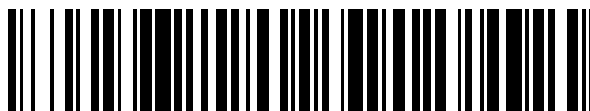


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 759 541**

51 Int. Cl.:

**C10G 29/20** (2006.01)

**C07C 2/66** (2006.01)

**C07C 6/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.01.2008 PCT/US2008/050119**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.07.2008 WO08088934**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.01.2008 E 08713466 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2019 EP 2113018**

54 Título: **Alquilación en fase líquida con múltiples catalizadores**

30 Prioridad:

**19.01.2007 US 655452**

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

**11.05.2020**

73 Titular/es:

**BADGER LICENSING LLC (100.0%)  
One Financial Center  
Boston, MA 02111, US**

72 Inventor/es:

**CLARK, MICHAEL, C.;  
NANDA, VIJAY;  
CHI, CHUNG-MING;  
BHANDAKAR, MARUTI;  
MAERZ, BRIAN y  
VINCENT, MATTHEW, J.**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

ES 2 759 541 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

Alquilación en fase líquida con múltiples catalizadores

5 **Campo**

La presente divulgación se refiere a un proceso para la producción de compuestos alquilaromáticos, en particular, de etilbenceno.

10 **Antecedentes**

El etilbenceno es una materia prima clave en la producción de estireno y se produce mediante la reacción de etileno y benceno en presencia de un catalizador ácido. Las antiguas plantas de producción de etilbenceno, de manera típica construidas antes de 1980, usaban  $\text{AlCl}_3$  o  $\text{BF}_3$  como catalizador ácido. En general, las plantas más nuevas han estado cambiando a catalizadores ácidos basados en zeolita.

De manera tradicional, el etilbenceno se ha producido en sistemas de reactores de fase de vapor, en los que la reacción de etilación del benceno con el etileno se lleva a cabo a una temperatura de aproximadamente 380-420 °C y una presión de 9-15 kg/cm<sup>2</sup>-g en múltiples lechos fijos de catalizador de zeolita. El etileno reacciona de manera exotérmica con el benceno para formar etilbenceno, aunque también se producen reacciones en cadena y secundarias no deseables. Aproximadamente el 15 % del etilbenceno formado reacciona, además, con etileno para formar isómeros de dietilbenceno (DEB en inglés), isómeros de tri-etilbenceno (TEB en inglés) y productos aromáticos más pesados. Todos estos productos de reacción en cadena se denominan de manera común bencenos polietilados (PEB en inglés). Además de las reacciones de etilación, la formación de isómeros de xileno como productos de traza se produce mediante reacciones secundarias. Esta formación de xileno en los procesos de fase de vapor puede producir un producto de etilbenceno con aproximadamente el 0,05-0,20 % en peso de xilenos. Los xilenos se presentan como una impureza en el producto de estireno posterior y, en general, se consideran no deseables.

Con el fin de minimizar la formación de PEB, se aplica un exceso estequiométrico de benceno, aproximadamente el 400-900 % por pasada, dependiendo de la optimización del proceso. El efluente procedente del reactor de etilación contiene aproximadamente el 70-85 % en peso de benceno sin reaccionar, aproximadamente el 12-20 % en peso de producto de etilbenceno y aproximadamente el 3-4 % en peso de PEB. A fin de evitar una pérdida de rendimiento, los PEB se convierten de nuevo en etilbenceno mediante transalquilación con benceno adicional, normalmente en un reactor de transalquilación separado.

A modo de ejemplo, la etilación en fase de vapor de benceno sobre la zeolita ZSM-5 de aluminosilicato cristalino se desvela en las patentes estadounidenses n.º 3.751.504 (Keown et al.), 3.751.506 (Burruss) y 3.755.483 (Burruss).

En los últimos años, la tendencia en la industria ha sido la transición de los reactores de fase de vapor a los reactores de fase líquida. Los reactores de fase líquida funcionan a una temperatura de aproximadamente 170-250 °C, que está por debajo de la temperatura crítica del benceno (aproximadamente 290 °C). Una ventaja del reactor de fase líquida es la formación muy baja de xilenos y otros subproductos no deseables. La velocidad de la reacción de etilación es normalmente menor en comparación con la fase de vapor, pero la temperatura de diseño más baja de la reacción en fase líquida habitualmente compensa económicamente los aspectos negativos asociados al mayor volumen de catalizador. Por tanto, debido a la cinética de las temperaturas de etilación más bajas, que resultan del catalizador en fase líquida, la velocidad de las reacciones en cadena que forman los PEB es considerablemente menor; en concreto, aproximadamente el 5-8 % del etilbenceno se convierte en PEB en las reacciones en fase líquida frente al 15-20 % convertido en las reacciones en fase de vapor. Por tanto, el exceso estequiométrico de benceno en los sistemas de fase líquida es de manera típica el 150-400 %, en comparación con el 400-900 % en la fase de vapor.

La etilación en fase líquida de benceno que usa zeolita beta como catalizador se desvela en la patente estadounidense n.º 4.891.458 y en las publicaciones de patentes europeas n.º 0432814 y 0629549. Más recientemente, se ha desvelado que la MCM-22 y sus análogos estructurales tienen utilidad en estas reacciones de alquilación/transalquilación, para ello véanse, por ejemplo, la patente estadounidense n.º 4.992.606 (MCM-22), la patente estadounidense n.º 5.258.565 (MCM-36), la patente estadounidense n.º 5.371.310 (MCM-49), la patente estadounidense n.º 5.453.554 (MCM-56), la patente estadounidense n.º 5.149.894 (SSZ-25); la patente estadounidense n.º 6.077.498 (ITQ-1); y la patente estadounidense n.º 6.231.751 (ITQ-2). El documento WO 2008/030722 presentado el 27 de agosto de 2007 y que reivindica la fecha de prioridad del 5 de septiembre de 2006 desvela un sistema para la alquilación que tiene un sistema de alquilación preliminar y un primer sistema de alquilación que recibe la corriente de salida del sistema de alquilación preliminar. El catalizador en el sistema de alquilación preliminar tiene una relación de  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  inferior al catalizador del primer sistema de alquilación.

Los procesos comerciales de fabricación de etilbenceno en fase líquida, en general, emplean una pluralidad de zonas de reacción de alquilación conectadas en serie, conteniendo cada una un lecho de catalizador de alquilación.

La mayor parte, si no la totalidad, del benceno se alimenta normalmente a una primera zona de reacción de entrada, mientras que la alimentación de etileno de manera típica se divide sustancialmente por igual entre las zonas de reacción. Los venenos pueden entrar y entran en el sistema de reacción de alquilación con las alimentaciones de etileno y benceno y el sistema de alquilación con frecuencia incluye un lecho de protección reactivo sorteable, que normalmente se localiza en un reactor previo separado del resto del sistema de alquilación. El lecho de protección reactivo también se carga con el catalizador de alquilación y se mantiene en condiciones ambientales o hasta alquilación. El benceno y al menos una parte del etileno se hacen pasar a través del lecho de protección reactivo antes de entrar en la zona de entrada de las zonas de reacción de alquilación conectadas en serie. El lecho de protección reactivo no solo sirve para efectuar la reacción de alquilación deseada, sino que también se usa para retirar cualquier impureza reactiva en las alimentaciones, tal como los compuestos de nitrógeno, que de otro modo podría envenenar el resto del catalizador de alquilación.

En virtud de los venenos en las alimentaciones de benceno y etileno, el catalizador en el lecho de protección reactivo o, en los casos en los que no hay ningún lecho de protección reactivo, el catalizador en la zona de reacción de alquilación de entrada se somete a una desactivación más rápida y, por tanto, requiere una regeneración y/o un reemplazo más frecuentes que el resto del catalizador de alquilación. A fin de reducir el coste y el tiempo de producción potencial perdido implicado en esta regeneración y/o reemplazo, existe un interés significativo en desarrollar procesos de alquilación que maximicen la duración de ciclo del catalizador en el lecho de protección reactivo y/o la zona de reacción de alquilación de entrada.

Aunque el análisis anterior se ha centrado en la producción de etilbenceno, se apreciará que se aplican comentarios similares a la producción de otros compuestos alquilaromáticos, tales como cumeno y sec-butilbenceno, en los que el grupo de alquilación comprende otros alquenos ( $C_2$ - $C_5$ ) inferiores, tales como propileno y 1-buteno y/o 2-buteno.

La presente divulgación proporciona un proceso de alquilación de productos aromáticos que permite el uso de un catalizador en el lecho de protección reactivo o el lecho de entrada (primera zona de reacción de alquilación) que presenta una capacidad de envenenamiento aumentada (sobre una base de moles de veneno por unidad de masa de catalizador), como resultado de lo que el lecho de protección reactivo o el lecho de entrada presenta una duración de ciclo aumentada entre cambios de catalizador. Esto se puede lograr mediante la provisión de un catalizador de alquilación en el lecho de protección reactivo o el lecho de entrada que tiene una mayor cantidad de sitios ácidos por unidad de masa del catalizador que el catalizador de alquilación en el segundo lecho (segunda zona de reacción de alquilación).

La patente estadounidense n.º 5.998.687 desvela un proceso para la producción de etilbenceno que comprende: a) poner en contacto una primera alimentación que comprende benceno y etileno con un primer catalizador que comprende zeolita beta en una primera zona de catalizador en condiciones de primera alquilación para obtener un primer efluente y extraer el primer efluente procedente de la primera zona de catalizador a una primera temperatura; y b) poner en contacto una segunda alimentación que incluye al menos una parte del primer efluente y que comprende etileno y benceno con un segundo catalizador que comprende zeolita Y en una segunda zona de catalizador en condiciones de segunda alquilación para obtener un segundo efluente que comprende etilbenceno y extraer el segundo efluente procedente de la segunda zona de catalizador a una segunda temperatura, en donde la segunda temperatura es más alta que la primera temperatura.

La patente estadounidense n.º 6.057.485 desvela un proceso para la producción de etilbenceno mediante la alquilación en fase gaseosa sobre una carga dividida de catalizadores de alquilación de silicalita monoclinica que tienen diferentes relaciones de sílice/alúmina. Se aplica una carga de alimentación que contiene benceno y etileno a una zona de reacción de alquilación de múltiples fases que tiene una pluralidad de lechos de catalizador conectados en serie. Al menos un lecho de catalizador contiene un primer catalizador de silicalita monoclinica que tiene una relación de sílice/alúmina de al menos 275 y al menos un lecho de catalizador diferente contiene un segundo catalizador de silicalita monoclinica que tiene una relación de sílice/alúmina de menos de aproximadamente 275. La zona de reacción de alquilación se hace funcionar a condiciones de temperatura y presión en las que el benceno está en la fase gaseosa para provocar la alquilación en fase gaseosa del sustrato aromático en presencia de los catalizadores de silicalita monoclinica para producir un producto de alquilación. A continuación, se extrae el producto de alquilación de la zona de reacción para su separación y recuperación. Se dice que el uso de la carga dividida de catalizador permite que se produzca un producto de etilbenceno de mayor pureza con eficacias mejoradas que si solo se usara uno de los catalizadores por sí solo.

La patente estadounidense n.º 6.995.295 desvela un proceso para la producción de un compuesto alquilaromático mediante la reacción de un compuesto aromático alquilable con una alimentación que comprende un alqueno y un alcano en un sistema de reacción de múltiples fases que comprende una pluralidad de zonas de reacción de alquilación conectadas en serie, conteniendo cada una un catalizador de alquilación. El proceso comprende: (a) hacer funcionar al menos una de dichas zonas de reacción de alquilación en condiciones de temperatura y presión eficaces para provocar la alquilación de dicho compuesto aromático con dicho alqueno en presencia de dicho catalizador de alquilación y mantener dicha temperatura y presión siendo tales que parte de dicho compuesto aromático esté en la fase de vapor y parte esté en la fase líquida; (b) extraer de dicha una zona de reacción de alquilación un efluente que comprende dicho compuesto

alquilaromático, compuesto aromático alquilable sin reaccionar, cualquier alqueno sin reaccionar y dicho alcano; (c) retirar al menos parte de dicho alcano de dicho un efluente de la zona de reacción de alquilación para producir un efluente agotado en alcano; y (d) suministrar dicho efluente agotado en alcano a otra de dichas zonas de reacción de alquilación. El proceso puede emplear un lecho de protección reactivo sorteable que se localiza en un reactor previo separado del resto del sistema de alquilación y que está cargado con el catalizador de alquilación, que puede ser el mismo o diferente del catalizador usado en las zonas de reacción de alquilación.

El documento WO 2006/107471 se dirige a un proceso de alquilación de un compuesto aromático en un reactor que tiene una primera y una segunda zonas de reacción, en el que la alimentación comprende al menos el 1 % de alcano que no está separado del efluente procedente de la primera zona de reacción. La primera y segunda zonas de reacción pueden contener catalizadores diferentes.

### Sumario

En un aspecto, la presente divulgación radica en un proceso para la producción de un compuesto alquilaromático, comprendiendo el proceso:

(a) introducir una primera alimentación que comprende un compuesto aromático alquilable y una segunda alimentación que comprende un alqueno en una primera zona de reacción de alquilación que comprende un primer catalizador de alquilación, en donde el primer catalizador de alquilación tiene una primera cantidad de sitios ácidos por unidad de masa del catalizador;

(b) hacer funcionar dicha primera zona de reacción de alquilación en condiciones eficaces para provocar la alquilación de dicho compuesto aromático alquilable mediante dicho alqueno para producir dicho compuesto alquilaromático, siendo dichas condiciones tales que dicho compuesto aromático alquilable está al menos parcialmente en la fase líquida;

(c) extraer de dicha primera zona de reacción de alquilación un primer efluente que comprende dicho compuesto alquilaromático y el compuesto aromático alquilable sin reaccionar;

(d) introducir al menos parte de dicho primer efluente y una tercera alimentación que comprende dicho alqueno en una segunda zona de reacción de alquilación que comprende un segundo catalizador de alquilación, en donde el segundo catalizador de alquilación tiene una segunda cantidad de sitios ácidos por unidad de masa del catalizador y en donde el primer catalizador de alquilación y el segundo catalizador de alquilación comprenden diferentes materiales de zeolita y en donde dicha segunda cantidad es menor que dicha primera cantidad;

(e) hacer funcionar dicha segunda zona de reacción de alquilación en condiciones eficaces para provocar la alquilación de dicho compuesto aromático alquilable sin reaccionar mediante dicho alqueno para producir dicho compuesto alquilaromático, siendo dichas condiciones tales que dicho compuesto aromático alquilable está al menos parcialmente en la fase líquida; y

(f) extraer de dicha segunda zona de reacción de alquilación un segundo efluente que comprende dicho compuesto alquilaromático.

En una realización, cada uno de dicho primer y segundo catalizadores de alquilación comprende un tamiz molecular de aluminosilicato y la relación molar del sílice respecto a la alúmina del primer catalizador de alquilación es menor que la relación molar del sílice respecto a la alúmina del segundo catalizador de alquilación.

De manera conveniente, cada uno de dicho primer y segundo catalizadores de alquilación comprende un tamiz molecular seleccionado de ZSM-5, zeolita beta, zeolita Y, Y ultraestable (USY) y una zeolita de la familia MCM-22. En una realización, dicho primer catalizador de alquilación comprende MCM-49 y dicho segundo catalizador de alquilación comprende MCM-22.

En otra realización, cada uno de dicho primer y segundo catalizadores de alquilación comprende, además, un aglutinante y la relación en peso del aglutinante respecto al tamiz molecular en el primer catalizador de alquilación es menor que la relación en peso del aglutinante respecto al tamiz molecular en el segundo catalizador de alquilación.

De manera conveniente, la primera y segunda zonas de reacción de alquilación están contenidas dentro del mismo reactor de alquilación. Como alternativa, la primera zona de reacción de alquilación es un reactor de lecho de protección sorteable y la segunda zona de reacción de alquilación está en un reactor separado que contiene al menos una zona de reacción de alquilación adicional conectada en serie con dicha segunda zona de reacción de alquilación.

En una realización, dicho alqueno incluye etileno, dicho compuesto aromático alquilable incluye benceno y dicho compuesto alquilaromático incluye etilbenceno. De manera conveniente, las condiciones en (b) y/o (e) incluyen una temperatura de aproximadamente 120 °C a aproximadamente 270 °C y una presión de aproximadamente 675 kPa a aproximadamente 8.300 kPa.

En otra realización, dicho alqueno incluye propileno, dicho compuesto aromático alquilable incluye benceno y dicho compuesto alquilaromático incluye cumeno. De manera conveniente, las condiciones en (b) y/o (e) incluyen una temperatura de aproximadamente 75 °C a aproximadamente 250 °C y una presión de aproximadamente 1.000 kPa a

aproximadamente 5.000 kPa.

- 5 En otra realización más, dicho alqueno incluye 1-buteno y/o 2-buteno, dicho compuesto aromático alquilable incluye benceno y dicho compuesto alquilaromático incluye sec-butilbenceno. De manera conveniente, las condiciones en (b) y/o (e) incluyen una temperatura de aproximadamente 75 °C a aproximadamente 250 °C y una presión de aproximadamente 500 kPa a aproximadamente 4.000 kPa.

### Breve descripción de los dibujos

- 10 La Figura 1 es un diagrama de flujo de un proceso para la producción de etilbenceno de acuerdo con una primera realización de la presente divulgación.  
La Figura 2 es un diagrama de flujo de un proceso para la producción de etilbenceno de acuerdo con una segunda realización de la presente divulgación.

### 15 Descripción detallada de las realizaciones

- La presente divulgación proporciona un proceso de fase al menos parcialmente líquida para la producción de compuestos alquilaromáticos a partir de las alimentaciones de un compuesto aromático alquilable y un alqueno en al menos dos zonas de reacción de alquilación conectadas en serie, preferentemente en una pluralidad de zonas de  
20 reacción de alquilación conectadas en serie, conteniendo cada una un lecho de catalizador de alquilación. De manera típica, las zonas de reacción de alquilación se disponen en pares, estando uno o más pares contenidos dentro del mismo reactor de alquilación. En general, dado que la reacción de alquilación es exotérmica, se proporciona enfriamiento entre fases entre los pares adyacentes de las zonas de reacción.

- 25 Con frecuencia, el sistema de alquilación incluye un lecho de protección reactivo sorteable además de, y aguas arriba de, y en serie con, ya sea las zonas de reacción de alquilación conectadas en serie o al menos una zona de reacción de alquilación adicional. El lecho de protección reactivo normalmente se localiza en un reactor previo separado del resto del sistema de alquilación. El lecho de protección reactivo también se carga con el catalizador de alquilación, que puede ser igual o diferente del catalizador usado en el sistema de reacción de alquilación de  
30 múltiples fases conectado en serie, y se mantiene en condiciones ambientales o hasta alquilación, es decir, condiciones en donde el compuesto aromático alquilable está al menos parcialmente en la fase líquida. El lecho de protección reactivo no solo sirve para efectuar la reacción de alquilación deseada, sino que también se usa para retirar cualquier impureza reactiva en las alimentaciones, tal como los compuestos de nitrógeno, que de otro modo podría envenenar el resto del catalizador de alquilación. Por lo tanto, el catalizador en el lecho de protección se  
35 somete a una regeneración y/o un reemplazo más frecuente que el resto del catalizador de alquilación y, por tanto, el lecho de protección normalmente está provisto de un circuito de derivación de tal manera que las cargas de alimentación de alquilación se puedan alimentar directamente a las zonas de reacción de alquilación conectadas en serie cuando el lecho de protección esté fuera de servicio o en los casos en los que no se desee usar el lecho de protección. El lecho de protección reactivo puede funcionar en toda la fase líquida o la fase mixta en el  
40 funcionamiento de flujo ascendente o flujo descendente bifásico en el mismo sentido.

- Cada zona de reacción de alquilación se hace funcionar en condiciones eficaces no solo para provocar la alquilación del compuesto aromático con el alqueno en presencia del catalizador de alquilación, sino también para dar como resultado que el compuesto aromático esté al menos parcialmente en la fase líquida. Más en particular, tal como se  
45 analizará con más detalle a continuación, las condiciones de funcionamiento en cada zona de reacción de alquilación se controlan de tal manera que el compuesto aromático alquilable esté por completo en la fase líquida o en parte en la fase líquida y en parte en la fase de vapor. A menos que el compuesto aromático alquilable esté por completo en la fase líquida, las condiciones de funcionamiento en cada zona de reacción de alquilación se controlan, en general, de tal manera que la relación del volumen de líquido respecto al volumen de vapor en cada zona de  
50 reacción sea de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 10, más en particular de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 5, de manera deseable de aproximadamente 0,4 a aproximadamente 2,0 y preferentemente de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 1. En la determinación de la relación de volumen de líquido respecto a vapor en una zona de reacción dada, el volumen total de todos los reactivos en la fase líquida en la zona de reacción se divide por el volumen total de todos los reactivos en la fase de vapor en la zona de reacción.

- 55 El efluente procedente de cada zona de reacción de alquilación comprende el compuesto alquilaromático deseado, compuesto aromático alquilable sin reaccionar, cualquier alqueno sin reaccionar (se espera que la conversión global de alqueno sea del 98-99,99+%) y cualquier impureza. Cada efluente de la zona de reacción de alquilación, excepto el de la zona de reacción de alquilación final, se hace pasar a continuación a la zona de reacción de alquilación posterior donde se añade una carga de alimentación de alqueno adicional para la reacción con el compuesto aromático sin reaccionar.

- 65 En una realización de la divulgación, el sistema de reacción de alquilación de múltiples fases conectado en serie usado en el proceso de la divulgación es altamente selectivo para el producto monoalquilado deseado, tal como el etilbenceno, pero normalmente produce al menos algunas especies polialquiladas, tales como el dietilbenceno. Por tanto, el efluente procedente de la fase de alquilación final comprende el producto monoalquilado deseado y las

especies polialquiladas, junto con alqueno sin reaccionar (si lo hay) y compuesto aromático alquilado sin reaccionar. Este efluente se hace pasar al tren de separación en el que el alqueno sin reaccionar, el compuesto aromático alquilado sin reaccionar y el producto monoalquilado deseado se separan en serie. Las especies polialquiladas restantes se alimentan a un reactor de transalquilación, que normalmente está separado del reactor de alquilación, donde se produce un producto monoalquilado adicional mediante la reacción de las especies polialquiladas con el compuesto aromático adicional.

### **Reactivos**

Los reactivos usados en el proceso de la divulgación incluyen un compuesto aromático alquilable y un agente de alquilación de alqueno.

El término "aromático" en referencia a los compuestos alquilables que resultan útiles en el presente documento se ha de entender de acuerdo con su alcance reconocido en la técnica que incluye compuestos mono y polinucleares sustituidos con alquilo y no sustituidos. Los compuestos de carácter aromático que poseen un heteroátomo también resultan útiles siempre que estos no actúen desactivando por completo el catalizador mediante el envenenamiento del catalizador en las condiciones de reacción seleccionadas.

Los compuestos aromáticos sustituidos que se pueden alquilar en el presente documento deben poseer al menos un átomo de hidrógeno directamente unido al núcleo aromático. Los anillos aromáticos pueden estar sustituidos con uno o más grupos alquilo, arilo, alcarilo, alcoxi, ariloxi, cicloalquilo, haluro y/u otros que no interfieran con la reacción de alquilación.

Los hidrocarburos aromáticos adecuados incluyen benceno, naftaleno, antraceno, naftaceno, perileno, coroneno y fenantreno, prefiriéndose benceno.

En general, los grupos alquilo que pueden estar presentes como sustituyentes en el compuesto aromático contienen de aproximadamente 1 a 22 átomos de carbono y habitualmente de aproximadamente 1 a 8 átomos de carbono y lo más habitualmente de aproximadamente 1 a 4 átomos de carbono.

Los compuestos aromáticos sustituidos con alquilo adecuados incluyen tolueno, xileno, isopropilbenceno, propilbenceno normal, alfa-metilnaftaleno, etilbenceno, mesitileno, dureno, cimenos, butilbenceno, pseudocumeno, *o*-dietilbenceno, *m*-dietilbenceno, *p*-di-etilbenceno, isoamilbenceno, isohexilbenceno, pentaetilbenceno, pentametilbenceno; 1,2,3,4-tetraetilbenceno; 1,2,3,5-tetrametilbenceno; 1,2,4-trietilbenceno; 1,2,3-trimetilbenceno, *m*-butiltolueno; *p*-butiltolueno; 3,5-dietiltolueno; *o*-etiltolueno; *p*-etiltolueno; *m*-propiltolueno; 4-etil-*m*-xileno; dimetilnaftalenos; etilnaftaleno; 2,3-dimetil-antraceno; 9-etilantraceno; 2-metilantraceno; *o*-metilantraceno; 9,10-dimetilfenantreno; y 3-metil-fenantreno. Los hidrocarburos alquilaromáticos de mayor peso molecular también se pueden usar como materiales de partida e incluyen hidrocarburos aromáticos, tales como los que se producen mediante la alquilación de hidrocarburos aromáticos con oligómeros de olefina. Tales productos se denominan con frecuencia en la técnica alquilato e incluyen hexilbenceno, nonilbenceno, dodecilbenceno, pentadecilbenceno, hexiltolueno, noniltolueno, dodeciltolueno, pentadeciltolueno, etc. Muy a menudo, el alquilato se obtiene como una fracción de alto punto de ebullición en la que el grupo alquilo unido al núcleo aromático varía en tamaño de aproximadamente C<sub>6</sub> a aproximadamente C<sub>12</sub>.

El reformado o corte del mismo que contiene cantidades sustanciales de benceno (>1 %), tolueno y/o xileno constituye una alimentación particularmente útil para el proceso de alquilación de la presente divulgación.

Los agentes de alquilación de alqueno adecuados útiles en el proceso de la presente divulgación incluyen alquenos, tales como etileno, propileno, 1-buteno y 2-buteno, preferentemente etileno.

Preferentemente, los reactivos en el proceso de la divulgación son benceno y etileno y el producto de reacción deseado es etilbenceno.

### **Catalizadores de alquilación**

En una realización, el catalizador de alquilación empleado en la/s zona/s de alquilación o el catalizador de alquilación empleado en cada zona de reacción de alquilación, incluyendo el lecho de protección reactivo, comprende al menos un tamiz molecular de poro medio que tiene un Índice de restricción de 2-12 (tal como se define en la patente estadounidense n.º 4.016.218). Los tamices moleculares de poro medio adecuados incluyen ZSM-5, ZSM-11, ZSM-12, ZSM-22, ZSM-23, ZSM-35 y ZSM-48. La ZSM-5 se describe con detalle en las patentes estadounidenses n.º 3.702.886 y Re. 29.948. La ZSM-11 se describe con detalle en la patente estadounidense n.º 3.709.979. La ZSM-12 se describe en la patente estadounidense n.º 3.832.449. La ZSM-22 se describe en la patente estadounidense n.º 4.556.477. La ZSM-23 se describe en la patente estadounidense n.º 4.076.842. La ZSM-35 se describe en la patente estadounidense n.º 4.016.245. La ZSM-48 se describe, más en particular, en la patente estadounidense n.º 4.234.231.

En otra realización, el catalizador de alquilación empleado en la/s zona/s de alquilación o el catalizador de alquilación empleado en cada zona de reacción de alquilación, incluyendo el lecho de protección reactivo, comprende al menos un tamiz molecular de la familia MCM-22. Tal como se usa en el presente documento, la expresión "tamiz molecular de la familia MCM-22" (o "material de la familia MCM-22" o "material de la familia MCM-22" o "zeolita de la familia MCM-22") incluye uno o más de:

- los tamices moleculares elaborados a partir de una celda unitaria de bloque de construcción cristalina de primer grado común, celda unitaria que tiene la topología estructural MWW. (Una celda unitaria es una disposición espacial de átomos que, si se apila en un espacio de tres dimensiones, describe la estructura de cristal. Tales estructuras de cristal se analizan en el "Atlas of Zeolite Framework Types", quinta edición, 2001);
- los tamices moleculares elaborados a partir de un bloque de construcción de segundo grado común, que son un apilamiento bidimensional de tales celdas unitarias de topología estructural MWW, que forman una monocapa de un espesor de celda unitaria, preferentemente un espesor de celda unitaria c;
- los tamices moleculares elaborados a partir de bloques de construcción de segundo grado común, que son capas de uno o más de un espesor de celda unitaria, en donde la capa de más de un espesor de celda unitaria se elabora a partir del apilamiento, el empaquetamiento o la unión de al menos dos monocapas de un espesor de celda unitaria. El apilamiento de tales bloques de construcción de segundo grado puede ser de manera regular, de manera irregular, de manera aleatoria o cualquier combinación de las mismas; y
- los tamices moleculares elaborados mediante cualquier combinación regular o aleatoria bidimensional o tridimensional de células unitarias que tienen la topología estructural MWW.

Los tamices moleculares de la familia MCM-22 incluyen aquellos tamices moleculares que tienen un patrón de difracción de rayos X que incluye máximos de espaciado  $d$  a 12,460,25, 6,960,15, 3,5760,07 y 3,4260,07 Å. Los datos de difracción de rayos X usados para caracterizar el material se obtienen mediante técnicas convencionales usando el doblete de cobre K-alfa como radiación incidente y un difractor equipado con un contador de centelleo y un ordenador asociado como sistema de recogida de datos.

Los materiales de la familia MCM-22 incluyen MCM-22 (que se describe en la patente estadounidense n.º 4.954.325), PSH-3 (que se describe en la patente estadounidense n.º 4.439.409), SSZ-25 (que se describe en la patente estadounidense n.º 4.826.667), ERB-1 (que se describe en la patente europea n.º 0293032), ITQ-1 (que se describe en la patente estadounidense n.º 6.077.498), ITQ-2 (que se describe en la publicación de patente internacional n.º WO97/17290), MCM-36 (que se describe en la patente estadounidense n.º 5.250.277), MCM-49 (que se describe en la patente estadounidense n.º 5.236.575), MCM-56 (que se describe en la patente estadounidense n.º 5.362.697), UZM-8 (que se describe en la patente estadounidense n.º 6.756.030) y mezclas de las mismas.

En una realización adicional, el catalizador de alquilación empleado en la o en cada zona de reacción de alquilación, incluyendo el lecho de protección reactivo, comprende uno o más tamices moleculares de poro grande que tienen un Índice de restricción menor de 2. Los tamices moleculares de poro grande adecuados incluyen zeolita beta, zeolita Y, Y ultraestable (USY), Y desaluminizada (Deal Y), mordenita, ZSM-3, ZSM-4, ZSM-18 y ZSM-20. La zeolita ZSM-14 se describe en la patente estadounidense n.º 3.923.636. La zeolita ZSM-20 se describe en la patente estadounidense n.º 3.972.983. La zeolita beta se describe en las patentes estadounidenses n.º 3.308.069 y Re. n.º 28.341. El tamiz molecular de Y ultraestable (USY) de bajo contenido en sodio se describe en las patentes estadounidenses n.º 3.293.192 y 3.449.070. La zeolita Y desaluminizada (Deal Y) se puede preparar mediante el método que se encuentra en la patente estadounidense n.º 3.442.795. La zeolita UHP-Y se describe en la patente estadounidense n.º 4.401.556. La mordenita es un material de origen natural, pero también está disponible en formas sintéticas, tales como TEA-mordenita (es decir, mordenita sintética preparada a partir de una mezcla de reacción que comprende un agente director de tetraetilamonio). La TEA-mordenita se desvela en las patentes estadounidenses n.º 3.766.093 y 3.894.104.

Los tamices moleculares preferidos para su uso en el presente proceso comprenden ZSM-5, zeolita beta, zeolita Y, Y ultraestable (USY) y zeolitas de la familia MCM-22.

Los tamices moleculares anteriores se pueden usar como catalizador de alquilación en el proceso de la divulgación sin ningún aglutinante o matriz, es decir, en la denominada forma autounida. Como alternativa, el tamiz molecular puede estar compuesto con otro material que sea resistente a las temperaturas y otras condiciones empleadas en la reacción de alquilación. Tales materiales incluyen materiales activos e inactivos y zeolitas sintéticas o de origen natural, así como materiales inorgánicos, tales como arcillas, y/u óxidos, tales como alúmina, sílice, sílice-alúmina, zirconia, titanía, magnesia o mezclas de estos y otros óxidos. Estos últimos pueden ser de origen natural o estar en forma de precipitados gelatinosos o geles que incluyen mezclas de sílice y óxidos de metal. Las arcillas también se pueden incluir con los aglutinantes de tipo óxido para modificar las propiedades mecánicas del catalizador o para ayudar en su fabricación. El uso de un material junto con el tamiz molecular, es decir, en combinación con el mismo o presente durante su síntesis, que en sí mismo es catalíticamente activo, puede cambiar la conversión y/o selectividad del catalizador. Los materiales inactivos sirven de manera adecuada como diluyentes para controlar la cantidad de conversión de tal manera que los productos se puedan obtener de manera económica y ordenada sin emplear otros medios para el control de la velocidad de reacción. Estos materiales se pueden incorporar en arcillas

de origen natural, por ejemplo, bentonita y caolín, para mejorar la resistencia al aplastamiento del catalizador en condiciones comerciales de funcionamiento y funcionar como aglutinantes o matrices para el catalizador. Las proporciones relativas de tamiz molecular y matriz de óxido inorgánico varían de manera amplia, variando el contenido de tamiz de aproximadamente el 1 a aproximadamente el 90 por ciento en peso, y, más habitualmente, en particular, cuando el material compuesto se prepara en forma de perlas, en el intervalo de aproximadamente el 2 a aproximadamente el 80 por ciento en peso del material compuesto.

En general, el compuesto aromático alquilable y el alqueno suministrados al presente proceso contendrán cierto nivel de impurezas reactivas, tales como los compuestos de nitrógeno, que son lo suficientemente pequeñas como para entrar en los poros del catalizador de alquilación y, de ese modo, envenenar el catalizador. Además, resulta normal suministrar todo el compuesto aromático alquilable a la primera zona de reacción de alquilación, ya sea esta una zona de entrada del sistema de alquilación principal o un lecho de protección aguas arriba, pero para dividir la alimentación de alqueno entre las zonas de reacción de alquilación. Por tanto, el catalizador en la primera zona de reacción de alquilación es más susceptible al envenenamiento mediante impurezas que el de la segunda y posteriores zonas de reacción aguas abajo. Por tanto, para reducir la frecuencia con la que el catalizador en la primera zona de reacción de alquilación se debe retirar para su reemplazo, regeneración o reactivación, el presente proceso emplea un primer catalizador de alquilación en la primera zona de reacción de alquilación y un segundo catalizador de alquilación en la segunda zona de reacción de alquilación, en donde el primer y segundo catalizadores son diferentes en que el primer catalizador tiene una mayor cantidad de sitios ácidos por unidad de masa del catalizador que el segundo catalizador. Aparte de la diferencia en la cantidad de sitios ácidos por unidad de masa del catalizador, el primer y segundo catalizadores de alquilación emplean diferentes materiales de zeolita.

En una realización, la relación de la cantidad de sitios ácidos por unidad de masa del primer catalizador de alquilación respecto a la cantidad de sitios ácidos por unidad de masa del segundo catalizador de reacción se encuentra en el intervalo de 40:1 a mayor de 1:1 y, en general, en el intervalo de 10:1 a mayor de 1:1. La cantidad de sitios ácidos por unidad de masa de un catalizador se puede determinar mediante una diversidad de técnicas que incluyen, pero sin limitación, la medición de protones de Bronsted, la medición de aluminio tetraédrico, la adsorción de amoníaco, piridina y otras aminas y las constantes de velocidad para el craqueo de hexano. Aunque estas técnicas son dispares en cuanto a su naturaleza, todas proporcionan una medida relativa de la cantidad de sitios activos en un catalizador de zeolita nuevo, tal como faujasita, beta, las zeolitas de la familia pentasil y las zeolitas de la familia MWW (MCM-22). Un método particularmente adecuado de medición de la cantidad de sitios ácidos por unidad de masa de un catalizador es la sorción de piridina, dado que la piridina es aproximadamente del mismo tamaño o más grande que los venenos típicos presentes en los procesos de alquilación y la piridina se adsorbe fácilmente mediante los materiales zeolíticos identificados como catalizadores de alquilación adecuados.

Los diferentes niveles de sitios ácidos en los catalizadores usados en la primera y segunda zonas de reacción de alquilación se pueden lograr en parte mediante la variación del nivel de aglutinante (no ácido) entre los catalizadores. Por ejemplo, la relación en peso del aglutinante respecto al/a los componente/s activo/s en el primer catalizador de alquilación en la primera zona de reacción de alquilación puede ser menor, o el primer catalizador de alquilación puede no estar unido, que la relación en peso del aglutinante respecto al/a los componente/s activo/s en el segundo catalizador de alquilación en la segunda zona de reacción de alquilación. Como alternativa o además del nivel de aglutinante, el primer catalizador de alquilación en la primera zona de reacción de alquilación puede emplear una zeolita que tenga una relación molar de sílice respecto a alúmina más baja que la de la zeolita empleada en el segundo catalizador de alquilación en la segunda zona de reacción de alquilación. Por tanto, con las zeolitas de aluminosilicato, el nivel de sitios ácidos en un catalizador es, en general, una función de la cantidad de aluminio zeolítico en el catalizador. Por ejemplo, en una realización, la MCM-49 se puede emplear como componente activo en el primer catalizador de alquilación en la primera zona de reacción de alquilación, mientras que la MCM-22 se emplea como componente activo en el segundo catalizador de alquilación en la segunda zona de reacción de alquilación.

Además del problema del envenenamiento de catalizador, donde las zonas de reacción de alquilación se disponen en pares, proporcionándose un enfriamiento entre fases entre los pares adyacentes de las zonas de reacción, se apreciará que la naturaleza exotérmica de la reacción tenderá a provocar que la zona aguas abajo de cada par esté a una temperatura más alta que la zona aguas arriba. Por esta razón, puede resultar deseable emplear un catalizador con más sitios ácidos en la zona aguas arriba de cada par de zonas de reacción de alquilación que el catalizador en la zona aguas abajo. De nuevo, esto se puede lograr mediante la disminución del nivel de aglutinante y/o el aumento de la relación molar de sílice respecto a alúmina del catalizador en la zona aguas arriba, en comparación con los de la zona aguas abajo.

## **Condiciones de reacción**

En el presente proceso de la divulgación, la reacción de alquilación en cada una de las zonas de reacción de alquilación conectadas en serie tiene lugar en condiciones al menos parcialmente líquidas que se pueden mantener a lo largo de tales zonas, de tal manera que el compuesto aromático alquilable esté por completo en la fase líquida o en parte en la fase de vapor y en parte en la fase líquida. A este respecto, se ha de apreciar que el mantenimiento del compuesto aromático alquilable en la fase líquida o la relación del volumen de líquido respecto al volumen de



vapor en un reactor de alquilación de fase mixta es una función de muchas variables, que incluyen la temperatura, la presión, la composición de alimentación de alqueno, la relación en peso de productos aromáticos respecto a alqueno y la cantidad de puntos de inyección de alimentación entre fases (distribución de alimentación entre las zonas de reacción). Cada una de estas variables se debe entender y controlar con el fin de mantener la relación del volumen de líquido respecto al volumen de vapor en el nivel deseado.

Las condiciones particulares para llevar a cabo la alquilación en fase líquida o mixta de benceno con etileno para producir etilbenceno pueden incluir una temperatura de aproximadamente 120 a aproximadamente 270 °C, una presión de aproximadamente 675 a aproximadamente 8.300 kPa, una WHSV basada en etileno de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 10 h<sup>-1</sup> y una relación molar de benceno respecto a etileno de aproximadamente 1 a aproximadamente 10.

Las condiciones particulares para llevar a cabo la alquilación en fase líquida o mixta de benceno con propileno para producir cumeno pueden incluir una temperatura de aproximadamente 75 °C a aproximadamente 250 °C, una presión de aproximadamente 1.000 kPa a aproximadamente 5.000 kPa, una WHSV basada en propileno de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 10 h<sup>-1</sup> y una relación molar de benceno respecto a propileno de aproximadamente 1 a aproximadamente 10.

Las condiciones particulares para llevar a cabo la alquilación en fase líquida o mixta de benceno con 1-buteno y/o 2-buteno para producir sec-butilbenceno pueden incluir una temperatura de aproximadamente 75 °C a aproximadamente 250 °C, una presión de aproximadamente 500 kPa a aproximadamente 4.000 kPa, una WHSV basada en buteno de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 10 h<sup>-1</sup> y una relación molar de benceno respecto a buteno de aproximadamente 1,0 a aproximadamente 5,0.

En los casos en los que el sistema de alquilación incluye un lecho de protección reactivo, este se puede hacer funcionar en condiciones de fase líquida o en condiciones de fase líquida/vapor mixta, pero se hace funcionar preferentemente en condiciones de fase líquida. En el caso de la producción de etilbenceno, el lecho de protección funcionará preferentemente a una temperatura entre aproximadamente 20 y aproximadamente 270 °C y una presión entre aproximadamente 675 y aproximadamente 8.300 kPa. En el caso de la producción de cumeno, el lecho de protección funcionará preferentemente a una temperatura de aproximadamente 25 a 180 °C y una presión de aproximadamente 675 a 4.000 kPa. En el caso de la producción de sec-butilbenceno, el lecho de protección funcionará preferentemente a una temperatura de aproximadamente 50 a 250 °C y una presión de aproximadamente 445 a 3.550 kPa.

### 35 **Transalquilación**

El efluente procedente del presente proceso de alquilación tenderá a contener compuestos aromáticos polialquilados, además de las especies monoalquiladas deseadas. Por tanto, el efluente es para un tren de separación de producto que no solo sirve para retirar el compuesto aromático alquilado sin reaccionar y el producto monoalquilado, sino que también separa las especies polialquiladas. Las especies polialquiladas se alimentan a continuación a un reactor de transalquilación, que normalmente está separado del reactor de alquilación, donde se produce un producto monoalquilado adicional mediante la reacción de las especies polialquiladas con el compuesto aromático adicional en presencia de un catalizador de transalquilación. De manera típica, el reactor de transalquilación se hace funcionar en condiciones tales que los compuestos aromáticos polialquilados y el compuesto aromático alquilable estén al menos predominantemente en la fase líquida.

Por ejemplo, las condiciones adecuadas para llevar a cabo la transalquilación en fase líquida de benceno con polietilbencenos pueden incluir una temperatura de aproximadamente 150 °C a aproximadamente 260 °C, una presión de 7.000 kPa o menos, una WHSV basada en el peso de la alimentación de líquido total a la zona de reacción de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 100 h<sup>-1</sup> y una relación molar de benceno respecto a polietilbenceno de aproximadamente 1:1 a aproximadamente 30:1. Las condiciones particulares para llevar a cabo la transalquilación en fase líquida de benceno con polipropilbencenos pueden incluir una temperatura de aproximadamente 150 °C a aproximadamente 300 °C, una presión de 5.500 kPa o menos, una WHSV basada en el peso de la alimentación de líquido total a la zona de reacción de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 20,0 h<sup>-1</sup> y una relación molar de benceno respecto a polipropilbenceno de aproximadamente 1,0 a aproximadamente 10,0. Las condiciones particulares para llevar a cabo la transalquilación en fase líquida de benceno con polibutilbencenos pueden incluir una temperatura de 100 a 300 °C, una presión de 1.000 a 7.000 kPa, una velocidad espacial horaria en peso de 1 a 50 h<sup>-1</sup> sobre la alimentación total y una relación en peso de benceno respecto a polibutilbenceno de 1 a 10.

El catalizador de transalquilación puede comprender uno o más de cualquiera de los tamices moleculares analizados anteriormente en relación con el sistema de alquilación de fase de vapor y se puede usar con o sin un aglutinante o una matriz. En general, sin embargo, el catalizador de transalquilación se selecciona de zeolita beta, zeolita Y, Y ultraestable (USY), Y desaluminizada (Deal Y), mordenita, ZSM-3, ZSM-4, ZSM-18 y ZSM-20.

Una primera realización del presente proceso, en el que el compuesto aromático alquilable es benceno y el agente

de alquilación es una corriente de etileno diluido, se muestra en la Figura 1.

5 El benceno 11, después de su paso a través de una columna de secado (no mostrada) para reducir su contenido de agua, a través de recipientes de tratamiento (no mostrados) para retirar la mayoría de los venenos de catalizador, tales como especies orgánicas que contienen nitrógeno y azufre, y a través de un intercambiador de calor (no mostrado) para elevar su temperatura, se alimenta a una primera zona 12 de reacción de alquilación, que puede ser un lecho de protección reactivo. La primera zona 12 de reacción de alquilación también recibe una alimentación 13 de etileno a presión de tal manera que el benceno y el etileno se hagan pasar de manera bifásica en el mismo sentido a través de un lecho de catalizador B de alquilación en la primera zona 12 de reacción de alquilación. Como alternativa, el flujo puede ser un flujo ascendente bifásico en el mismo sentido a través de la primera zona de reacción de alquilación. La primera zona 12 de reacción de alquilación funciona de manera típica al o cerca del 100 % de conversión de etileno, pero puede funcionar a conversiones más bajas de tal manera que el efluente 14 que sale de la zona 12 esté compuesto de etilbencenos, benceno sin reaccionar y pequeñas cantidades de impurezas.

15 El efluente 14 se hace pasar a continuación a una segunda zona 15 de reacción de alquilación, que contiene el catalizador A de alquilación y que también recibe la alimentación 13 de etileno. La segunda zona 15 de reacción de alquilación también funciona de manera típica al o cerca del 100 % de conversión de etileno y produce un efluente 16, que se puede hacer pasar a través de un refrigerador 17 antes de alimentarse a una pluralidad de pares conectados en serie espaciados verticalmente de lechos 18, 19 de catalizador. Cada lecho 18, 19 también contiene el catalizador A y recibe la alimentación 13 de etileno de tal manera que el etileno y el efluente que contiene benceno procedente de la zona 15 o el lecho 18, 19 anterior se hagan pasar de manera bifásica en el mismo sentido descendente a través del lecho que contiene el catalizador A de alquilación. Como alternativa, el flujo puede ser un flujo ascendente bifásico en el mismo sentido a través de los lechos 18, 19. De nuevo, cada lecho 18, 19 se hace funcionar de manera típica al o cerca del 100 % de conversión de etileno. Se proporciona un refrigerador 17 opcional adicional entre cada par adyacente de lechos 18, 19 para retirar el calor generado en el par precedente de lechos de catalizador. Opcionalmente, se pueden aplicar otros métodos de temperatura controlada, tales como el reciclaje de efluentes u otros medios adecuados.

30 En la segunda realización de la divulgación, mostrada en la Figura 2, el catalizador B, que tiene un nivel relativamente alto de sitios ácidos, se proporciona no solo en la zona 12 de reacción de alquilación, sino también en el lecho 18 aguas arriba de cada par de lechos 18, 19 de catalizador. El catalizador A, que tiene un nivel relativamente bajo de sitios ácidos, se proporciona en el lecho 19 aguas abajo de cada par de lechos 18, 19 de catalizador.

35 ELIMINADO.

La divulgación se describirá a continuación más en particular con referencia al siguiente procedimiento.

40 Un catalizador que contiene una zeolita MWW (por ejemplo, zeolita al 100 %) tiene un contenido de aluminio medido del 4,4 % en peso. Esto corresponde a una relación de Si:Al<sub>2</sub> de aproximadamente 18.5:1 y aproximadamente 1,6 miliequivalentes por gramo de catalizador. Cuando se secó a 200 °C durante 1 hora y, a continuación, se dosificó con piridina, se halló que la absorción era de 1,3 miliequivalentes. Esto corresponde a una valoración de aproximadamente 1:1 de un veneno respecto al aluminio disponible. Por tanto, la relación de Si:Al<sub>2</sub> es un buen indicador de la capacidad de veneno.

45 ELIMINADO.

## REIVINDICACIONES

1. Un proceso para la producción de un compuesto alquilaromático, comprendiendo el proceso:
- 5 (a) introducir una primera alimentación que comprende un compuesto aromático alquilable y una segunda alimentación que comprende un alqueno en una primera zona de reacción de alquilación que comprende un primer catalizador de alquilación, en donde el primer catalizador de alquilación tiene una primera cantidad de sitios ácidos por unidad de masa del catalizador;
- 10 (b) hacer funcionar dicha primera zona de reacción de alquilación en condiciones eficaces para provocar la alquilación de dicho compuesto aromático alquilable mediante dicho alqueno para producir dicho compuesto alquilaromático, siendo dichas condiciones tales que dicho compuesto aromático alquilable está al menos parcialmente en la fase líquida;
- (c) extraer de dicha primera zona de reacción de alquilación un primer efluente que comprende dicho compuesto alquilaromático y el compuesto aromático alquilable sin reaccionar;
- 15 (d) introducir al menos parte de dicho primer efluente y una tercera alimentación que comprende dicho alqueno en una segunda zona de reacción de alquilación que comprende un segundo catalizador de alquilación, en donde el segundo catalizador de alquilación tiene una segunda cantidad de sitios ácidos por unidad de masa del catalizador y en donde el primer catalizador de alquilación y el segundo catalizador de alquilación comprenden diferentes materiales de zeolita y en donde dicha segunda cantidad es menor que dicha primera cantidad;
- 20 (e) hacer funcionar dicha segunda zona de reacción de alquilación en condiciones eficaces para provocar la alquilación de dicho compuesto aromático alquilable sin reaccionar mediante dicho alqueno para producir dicho compuesto alquilaromático, siendo dichas condiciones tales que dicho compuesto aromático alquilable está al menos parcialmente en la fase líquida; y
- 25 (f) extraer de dicha segunda zona de reacción de alquilación un segundo efluente que comprende dicho compuesto alquilaromático.
2. El proceso de la reivindicación 1, en donde la relación molar de sílice respecto a alúmina del primer catalizador de alquilación es menor que la relación molar de sílice respecto a alúmina del segundo catalizador de alquilación.
- 30 3. El proceso de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde cada uno de dichos primer y segundo catalizadores de alquilación comprende, además, un aglutinante y la relación en peso del aglutinante respecto a la zeolita en el primer catalizador de alquilación es menor que la relación en peso del aglutinante respecto a la zeolita en el segundo catalizador de alquilación.
- 35 4. El proceso de cualquier reivindicación anterior, en donde dicho primer catalizador de alquilación y/o dicho segundo catalizador de alquilación comprende una zeolita seleccionada de ZSM-5, zeolita beta, zeolita Y, Y ultraestable (USY) y una zeolita de la familia MCM-22.
- 40 5. El proceso de cualquier reivindicación anterior, en donde dicho primer catalizador de alquilación comprende MCM-49.
6. El proceso de cualquier reivindicación anterior, en donde dicho segundo catalizador de alquilación comprende MCM-22.
- 45 7. El proceso de cualquier reivindicación anterior, en donde la relación de los sitios ácidos por unidad de masa del primer catalizador de alquilación respecto a los sitios ácidos por unidad de masa del segundo catalizador de alquilación se encuentra en el intervalo de 40:1 a más de 1:1, preferentemente de 10:1 a más de 1:1.
- 50 8. El proceso de cualquier reivindicación anterior, en donde la primera y segunda zonas de reacción de alquilación están contenidas dentro del mismo reactor de alquilación.
9. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde la primera zona de reacción de alquilación es un reactor de lecho de protección sorteable y la segunda zona de reacción de alquilación está en un reactor separado que contiene al menos una zona de reacción de alquilación adicional conectada en serie con dicha primera zona de reacción de alquilación.
- 55 10. El proceso de cualquier reivindicación anterior, en donde dicho alqueno incluye etileno, dicho compuesto aromático alquilable incluye benceno y dicho compuesto alquilaromático incluye etilbenceno.
- 60 11. El proceso de la reivindicación 10, en donde dichas condiciones en (b) y/o (e) incluyen una temperatura de 120 °C a 270 °C y una presión de 675 kPa a 8.300 kPa.
12. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde dicho alqueno incluye propileno, dicho compuesto aromático alquilable incluye benceno y dicho compuesto alquilaromático incluye cumeno.
- 65 13. El proceso de la reivindicación 12, en donde dichas condiciones en (b) y/o (e) incluyen una temperatura de 75 °C

a 250 °C y una presión de 1.000 kPa a 5.000 kPa.

5 14. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde dicho alqueno incluye 1-buteno y/o 2-buteno, dicho compuesto aromático alquilable incluye benceno y dicho compuesto alquilaromático incluye sec-butilbenceno.

15. El proceso de la reivindicación 14, en donde dichas condiciones en (b) incluyen una temperatura de 75 °C a 250 °C y una presión de 500 kPa a 4.000 kPa.

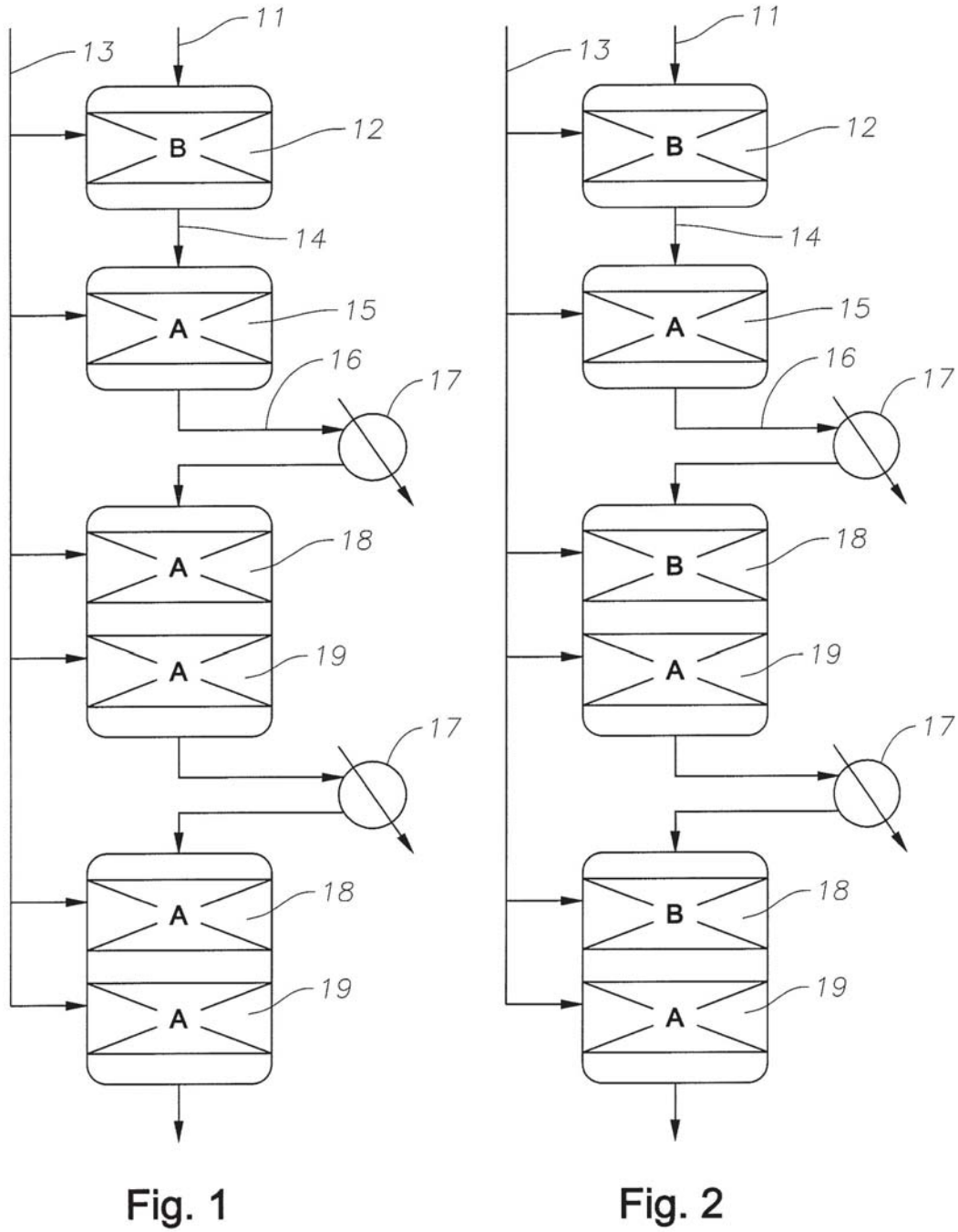


Fig. 1

Fig. 2