto de hidroxia cetona (que contiene aproximadamente 49,8% de hidroxia cetona). Aproximadamente 50 g del producto de hidroxia cetona se introdujeron a continuación en un matraz y se añadieron gota a gota aproximadamente 61 ml de hidróxido amónico acuoso al 30% con agitación a aproximadamente temperatura ambiente. La mezcla se agitó durante aproximadamente 90 minutos y el progreso de la reacción se evaluó mediante cromatografía de gases. El aducto resultante se introdujo en un reactor Parr de 300 ml junto con aproximadamente 6 g de un catalizador de níquel (Actimet M, Engelhard, EE. UU.). El reactor se purgó con hidrógeno gaseoso, se presurizó a aproximadamente 7,584 MPa y se calentó a una temperatura de aproximadamente 85°C. El progreso de la reacción se evaluó mediante cromatografía de gases como se describe en el Ejemplo 1. El reactor se enfrió hasta temperatura ambiente y el catalizador de níquel se separó del producto de aminoalcohol resultante mediante filtración para dar aproximadamente 83,5% de 2-amino-1-propanol.

Ejemplo 4 (no reivindicado)

Aproximadamente 299 g de glicerol refinado (Superol Brand, P&G Chemicals, EE. UU.) y aproximadamente 8,5 g de catalizador de cromito de cobre (CU1955P-, Engelhard, EE. UU.) se pesaron y transfirieron un matraz de reacción de 500 ml. El matraz de reacción estaba equipado con agitador mecánico, termopar, trampa/condensador Dean Stark, y entrada de gas. El material de vidrio se ensambló de forma que la hidroxia cetona volátil se eliminaba del reactor a medida que se formaba (es decir se usó purga con N₂ gaseoso). Las muestras del producto de hidroxia cetona resultante se recogieron y analizaron como se describe en el Ejemplo 1. Se obtuvieron aproximadamente 235 g del producto de hidroxia cetona y se determinó que contenía aproximadamente 59,4% de hidroxia cetona. El producto de hidroxia cetona se separó por destilación fraccionada al vacío para dar aproximadamente 150 g de hidroxia cetona del 90%, de los que aproximadamente 95 g se introdujeron en un matraz. Se burbujeó lentamente amoniaco gaseoso (Mattheson Tri Gas, EE. UU.) a través de la hidroxia cetona durante aproximadamente 30 minutos manteniendo la temperatura en o por debajo de aproximadamente 20°C, seguido por agitación durante 30 minutos adicionales. El progreso de la reacción se evaluó mediante cromatografía de gases. El aducto resultante se introdujo en un reactor Parr de 300 ml junto con aproximadamente 18 g de un catalizador de níquel (Actimet M, Engelhard, EE. UU.). El reactor se purgó con hidrógeno gaseoso, se presurizó a aproximadamente 7,584 MPa y se calentó a una temperatura de aproximadamente 85°C. El progreso de la reacción se evaluó mediante cromatografía de gases como se describe en el Ejemplo 1. El reactor se enfrió hasta temperatura ambiente y el catalizador de níquel se separó del producto de aminoalcohol resultante mediante filtración para dar aproximadamente 33,4% de 2-amino-1-propanol.

Ejemplo 5 (no reivindicado)

En este Ejemplo, la hidroxia cetona se convirtió en 2-amino-1-propanol usando óxido de níquel como catalizador de hidrogenación. Se introdujo hidroxia cetona (36,71 g, 0,50 moles) en un matraz de fondo redondo de 250 ml a temperatura ambiente. Se introdujo hidróxido amónico (100 ml, 1,48 moles) gota a gota con agitación. La reacción se agitó durante un tiempo total de 90 minutos. El progreso se evaluó mediante CG. La solución de aducto resultante se introdujo en un reactor Parr de 300 ml junto con óxido de níquel en kieselguhr (Sud-Chemie, G-49B RS: 1,52 g, 1,1% en peso). El reactor se purgó cuatro veces con H₂, se presurizó con H₂ hasta 15,2 MPa (151,7 bar), y se calentó hasta 85°C con agitación a 1500 rpm usando un impulsor de arrastre de gas. El progreso de la reacción se evaluó mediante cromatografía de gases como se ha descrito en el Ejemplo 1. El reactor se enfrió hasta temperatura

ambiente y el catalizador se separó por filtración para dar 2-amino-1-propanol con una conversión del 96% y una selectividad del 98%.

Ejemplo 6 (no reivindicado)

5 En este Ejemplo, la hidroxiacetona se convirtió en 2-amino-1-propanol usando un catalizador de oxidación de óxido de níquel a una presión de hidrógeno inferior. Se introdujo hidroxiacetona (36,92 g, 0,50 moles) en un matraz de fondo redondo de 250 ml a temperatura ambiente. Se introdujo hidróxido amónico (100 ml, 1,48 moles) gota a gota con agitación. La reacción se agitó durante un tiempo total de 90 minutos. El progreso se evaluó mediante CG. La solución de aducto resultante se introdujo en un reactor Parr de 300 ml junto con óxido de níquel en kieselguhr (Sud-Chemie, G-49B RS: 1,55 g, 1,1% en peso). El reactor se purgó cuatro veces con H₂, se presurizó con H₂ hasta 10 3,45 MPa (34,5 bar), y se calentó hasta 85°C con agitación a 1500 rpm usando un impulsor de arrastre de gas. El progreso de la reacción se evaluó mediante cromatografía de gases como se ha descrito en el Ejemplo 1. El reactor se enfrió hasta temperatura ambiente y el catalizador se separó por filtración para dar 2-amino-1-propanol con una conversión del 92% y una selectividad del 73%.

Ejemplo 7 (no reivindicado)

15 En este Ejemplo, se transformó la hidroxiacetona en una mezcla de productos que comprendía propilenglicol y 2-amino-1-propanol en un proceso en discontinuo. Se introdujo hidroxiacetona (98,91 g, 1,34 moles) en un matraz de fondo redondo de 250 ml a temperatura ambiente. Se introdujo hidróxido amónico (46,0 ml, 0,68 moles) gota a gota con agitación. La reacción se agitó durante un tiempo total de 90 minutos. El progreso se evaluó mediante CG. La solución de aducto resultante se introdujo en un reactor Parr de 300 ml junto con aproximadamente 5 g de un catalizador de níquel (Actimet M, Engelhard, EE. UU.). El reactor se purgó cuatro veces con H₂, se presurizó con H₂ hasta 15,17 MPa (151,7 bar) y se calentó hasta 85°C con agitación a 1500 rpm usando un impulsor de arrastre de gas. El progreso de la reacción se evaluó mediante cromatografía de gases como se ha descrito en el Ejemplo 1. Se enfrió el reactor a temperatura ambiente y se separó el catalizador mediante filtración dando lugar a una mezcla de productos que comprende 2-amino-1-propanol (17,9%) y propilenglicol (30,7%).

Ejemplo 8 (no reivindicado)

25 En este Ejemplo, la hidroxiacetona se transformó en propilenglicol en un proceso en discontinuo. Se introdujo hidroxiacetona bruta, 70 g, (obtenida como se describe en el Ejemplo 1) en un reactor Parr de 300 ml junto con 0,5 g de un catalizador de Ru/C (Aldrich Chemicals, Milwaukee, Wisconsin, EE. UU.). El reactor se lavó con H₂ varias veces, se presurizó con H₂ a 1,03 MPa (10,3 bar) y se calentó 120°C bajo agitación vigorosa durante 3 h. A 30 continuación el reactor se enfrió a temperatura ambiente y el catalizador se separó mediante filtración para obtener una mezcla de productos con una composición según la Tabla 1.

Tabla 1. Mezcla de productos de la reducción de hidroxiacetona

Componente % peso	Hidroxiacetona bruta	Producto de reacción
Hidroxiacetona	63,9	4,0
Propilenglicol	3,0	67,6
Agua	19,6	21,6
Glicerol	1,2	3,1
Subproductos	12,3	3,8

Ejemplo 9 (no reivindicado)

35 En este Ejemplo, se transformó glicerol en propilenglicol mediante una reacción en una sola etapa (en reactor). Se introdujo glicerol (100 g, 1,1 mol) en un reactor Parr de 300 ml junto con 5 g de un catalizador de cromito de cobre (CU-1886P, Engelhard, EE. UU.). El reactor se lavó con H₂ varias veces, se presurizó con H₂ a 10,34 MPa (103,4 bar), y se calentó a 230°C con agitación a 550 rpm. El progreso de la reacción se evaluó mediante 40 cromatografía de gases. Al cabo de 21 h, se enfrió el reactor a temperatura ambiente y se separó el catalizador mediante filtración para obtener una mezcla de productos que contenía 55% de glicerol, 35% de propilenglicol, 3,9% de propanol, y otras impurezas como, por ejemplo, etilenglicol, metanol, y etanol.

Ejemplo 10 (no reivindicado)

45 En este ejemplo, la hidroxiacetona se hizo reaccionar con hidróxido amónico para dar el aducto que se convirtió en 2-amino-1-propanol usando un reactor de lecho con flujo descendente. Se introdujo hidroxiacetona (37,33 g, 0,50 moles) en un matraz de fondo redondo de 250 ml a temperatura ambiente. Se introdujo hidróxido amónico

(100 ml, 1,48 moles) gota a gota con agitación. La reacción se agitó durante un tiempo total de 90 minutos. El progreso se evaluó mediante CG. El aducto se envió al reactor de lecho con flujo descendente.

Se utilizó un reactor de lecho con flujo descendente con una longitud de 37,9 cm y un diámetro interno de 2,54 cm. La solución del aducto se alimentó al reactor mediante una bomba de HPLC. El catalizador usado fue un catalizador de níquel RANEY® (Raney 5886, comercializado por GRACE Davison) suministrado en forma de partículas. La presión de H₂ en el reactor fue de 3,10 MPa (31,0 bar). La reacción se llevo a cabo en tres lotes cambiando el tiempo de residencia en el reactor, la relación hidrógeno:aducto, el caudal de alimentación y el caudal de gas. Las condiciones de cada lote se presentan en la Tabla 2. Las muestras de producto del reactor se condensaron y se analizaron en un cromatógrafo de gases Agilent 6890N usando una columna de película SPB-1701 con 30 m x 25 mm de DI x 0,25 µm (comercializado por Supelco). Los resultados de los tres lotes se presentan en la Tabla 3.

Tabla 2. Condiciones de reacción

Ejemplo	10,1	10,2	10,3
Temperatura de entrada °C	85	85	85
Temperatura de la columna °C	85	85	85
Presión, MPa (bar)	3,10 (31,0)	3,10 (31,0)	3,10 (31,0)
Tiempo de residencia, s	1200	2400	600
Relación hidrógeno:aducto	8	16	16
Caudal de alimentación (ml/min)	0,5	0,25	1,0
Caudal de gas (sccm)	49,8	49,8	102,6

Tabla 3. Resultados para la producción de 2-amino-1-propanol en lecho con flujo descendente

Ejemplo	10,1	10,2	10,3
% Aducto	38,9	25,1	63,4
% 2-Amino-1-propanol	58,8	60,8	29,7
% Hidroxiacetona	2,3	3,6	2,9
% Propilenglicol	0	0	0
% Otros	0	10,5	4

Ejemplo 11

En este Ejemplo se usó un reactor de lecho con flujo descendente para transformar la hidroxiacetona en propilenglicol. Se utiliza un reactor de lecho con flujo descendente con una longitud de 37,9 cm y un diámetro interno de 2,54 cm. Se alimenta una solución que contiene 20% en peso de agua al reactor mediante una bomba de HPLC. El catalizador usado es un catalizador de níquel Raney (Raney 5886, comercializado por GRACE Davison) suministrado en forma de partículas. Las condiciones de reacción utilizadas se indican en la Tabla 4. Se condensan muestras de producto procedentes del reactor y se analizan en un cromatógrafo de gas Agilent 6890N usando una columna DB-1 25 m x 0,53 mm I.D. x 5,00 micrómetros (comercializada por J & W Scientific. n.º catál. 1251025).

El análisis de constituyentes orgánicos mediante CG del producto de reacción muestra una muestra que comprende propilenglicol, hidroxiacetona, y agua. El agua y la hidroxiacetona se evaporan a partir del producto utilizando un secador de vacío giratorio de laboratorio, obteniéndose un producto final que comprende propilenglicol.

Tabla 4. Condiciones de reacción

Suministro	Hidroxiacetona purificada (> 99%)
Presión	aproximadamente 3,10 MPa (31,0 bar)

Temperatura	aproximadamente 85°C
Caudal de hidrógeno	aproximadamente 90 sccm
Caudal de amoniaco	aproximadamente 10 sccm
Caudal de alimentación	aproximadamente 0,5 ml/min

Ejemplo 12

5 En este Ejemplo, se usa un reactor de lecho con flujo descendente para transformar la hidroxiacetona en una mezcla de productos que comprenden propilenglicol y 2-amino-1-propanol mediante el producto intermedio aducto. Se prepara un reactor de lecho con flujo descendente de 37,94 cm y un diámetro interno de 2,54 cm y que contiene aproximadamente 190 cc de catalizador. El catalizador es un catalizador de níquel RANEY® (Raney 5886, comercializado por GRACE Davison) suministrado en forma de partículas

10 La solución de hidroxiacetona se alimenta al reactor mediante una bomba de HPLC. Se condensaron muestras de producto procedentes del reactor y se analizaron en un cromatógrafo de gas Agilent 6890N usando una columna DB-1 25 m x 0,53 mm I.D. x 5,00 micrómetros (comercializado por J & W Scientific. n.º catál. 1251025). Las condiciones de reacción se indican en la Tabla 5.

Tabla 5. Condiciones de reacción

Suministro	Hidroxiacetona purificada (> 99%)
Presión	aproximadamente 3,10 MPa (31,0 bar)
Temperatura	aproximadamente 85°C
Caudal de hidrógeno	aproximadamente 90 sccm
Caudal de amoniaco	aproximadamente 10 sccm
Caudal de alimentación	aproximadamente 0,5 ml/min

15 El análisis de constituyentes orgánicos mediante CG del producto de reacción muestra una mezcla de 2-amino-1-propanol, propilenglicol, hidroxiacetona, y agua. El agua y la hidroxiacetona se evaporan desde el producto usando un secador de vacío giratorio de laboratorio, dejando un producto final compuesto de 2-amino-1-propanol y propilenglicol.

Ejemplo 13 (no reivindicado)

20 En este Ejemplo, el glicerol se transformó en propilenglicol usando un reactor de lecho con flujo descendente. El reactor utilizado para la versión continua de este proceso fue un reactor de lecho con flujo descendente con una longitud de 37,94 cm y un diámetro interno de 2,54 cm y que contenía 190 cc de catalizador. El catalizador utilizado fue un catalizador de cromito de cobre (CU-1808 T 1/8, comercializado por Engelhard) en forma de gránulos extruidos de 3,2 mm.

25 El catalizador, una vez cargado, se activó primero suministrando una corriente de nitrógeno al 100% al reactor con calentamiento hasta que el reactor alcanzó la temperatura de activación deseada de 130°C. La corriente de gas nitrógeno se reemplazó a continuación por una corriente que incluía 98% en volumen de nitrógeno y 2% en volumen de hidrógeno, y se mantuvieron las condiciones hasta que dejó de observar desprendimiento de calor en el lecho del catalizador. Durante esta operación, que dura varias horas, es importante evitar que la temperatura supere 170°C. El hidrógeno se aumentó gradualmente (2%, 5%, 10%, 25%, 50%, 100%) hasta que la corriente era únicamente de hidrógeno.

35 Se llevaron a cabo quince ciclos mientras se modificaban las condiciones de reacción (temperatura, caudal de glicerol, caudal de hidrógeno, relación molar de hidrógeno a glicerol, y tiempo de residencia en el reactor). Las condiciones de reacción para los diversos ciclos se indican en la Tabla 6. Se analizaron muestras en un cromatógrafo de gas Agilent 6890N usando una columna DB-1 25 m x 0,53 mm I.D. x 5,00 micrómetros (comercializada por J & W Scientific. n.º catál. 1251025). Las composiciones de la mezcla de productos para cada uno de los quince ciclos se indican en la Tabla 7.

Tabla 6. Condiciones de reacción

ES 2 442 493 T3

Ciclo n.º	Temp (°C)	Presión (MPa (bar))	Caudal de glicerol (ml/min)	Caudal de H ₂ (sccm)	Relación molar (H ₂ :Gly)	Tiempo de residencia (min)
1	200	3,20 (32,0)	0,5	36	de 4 a 1	15 m
2	200	3,20 (32,0)	0,5	178,3	de 20 a 1	15 m
3	200	3,20 (32,0)	0,5	356,5	de 40 a 1	15 m
4	200	3,20 (32,0)	0,12	11,14	de 5 a 1	60 m
5	200	3,20 (32,0)	0,25	34,3	de 10 a 1	30 m
6	200	3,20 (32,0)	0,25	76,25	de 20 a 1	30 m
7	200	3,20 (32,0)	0,5	73,025	de 10 a 1	15 m
8	180	3,20 (32,0)	0,25	36,51	de 10 a 1	30 m
9	220	3,20 (32,0)	0,25	36,51	de 10 a 1	30 m
10	220	3,20 (32,0)	0,25	109,54	de 30 a 1	30 m
11	180	3,20 (32,0)	0,75	36,51	de 3,33 a 1	10 m
12	180	3,20 (32,0)	0,25	109,54	de 30 a 1	30 m
13	220	3,20 (32,0)	0,75	36,51	de 3,33 a 1	10 m
14	180	3,20 (32,0)	0,75	109,54	de 10 a 1	10 m
15	220	3,20 (32,0)	0,75	109,54	de 10 a 1	10 m

Tabla 7. Resultados para la producción de propilenglicol en lecho con flujo descendente

Ciclo n.º	Datos de CG en % peso			
	% PG	% HA	% Gly	% Otros
1	37,8%	1,9%	52,8%	7,5%
2	41,2%	2,8%	44,8%	11,2%
3	38,8%	2,2%	51,2%	7,8%
4	62,4%	8,9%	18,3%	10,4%
5	72,4%	5,6%	10,3%	11,8%
6	62,4%	9,2%	19,9%	8,5%
7	38,9%	1,6%	40,3%	19,2%
8	35,3%	8,4%	29,6%	26,6%
9	49,6%	6,1%	12,8%	31,5%
10	45,7%	2,9%	22,7%	28,7%
11	13,0%	2,9%	70,1%	13,9%

ES 2 442 493 T3

Ciclo n.º	Datos de CG en % peso			
	% PG	% HA	% Gly	% Otros
12	26,5%	6,6%	24,5%	42,4%
13	36,8%	5,6%	16,2%	41,3%
14	11,7%	0,8%	76,3%	11,3%
15	36,0%	3,6%	21,9%	38,5%

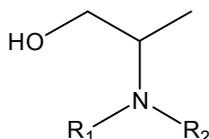
PG = propilenglicol, HA = hidroxiacetona, Gly = glicerol

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para transformar glicerol en una mezcla de productos que comprende propilenglicol y un producto de tipo aminoalcohol, caracterizado por que el proceso comprende:
 - 5 - hacer reaccionar glicerol con un catalizador metálico a una temperatura que está en el intervalo de 160°C a 300°C, para obtener hidroxiacetona; y
 - 10 - hacer reaccionar la hidroxiacetona con una mezcla de un agente reductor y un compuesto de tipo amina, en donde el agente reductor comprende hidrógeno en presencia de un catalizador de hidrogenación seleccionado del grupo que consiste en níquel, níquel RANEY®, níquel RANEY® dopado con otros metales de transición, óxido de níquel, y combinaciones de cualquiera de los mismos, a una temperatura que está en el intervalo de 20°C a 250°C, para obtener una mezcla de productos que comprende propilenglicol y un producto de tipo aminoalcohol;

en donde la reacción de la hidroxiacetona se produce en un reactor y comprende reducir una primera parte de la hidroxiacetona en el reactor con el agente reductor para producir el propilenglicol en la mezcla de productos, y hacer reaccionar una segunda parte de la hidroxiacetona con el compuesto de tipo amina para producir un aducto y reducir el aducto con el agente reductor en el reactor para producir el producto de tipo aminoalcohol en la mezcla de productos.
- 15 2. El proceso de la reivindicación 1, en el que el catalizador metálico se selecciona del grupo que consiste en cobre, cromo, níquel, cinc, cobalto, manganeso, silicio, aluminio, cromito de cobre, cobre cinc, óxidos de los mismos, y combinaciones de cualquiera de los mismos.
- 20 3. El proceso de la reivindicación 1 ó 2, en el que el compuesto de tipo amina se selecciona del grupo que consiste en amoniaco, hidróxido amónico, hidroxilamina, aminas primarias, aminas secundarias, alcanolaminas y combinaciones de cualquiera de los mismos.
- 25 4. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además separar, al menos, uno de entre el propilenglicol y el producto de tipo aminoalcohol de la mezcla de productos, preferiblemente en donde al menos uno de entre el propilenglicol y el producto de tipo aminoalcohol en la mezcla de productos se separan mediante un proceso seleccionado del grupo consistente en destilación en equilibrio de la mezcla de productos, destilación fraccionada de la mezcla de productos, solidificación por enfriamiento lento de la mezcla de productos, hacer pasar la mezcla de productos a través de una resina ácida, y combinaciones de cualquiera de los mismos.
- 30 5. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde una relación del propilenglicol y del producto de tipo aminoalcohol en la mezcla de productos se determina mediante un factor seleccionado del grupo que consiste en una velocidad de reacción de la hidroxiacetona con el compuesto de tipo amina; una velocidad de reacción de la hidroxiacetona con el agente reductor; una presión de la reacción de la hidroxiacetona con el agente reductor o con el compuesto de tipo amina; una presión parcial del compuesto de tipo amina; una reactividad del agente reductor; una transferencia de masa de los reactivos en un reactor; una relación molar del compuesto de tipo amina y del agente reductor; una relación molar de hidroxiacetona al compuesto de tipo amina; un tiempo de residencia de los reactivos en un reactor; y combinaciones de cualquiera de los mismos.
- 35 6. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la reacción del glicerol con el catalizador metálico para obtener hidroxiacetona y hacer reaccionar la hidroxiacetona con el compuesto de tipo amina y con el agente reductor tiene lugar en un reactor seleccionado del grupo que consiste en un reactor en discontinuo, un reactor de tanque con agitación, un reactor en semicontinuo, un reactor en continuo, un reactor de tanque con agitación en continuo, un reactor de suspensión acuosa, un reactor de lecho fijo, un reactor tubular, un reactor de columna, un reactor de lecho compactado, un reactor de lecho fluidizado, un reactor de lecho con flujo descendente, un reactor de membrana, un reactor de placa y marco, un reactor de tipo Carberry, un aparato de destilación reactiva, y combinaciones de cualquiera de los mismos, preferiblemente, el reactor es un reactor de lecho con flujo descendente.
- 40 7. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la reacción del glicerol con el catalizador metálico para obtener hidroxiacetona se produce en un primer reactor, y la reacción de la hidroxiacetona con el compuesto de tipo amina y con el agente reductor se produce en un segundo reactor, en donde el primer reactor y el segundo reactor son seleccionados, independientemente entre sí, del grupo que consiste en un reactor en discontinuo, un reactor de tanque con agitación, un reactor en semicontinuo, un reactor en continuo, un reactor de tanque con agitación en continuo, un reactor de suspensión acuosa, un reactor de lecho fijo, un reactor tubular, un reactor de columna, un reactor de lecho compactado, un reactor de lecho fluidizado, un reactor de lecho con flujo descendente, un reactor de membrana, un reactor de placa y marco, un reactor de tipo Carberry, un reactor de flujo pistón, un aparato de destilación reactiva, y combinaciones de cualquiera de los mismos, preferiblemente en donde al menos uno de entre el primer reactor y el segundo reactor es un reactor de lecho con flujo descendente.
- 45 50 55

8. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la reacción de la hidroxiacetona con el compuesto de tipo amina y con el agente reductor además comprende añadir un catalizador ácido.
9. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el hidrógeno tiene una presión parcial que está en el intervalo de 0,1 MPa a 35 MPa (de 1 bar a 350 bar).
- 5 10. Un proceso para transformar glicerol en una mezcla de productos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende propilenglicol y un 2-amino-1-propanol que comprende:
- hacer reaccionar glicerol con un catalizador metálico en un primer reactor para obtener hidroxiacetona; y
 - hacer reaccionar la hidroxiacetona con una mezcla de un agente reductor y un compuesto de tipo amina, donde el agente reductor comprende hidrógeno en presencia de un catalizador de hidrogenación seleccionado del grupo que consiste en níquel, níquel RANEY[®], níquel RANEY[®] dopado con otros metales de transición, óxido de níquel, y combinaciones de cualquiera de los mismos, para obtener una mezcla de productos que comprende propilenglicol y 2-amino-1-propanol,
- 10 en donde la reacción de la hidroxiacetona comprende:
- reducir una primera parte de la hidroxiacetona en un reactor con el agente reductor para producir el propilenglicol en la mezcla de productos; y hacer reaccionar una segunda parte de la hidroxiacetona con el compuesto de tipo amina para producir un aducto y reducir el aducto con el agente reductor en el reactor para producir el 2-amino-1-propanol en la mezcla de productos.
- 15 11. El proceso de la reivindicación 10, en el que la reacción de la hidroxiacetona con el compuesto de tipo amina y con el agente reductor tiene lugar en el primer reactor, preferiblemente un reactor de lecho con flujo descendente.
- 20 12. El proceso de la reivindicación 10, en el que la reacción de la hidroxiacetona con el compuesto de tipo amina y con el agente reductor se produce en un segundo reactor, preferiblemente en el que al menos uno de entre el primer reactor y el segundo reactor es un reactor de lecho con flujo descendente.
- 25 13. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en donde una relación del propilenglicol y del 2-amino-1-propanol en la mezcla de productos se determina mediante un factor seleccionado del grupo que consiste en una velocidad de reacción de la hidroxiacetona con el compuesto de tipo amina; una velocidad de reacción de la hidroxiacetona con el agente reductor; una temperatura de la reacción de la hidroxiacetona con el agente reductor o con el compuesto de tipo amina; una presión parcial del compuesto de tipo amina; una reactividad del agente reductor; una transferencia de masa de los reactivos en un reactor; una relación molar del compuesto de tipo amina y del agente reductor; una relación molar de hidroxiacetona al compuesto de tipo amina; un tiempo de residencia de los reactivos en un reactor; y combinaciones de cualquiera de los mismos.
- 30 14. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, para transformar glicerol en una mezcla de productos que comprende propilenglicol y un producto de tipo aminoalcohol que tiene la fórmula;



35 comprendiendo el proceso:

- hacer reaccionar glicerol con un catalizador metálico en un primer reactor, preferiblemente un reactor de lecho con flujo descendente, para obtener hidroxiacetona; y
- hacer reaccionar la hidroxiacetona con un compuesto de tipo amina y con el agente reductor para obtener una mezcla de productos que comprende propilenglicol y un producto de tipo aminoalcohol,

40 en donde la reacción de la hidroxiacetona comprende:

reducir una primera parte de la hidroxiacetona en un reactor con el agente reductor para producir el propilenglicol en la mezcla de productos; y hacer reaccionar una segunda parte de la hidroxiacetona con el compuesto de tipo amina para producir un aducto y

45 reducir el aducto con el agente reductor en el reactor para producir el producto de tipo aminoalcohol en la mezcla de productos, en donde el agente reductor comprende hidrógeno y un catalizador de hidrogenación seleccionado del grupo que consiste en níquel, níquel RANEY[®], níquel RANEY[®] dopado con otros metales de transición, óxido de níquel, y combinaciones de cualquiera de los mismos, y en el que R₁ y R₂ del producto de tipo aminoalcohol son independientes entre sí y se seleccionan del grupo que

consiste en H, alquilo C₁-C₂₀, cicloalquilo C₃-C₂₀, hidroxialquilo C₁-C₂₀, arilo, alquil-arilo C₇-C₂₀, aril-alquilo C₇-C₂₀, o R₁ y R₂ se unen al nitrógeno para formar un anillo heterocíclico que tiene de 5 a 7 átomos en el anillo.

- 5 15. El proceso de la reivindicación 14, en donde una relación del propilenglicol y del producto de tipo aminoalcohol en la mezcla de productos se determina mediante un factor seleccionado del grupo que consiste en una velocidad de reacción de la hidroxiacetona con el compuesto de tipo amina; una velocidad de reacción de la hidroxiacetona con el agente reductor; una temperatura de la reacción de la hidroxiacetona; una presión parcial del compuesto de tipo amina; una reactividad del agente reductor; una transferencia de masa de los reactivos en un reactor; una relación molar del compuesto de tipo amina y del agente reductor; una relación molar de hidroxiacetona al compuesto de tipo amina; un tiempo de residencia de los reactivos en un reactor; y combinaciones de cualquiera de los mismos.
- 10

FIG. 2

