



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 367 048**

51 Int. Cl.:  
**C07C 5/27** (2006.01)  
**C07C 7/13** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07755187 .7**  
96 Fecha de presentación : **10.04.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2013157**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.01.2009**

54 Título: **Procedimiento para producir para-xileno.**

30 Prioridad: **25.04.2006 US 794864 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**27.10.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**27.10.2011**

73 Titular/es: **ExxonMobil Chemical Patents Inc.**  
**5200 Bayway Drive**  
**Baytown, Texas 77520, US**

72 Inventor/es: **Ou, John, Di-Yi;**  
**Helmke, Harold, W., Jr. y**  
**Porter, John, R.**

74 Agente: **De Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 367 048 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 producción de para-xileno

Campo de la invención

Esta invención se refiere a un proceso para la producción de para-xileno.

5 Antecedentes de la invención

Etilbenceno (EB), para-xileno (PX), orto-xileno (OX) y meta-xileno (MX) están a menudo presentes conjuntamente en corrientes de producto aromático C<sub>8</sub> de plantas químicas y refinerías de petróleo. De estos compuestos C<sub>8</sub>, aunque el EB es una materia prima importante para la producción de estireno, por una serie de razones la mayoría de las materias primas de EB usadas en la producción de estireno se producen mediante la alquilación de benceno con etileno, en lugar de mediante la recuperación de una corriente aromática de C<sub>8</sub>. De los tres isómeros de xileno, el PX tiene el mayor mercado comercial y se usa principalmente para fabricar ácido tereftálico y ésteres tereftalato para uso en la producción de diversos polímeros tales como poli(tereftalato de etileno), poli(tereftalato de propileno) y poli(tereftalato de buteno). Aunque OX y MX son útiles como disolventes y materias primas para preparar productos tales como anhídrido ftálico y ácido isoftálico, la demanda comercial de OX y MX y sus derivados es mucho menor que para PX.

El documento US 4.236.996 da a conocer un proceso en que se pone en contacto una mezcla de xilenos y etilbenceno con un catalizador de zeolita tal como ZSM-5 que se ha vaporizado a alta temperatura. El documento US 2.775.628 da a conocer un proceso para la producción de para-xileno que comprende poner en contacto un isómero de para-xileno con un catalizador de sílice-alúmina para producir un producto que se destila y entonces se cristaliza para separar el para-xileno. El documento US 4.211.886 da a conocer un proceso para la producción de benceno, tolueno y xileno a partir de nafta aromática en un proceso que combina isomerización y desalquilación/transalquilación. El documento US 4.188.282 da a conocer un proceso para la producción de benceno, tolueno y xileno a partir de mezclas de compuestos aromáticos alquílicos C<sub>8</sub>+ usando un catalizador tal como ZSM-5. El documento DE 1910037 da a conocer un método de separación de una mezcla de isómeros aromáticos C<sub>8</sub> mediante destilación para producir corrientes que incluyen una corriente de meta- y para-xileno de la que se extrae entonces por arrastre el para-xileno y se somete a isomerización.

Dada la mayor demanda de PX en comparación con los demás isómeros, existe un interés comercial significativo por maximizar la producción de PX a partir de cualquier fuente dada de materiales aromáticos C<sub>8</sub>. Sin embargo, hay dos retos técnicos importantes para conseguir este objetivo de maximizar el rendimiento de PX. En primer lugar, los cuatro compuestos aromáticos C<sub>8</sub>, particularmente los tres isómeros de xileno, están habitualmente presentes a concentraciones dictadas por la termodinámica de la producción de la corriente de compuestos aromáticos C<sub>8</sub> en una planta o refinería particular. Como resultado, la producción de PX está limitada, como máximo, a la cantidad presente originalmente en la corriente de compuestos aromáticos C<sub>8</sub> a menos que se usen etapas de procesamiento adicionales para aumentar la cantidad de PX y/o mejorar la eficacia de recuperación de PX. En segundo lugar, los compuestos aromáticos C<sub>8</sub> son difíciles de separar debido a sus estructuras químicas y propiedades físicas similares y pesos moleculares idénticos.

Son conocidos una variedad de métodos para aumentar la concentración de PX en una corriente de compuestos aromáticos C<sub>8</sub>. Estos métodos implican normalmente el reciclado de la corriente entre una etapa de separación, en que se recupera al menos parte del PX para producir una corriente empobrecida en PX, y una etapa de isomerización de xileno, en que se devuelve el contenido de PX de la corriente empobrecida en PX a la concentración de equilibrio, típicamente por contacto con un catalizador de tamiz molecular. Sin embargo, la utilidad comercial de estos métodos depende de la eficacia, rentabilidad y rapidez de la etapa de separación lo que, como se debate anteriormente, está complicado por la similitud química y física de los diferentes isómeros de C<sub>8</sub>.

La destilación fraccionada es un método usado comúnmente para separar diferentes componentes de una mezcla química. Sin embargo, es difícil usar tecnologías de destilación fraccionada convencionales para separar EB y los diferentes isómeros de xileno debido a que los puntos de ebullición de los cuatro compuestos aromáticos C<sub>8</sub> entran dentro de un intervalo muy estrecho de 8°C, a saber de aproximadamente 136 a aproximadamente 144°C (véase la Tabla 1 siguiente). En particular, los puntos de ebullición de PX y EB están separados aproximadamente 2°C, mientras que los puntos de ebullición de PX y MX están separados solo aproximadamente 1°C. Como resultado, se requeriría un gran equipo, un consumo de energía significativo y/o reciclados sustanciales para que la destilación fraccionada proporcionara una separación eficaz de los compuestos aromáticos C<sub>8</sub>.

Tabla I

Compuesto C <sub>8</sub>	Punto de ebullición (°C)	Punto de congelación (°C)
EB	136	-95
PX	138	13
MX	139	-48
OX	144	-25

La cristalización fraccionada es un método alternativo de separación de componentes de una mezcla y aprovecha las diferencias entre los puntos de congelación y las solubilidades de los componentes a diferentes temperaturas. Debido a su punto de congelación relativamente alto, el PX puede separarse en forma sólida de una corriente de compuestos aromáticos C<sub>8</sub> mediante cristalización fraccionada, mientras que los demás componentes se recuperan en un filtrado empobrecido en PX. Puede obtenerse un PX de alta pureza, una propiedad clave necesaria para una conversión satisfactoria de PX en ácido tereftálico y ésteres tereftalato, mediante este tipo de cristalización fraccionada. La patente de EE.UU. nº 4.120.911 proporciona una descripción de este método. Los procesos y aparatos de cristalización fraccionada disponibles comercialmente incluyen el proceso de cristalización por Isofining, el proceso de cristalización continua a contracorriente, el cristizador directo con CO<sub>2</sub> y los cristalizadores de tambor rayado. Debido al alto consumo de servicios básicos y a la formación de un eutéctico entre PX y MX, habitualmente es más ventajoso usar una alimentación con una concentración inicial de PX lo mayor posible cuando se usa cristalización fraccionada para recuperar PX.

Un método de separación de xileno alternativo usa tamices moleculares, tales como zeolitas, para adsorber selectivamente el para-xileno de la corriente de alimentación de compuestos aromáticos C<sub>8</sub> para formar un efluente empobrecido en PX. El PX adsorbido puede desorberse entonces de diversos modos tales como calentando, reduciendo la presión parcial de PX o por extracción por arrastre. (Véanse en general las patentes de EE.UU. nº 3.706.812, 3.732.325 y 4.886.929). Dos procesos comercialmente disponibles usados en muchas plantas químicas o refinerías son los procesos PAREX™ y ELUXYL™. Ambos procesos usan tamices moleculares para adsorber PX. En dichos procesos de adsorción basados en tamices moleculares, puede recuperarse del PX presente en una alimentación particular una mayor cantidad de PX, típicamente más de un 90%, en comparación con la de un proceso de cristalización fraccionada, típicamente menos de un 65%.

Para muchos de estos procesos de separación de PX, cuanto mayor es la concentración original de PX en la corriente de alimentación, más sencilla, eficaz y económica se vuelve la práctica de la separación de PX. Por lo tanto, hay fuertes incentivos económicos y técnicos para aumentar la concentración de PX en una corriente de alimentación hidrocarbonada que comprende los compuestos aromáticos C<sub>8</sub> antes de enviar la corriente de alimentación a una unidad de recuperación de PX.

Por lo tanto, hay una necesidad de un proceso mejorado para aumentar la concentración de PX en corrientes de compuestos aromáticos C<sub>8</sub> antes de enviar las corrientes a unidades de recuperación de PX. Esta alta concentración de PX permitiría también una mejor utilización y/o la eliminación de cuellos de botella del equipo de separación de PX existente, tal como una unidad PAREX™, una unidad ELUXYL™ o un cristizador fraccionado.

#### SUMARIO DE LA INVENCION

En un aspecto, la presente solicitud describe un proceso para la producción de un producto rico en PX, comprendiendo el proceso:

- (a) separar una materia prima que contiene hidrocarburos C<sub>8</sub> para producir una corriente rica en hidrocarburos C<sub>8</sub>;
- (b) separar al menos una primera porción de la corriente rica en hidrocarburos C<sub>8</sub> para producir una primera corriente rica en PX y una primera corriente empobrecida en PX;
- (c) isomerizar al menos una porción de la primera corriente empobrecida en PX para producir una primera corriente isomerizada que tiene una concentración de PX mayor que la primera corriente empobrecida en PX;
- (d) separar una segunda porción de la corriente rica en hidrocarburos C<sub>8</sub> y/o al menos una porción de la primera corriente isomerizada para producir una segunda corriente rica en PX y una segunda corriente empobrecida en PX;

(e) isomerizar al menos una porción de la segunda corriente empobrecida en PX para producir una segunda corriente isomerizada que tiene una concentración de PX mayor que la segunda corriente empobrecida en PX;

(f) recuperar al menos una porción de al menos una de la primera y segunda corrientes ricas en PX en forma de producto rico en PX; y

- 5 (g) suministrar al menos una porción de al menos una de la primera corriente isomerizada, la segunda corriente isomerizada, la primera corriente rica en PX y la segunda corriente rica en PX a la separación (a).

Convenientemente, la materia prima contiene al menos hidrocarburos  $C_{8+}$  y la separación (a) produce la corriente rica en hidrocarburos  $C_8$  y una corriente rica en hidrocarburos  $C_{9+}$ .

- 10 En una realización, la presente solicitud describe un proceso para la producción de una corriente rica en PX, comprendiendo el proceso:

(a) separar una materia prima que contiene hidrocarburos  $C_8$  para producir una corriente rica en hidrocarburos  $C_8$ ;

(b) separar al menos una porción de la corriente rica en hidrocarburos  $C_8$  para producir la corriente rica en PX y una primera corriente;

- 15 (c) isomerizar al menos una porción de la primera corriente para producir una segunda corriente que tiene una concentración de PX mayor que la primera corriente;

(d) separar al menos una porción de la segunda corriente para producir una tercera corriente y una cuarta corriente, teniendo la tercera corriente una concentración de PX mayor que la segunda corriente y teniendo la cuarta corriente una concentración de PX menor que la segunda corriente;

- 20 (e) isomerizar al menos una porción de la cuarta corriente para producir una quinta corriente que tiene una concentración de PX mayor que la cuarta corriente; y

(f) proporcionar al menos una porción de la tercera corriente y/o al menos una porción de la quinta corriente a la etapa de separación (a).

Adicionalmente, el proceso puede comprender reciclar una porción de la quinta corriente y/o una porción de la tercera corriente a (d). Además, el proceso puede comprender reciclar una porción de la cuarta corriente a (c).

- 25 En una realización, el proceso comprende adicionalmente fraccionar dicha segunda corriente para producir una primera porción rica en hidrocarburos  $C_{7-}$  y una segunda porción rica en hidrocarburos  $C_{8+}$ , estando suministrada dicha segunda porción a dicha separación (d).

- 30 Convenientemente, la separación (b) comprende al menos una de adsorción selectiva, cristalización selectiva, extracción selectiva y separación por membrana selectiva, y la separación (d) comprende al menos una de adsorción selectiva, cristalización selectiva, extracción selectiva y separación por membrana selectiva.

En otra realización, la presente solicitud describe un proceso para la producción de una corriente rica en PX, comprendiendo el proceso:

(a) separar una materia prima que contiene hidrocarburos  $C_8$  para producir una corriente rica en hidrocarburos  $C_8$ ;

- 35 (b) separar al menos una porción de la corriente rica en hidrocarburos  $C_8$  para producir una primera corriente y una segunda corriente, teniendo la primera corriente una concentración de PX mayor que la corriente rica en hidrocarburos  $C_8$  y teniendo la segunda corriente una concentración de PX menor que la corriente rica en hidrocarburos  $C_8$ ;

(c) isomerizar al menos una porción de la segunda corriente para producir una tercera corriente que tiene una concentración de PX mayor que la segunda corriente;

- 40 (d) separar al menos una porción de la primera corriente y/o al menos una porción de la tercera corriente para producir una corriente rica en PX y una cuarta corriente;

(e) isomerizar al menos una porción de la cuarta corriente para producir una quinta corriente que tiene una concentración de PX mayor que la cuarta corriente; y

(f) proporcionar al menos una porción de la quinta corriente a la etapa de separación (a).

Adicionalmente, el proceso puede comprender reciclar al menos una porción de la segunda corriente a la etapa (e). Además, el proceso puede comprender reciclar al menos una porción de la primera corriente y/o al menos una porción de la tercera corriente a la etapa (b).

5 En una realización, el proceso comprende adicionalmente fraccionar dicha quinta corriente para producir una primera porción rica en hidrocarburos  $C_{7-}$  y una segunda porción rica en hidrocarburos  $C_{8+}$ , estando suministrada dicha segunda porción a dicha separación (a).

En otra realización, se proporciona al menos una porción de la tercera corriente a la separación (a).

En este proceso, la corriente rica en PX comprende típicamente al menos un 50% en peso de PX, generalmente al menos un 90% en peso de PX.

10 En un aspecto adicional, la presente solicitud describe un proceso para la producción de un producto rico en PX, comprendiendo el proceso:

(a) separar una materia prima que contiene hidrocarburos  $C_8$  para producir una corriente rica en hidrocarburos  $C_8$ ;

(b) separar una primera porción de la corriente rica en hidrocarburos  $C_8$  para producir una primera corriente rica en PX y una primera corriente;

15 (c) isomerizar al menos una porción de la primera corriente para producir una segunda corriente que tiene una concentración de PX mayor que la primera corriente;

(d) separar una segunda porción de la corriente rica en hidrocarburos  $C_8$  para producir una segunda corriente rica en PX y una tercera corriente;

20 (e) isomerizar al menos una porción de la tercera corriente para producir una cuarta corriente que tiene una concentración de PX mayor que la tercera corriente;

(f) recuperar al menos una porción de al menos una de la primera y segunda corrientes ricas en PX en forma de producto rico en PX; y

(g) proporcionar al menos una porción de la segunda corriente y/o al menos una porción de la cuarta corriente a la etapa de separación (a).

25 Convenientemente, dicha isomerización (e) se efectúa al menos parcialmente en fase líquida.

En una realización, la separación (b) comprende adsorción selectiva y la separación (d) comprende cristalización fraccionada.

#### Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama esquemático de un bucle de separación e isomerización de xileno convencional.

30 La Figura 2 es un diagrama esquemático de un proceso para la producción de para-xileno según una primera realización de esta divulgación.

La Figura 3 es un diagrama esquemático de un proceso para la producción de para-xileno según una segunda realización de esta divulgación.

35 La Figura 4 es un diagrama esquemático de un bucle de separación e isomerización de xileno convencional adicional.

La Figura 5 es un diagrama esquemático de un proceso para la producción de para-xileno según una tercera realización de esta divulgación.

#### Descripción detallada de la invención

40 Cuando se enumeran los límites inferiores numéricos y límites superiores numéricos en la presente memoria, se contemplan los intervalos desde cualquier límite inferior a cualquier límite superior.

45 Un especialista en la materia entenderá que las realizaciones debatidas en esta solicitud no representan todas las variaciones posibles de aparatos o procesos incluidas en la presente divulgación. Además, pueden necesitarse muchas piezas de equipo y aparatos y ciertas etapas de procesamiento para fines industriales, comerciales o incluso experimentales. Son ejemplos de dichos equipos y aparatos y etapas de procesamiento, pero sin limitación, columnas de destilación, columnas de fraccionamiento, intercambiadores de calor, bombas, válvulas, manómetros,

termómetros, separadores de líquido-vapor, secadores y/o tratadores de alimentaciones y productos, tratadores de arcilla, instalaciones de almacenamiento de alimentaciones y/o productos y procesos y etapas para el control de procesos. Aunque aquellos equipos, aparatos y etapas que no son necesarios para la comprensión de la esencia de la presente solicitud no se muestran en los dibujos, pueden mencionarse algunos de ellos ocasionalmente para ilustrar diversos aspectos de la divulgación. Se observa también que algunos de los equipos pueden situarse en diferentes lugares del proceso dependiendo de las condiciones de los procesos.

Como se usa en la presente memoria, el término "hidrocarburos C<sub>8</sub>+" significa hidrocarburos que tienen 8 o más átomos de carbono por molécula. Una alimentación y/o producto de hidrocarburos C<sub>8</sub>+ es una alimentación y/o producto que tiene más de un 10% en peso, tal como más de un 20% en peso, por ejemplo más de un 40% en peso, tal como más de un 50% en peso, y en algunos casos más de un 80% en peso, de hidrocarburos C<sub>8</sub>+ en la alimentación y/o producto. El término "hidrocarburos C<sub>9</sub>+" como se usa en la presente memoria significa hidrocarburos que tienen 9 o más átomos de carbono por molécula. Una alimentación y/o producto de hidrocarburos C<sub>9</sub>+ es una alimentación y/o producto de hidrocarburos que tiene más de un 10% en peso, tal como más de un 20% en peso, por ejemplo más de un 40% en peso, tal como más de un 50% en peso, y en algunos casos más de un 80% en peso, de hidrocarburos C<sub>9</sub>+ en la alimentación y/o producto. El término "hidrocarburos C<sub>7</sub>-" como se usa en la presente memoria significa hidrocarburos que tienen 7 o menos átomos de carbono por molécula. Una alimentación y/o producto de hidrocarburos C<sub>7</sub>- es una alimentación y/o producto de hidrocarburos que tiene más de un 10% en peso, tal como más de un 20% en peso, por ejemplo más de un 40% en peso, tal como más de un 50% en peso, y en algunos casos más de un 80% en peso, de hidrocarburos C<sub>7</sub>- en la alimentación y/o producto. El término "hidrocarburos C<sub>8</sub>" como se usa en la presente memoria significa hidrocarburos que tienen 8 átomos de carbono por molécula, incluyendo PX. Una alimentación y/o producto de hidrocarburos C<sub>8</sub>, con la excepción de una corriente y/o producto rico en PX o empobrecido en PX, es una alimentación y/o producto de hidrocarburos que tiene más de un 10% en peso, tal como más de un 20% en peso, por ejemplo más de un 40% en peso, tal como más de un 50% en peso, y en algunos casos más de un 80% en peso, de hidrocarburos C<sub>8</sub> en la alimentación y/o producto. El término "hidrocarburos aromáticos C<sub>8</sub>" como se usa en la presente memoria significa hidrocarburos aromáticos que tienen 8 átomos de carbono por molécula, concretamente, xileno(s) y/o EB. Una alimentación y/o producto de hidrocarburos aromáticos C<sub>8</sub>, con la excepción de una corriente y/o producto rico en PX o empobrecido en PX, es una alimentación y/o producto de hidrocarburos que tiene más de un 10% en peso, tal como más de un 20% en peso, por ejemplo más de un 40% en peso, tal como más de un 50% en peso, y en algunos casos más de un 80% en peso, de hidrocarburos aromáticos C<sub>8</sub> en la alimentación y/o producto.

El término "empobrecido en PX" significa que la concentración de PX en una corriente de salida de una unidad particular se reduce en comparación con la concentración en la corriente de alimentación a la misma unidad. No significa que tenga que empobrecerse o eliminarse todo el PX de la(s) corriente(s) de alimentación que contienen xileno a la unidad. El término "rico en PX" significa que la concentración de PX en una corriente de salida de una unidad particular aumenta en comparación con la concentración en la corriente de alimentación a la misma unidad. No significa que la concentración de PX tenga que ser de 100%.

#### Materia prima

La materia prima empleada en el presente proceso puede ser cualquier materia prima de hidrocarburo C<sub>8</sub>+ que contenga hidrocarburos aromáticos C<sub>8</sub>, tal como una corriente de reformación, una corriente de producto de hidrocrackeo, una corriente de producto de reacción de xileno o EB, una corriente de producto de alquilación aromática, una corriente de desproporción aromática, una corriente de transalquilación aromática y/o una corriente del proceso Cycclar™. La materia prima puede comprender además corriente(s) de reciclado de la(s) etapa(s) de isomerización y/o diversas etapas de separación. La materia prima de hidrocarburo C<sub>8</sub>+ comprende PX junto con MX, OX y/o EB. Además de xilenos y EB, la materia prima de hidrocarburos C<sub>8</sub>+ puede contener también ciertas cantidades de compuestos aromáticos o incluso no aromáticos. Son ejemplos de dichos compuestos aromáticos benceno, tolueno y compuestos aromáticos C<sub>9</sub>+ tales como mesitileno, seudocumeno y otros. Estos tipos de corrientes de alimentación se describen en "Handbook of Petroleum Refining Processes", Eds. Robert A. Meyers, McGraw-Hill Book Company, 2ª edición.

#### Descripción del proceso

El proceso de la presente solicitud comprende una etapa de separación inicial que sirve para retirar los hidrocarburos C<sub>9</sub>+ de la materia prima de hidrocarburos C<sub>8</sub>+. Debido a las diferencias en pesos moleculares, puntos de ebullición y otras propiedades físicas y químicas, los compuestos hidrocarburos C<sub>9</sub>+, aromáticos o no aromáticos, pueden separarse con relativa facilidad de los xilenos y EB. Por lo tanto, generalmente la primera etapa de separación incluye destilación fraccionada, aunque pueden usarse también otros métodos de separación tales como cristalización, adsorción, separación reactiva, separación por membrana, extracción o cualquier combinación de los mismos. Estos métodos de separación se describen en "Perry's Chemical Engineers' Handbook", Eds. R.H. Perry, D.W. Green and J.O. Maloney, McGraw-Hill Book Company, 6ª edición, 1984, y en "Handbook of Petroleum Refining Processes", Eds. Robert A. Meyers, McGraw-Hill Book Company, 2ª edición.

Después de la retirada de los hidrocarburos  $C_9+$ , el presente proceso comprende al menos una etapa de separación para recuperar una corriente de producto rica en PX de la corriente de hidrocarburos  $C_8$  resultante. En una realización, la corriente de producto rica en PX comprende al menos un 50% en peso de PX, preferiblemente al menos un 60% en peso de PX, más preferiblemente al menos un 70% en peso de PX, aún más preferiblemente al menos un 80% en peso de PX, todavía más preferiblemente al menos un 90% en peso de PX y lo más preferiblemente al menos un 95% en peso de PX, basado en el peso total de la corriente de producto rica en PX. La etapa de separación para recuperar la corriente de producto rica en PX se efectúa en una unidad de recuperación de PX que comprende al menos una unidad de cristalización, una unidad de adsorción tal como una unidad PAREX™ o una unidad ELUXYL™, una unidad de separación reactiva, una unidad de separación por membrana, una unidad de extracción, una unidad de destilación, una unidad de fraccionamiento o cualquier combinación de las mismas. Estos tipos de unidades de separación y su diseños se describen en "Perry's Chemical Engineers' Handbook", Eds. R.H. Perry, D.W. Green and J.O. Maloney, McGraw-Hill Book Company, 6ª edición, 1984, y en "Handbook of Petroleum Refining Processes", Eds. Robert A. Meyers, McGraw-Hill Book Company, 2ª edición.

Las etapas de separación adicionales empleadas en el presente proceso sirven para separar una corriente de alimentación de hidrocarburos  $C_8$  en una corriente efluente rica en PX y una corriente empobrecida en PX. Estas etapas de separación se efectúan en unidades de separación que comprenden al menos una de una unidad de cristalización, una unidad de adsorción tal como una unidad PAREX™ o una unidad ELUXYL™, una unidad de separación reactiva, una unidad de separación por membrana, una unidad de extracción, una unidad de destilación, una unidad de fraccionamiento o cualquier combinación de las mismas. Estos tipos de unidades de separación y su diseños se describen en "Perry's Chemical Engineers' Handbook", Eds. R.H. Perry, D.W. Green and J.O. Maloney, McGraw-Hill Book Company, 6ª edición, 1984, y en "Handbook of Petroleum Refining Processes", Eds. Robert A. Meyers, McGraw-Hill Book Company, 2ª edición.

El proceso de la presente solicitud comprende también al menos dos etapas de isomerización, en cada una de las cuales se isomeriza una corriente de alimentación que comprende compuestos aromáticos  $C_8$  para producir un efluente de isomerización. La corriente de alimentación a cada etapa de isomerización comprende PX a una concentración menor que su concentración de equilibrio respecto a los otros compuestos aromáticos  $C_8$  interconvertibles en las condiciones de isomerización. Cada etapa de isomerización catalizada sirve para aumentar la concentración de PX a casi su nivel de equilibrio. La etapa de isomerización puede servir también para convertir parte o todo el EB presente en la corriente de alimentación en benceno e hidrocarburos ligeros (concretamente, hidrocarburos que tienen menos de 6 carbonos por molécula). Como alternativa, la etapa de isomerización puede servir también para isomerizar parte o todo el EB presente en la corriente de alimentación a xileno(s).

Hay muchos catalizadores o combinaciones de catalizadores que pueden usarse en cada etapa de isomerización para efectuar la reacción deseada. Hay generalmente dos tipos de catalizadores de isomerización de xileno. Un tipo de catalizador de isomerización puede equilibrar más o menos los cuatro compuestos aromáticos  $C_8$  diferentes, incluyendo EB, a las concentraciones dictadas por la termodinámica en las condiciones de reacción. Esto permite una formación máxima de PX a partir de compuestos aromáticos  $C_8$  en una alimentación particular. Los ejemplos de estos tipos de catalizador incluyen catalizadores IFP/Engelhard Octafining™ y Octafining II™ usados en los procesos respectivos. El otro tipo de catalizador de isomerización de xileno puede efectuar la conversión de EB además de la isomerización de xileno, generalmente en presencia de hidrógeno. Como se debate anteriormente, este tipo de catalizador retirará el EB y producirá benceno y etano como subproductos. Esta puede ser una disposición deseable del EB, dependiendo de los suministros y demandas de diversos productos así como de los demás equipos presentes en una planta particular. Los ejemplos incluyen catalizadores de alta temperatura de isomerización Mobil (MHTI™), catalizadores de isomerización de alta actividad Mobil (MHAI™) y catalizadores UOP ISOMAR™ I-100.

Pueden usarse una serie de reactores de isomerización adecuados para la presente divulgación. Se describen algunos ejemplos no limitantes en las patentes de EE.UU. nº 4.899.011 y 4.236.996.

Para la presente divulgación, puede llevarse a cabo una reacción de isomerización de xileno en fase líquida, en fase de vapor (gaseosa), en fase supercrítica o una combinación de las mismas. La selección de las condiciones de la reacción de isomerización y de la composición específica de la corriente de alimentación aromática que se está isomerizando determinan el estado físico de la corriente de alimentación aromática al reactor de isomerización de xileno.

Con respecto a la Figura 1, en el bucle de separación e isomerización de para-xileno convencional mostrado, se dirige una alimentación que comprende hidrocarburos aromáticos  $C_8+$  por la conducción 5 a la unidad de separación 5, que es típicamente una columna de destilación. Se separan la mayoría de los hidrocarburos aromáticos  $C_8$  de la alimentación por la unidad 5 y se extraen por la conducción 10, mientras que la mayoría de los hidrocarburos  $C_9+$  de la alimentación se extraen por una conducción 40 en forma de corriente de fondo para procesamiento adicional. La corriente de hidrocarburos aromáticos  $C_8$  extraída por la conducción 10 se suministra a una unidad de recuperación de PX 15, en que se retira una porción de PX de la corriente por la conducción 20. Se extrae el efluente

empobrecido en PX de la unidad de recuperación de PX 15 por la conducción 25 y se suministra a una unidad de isomerización 30. La unidad de isomerización 30 es normalmente un reactor o tanque cargado con un catalizador de isomerización (por ejemplo, zeolita ácida) y funcionando en condiciones de isomerización adecuadas suficientes para convertir la corriente empobrecida en PX en una corriente isomerizada con una concentración de PX mayor que la concentración de PX de la corriente empobrecida en PX. Se extrae la corriente isomerizada de la unidad de isomerización 30 y se recicla a la unidad de separación 5 por la conducción 35.

Con respecto a la Figura 2 que describe una realización del presente proceso, se dirige una materia prima que comprende hidrocarburos aromáticos  $C_8+$  por la conducción 101 a una primera unidad de separación 105. La primera unidad de separación 105 puede ser cualquier unidad capaz de separar hidrocarburos aromáticos  $C_8$  de una materia prima que comprende hidrocarburos aromáticos  $C_8+$  y es típicamente una columna de destilación. Se separa la mayoría de los hidrocarburos aromáticos  $C_8$  de la materia prima por la unidad 105 y se extraen por la conducción 110, mientras que la mayoría de los hidrocarburos  $C_9+$  de la alimentación se extraen por una conducción 140 en forma de corriente de fondo para procesamiento adicional. Se suministra al menos una porción de la corriente de hidrocarburos aromáticos  $C_8$  extraída por la conducción 110 a una unidad de recuperación de PX 115, en que se extrae una porción de PX de la alimentación en forma de una corriente rica en PX por una conducción 120 y se extrae una primera corriente (corriente empobrecida en PX) por la conducción 125.

Se suministra al menos una porción de la primera corriente extraída de la unidad de recuperación de PX 115 por la conducción 125 a una primera unidad de isomerización 130. La primera unidad de isomerización 130 es normalmente un reactor cargado con un catalizador de isomerización (por ejemplo, zeolita ácida) y funcionando en condiciones de isomerización adecuadas suficientes para convertir la primera corriente en una segunda corriente que tiene una concentración de PX mayor que la concentración de PX de la primera corriente. Se extrae la segunda corriente de la primera unidad de isomerización 130 y se suministra al menos una porción de la misma por la conducción 136 a una segunda unidad de separación 137, en que la segunda corriente suministrada se separa en una tercera corriente, que tiene una concentración de PX mayor que la segunda corriente, y una cuarta corriente, que tiene una concentración de PX menor que la segunda corriente.

Se extrae la cuarta corriente de la segunda unidad de separación 137 por la conducción 138 y se suministra al menos una porción de la misma a una segunda unidad de isomerización 139. La segunda unidad de isomerización 139 es normalmente un reactor o tanque cargado con un catalizador de isomerización (por ejemplo, zeolita ácida) y funcionando en condiciones de isomerización adecuadas suficientes para convertir la cuarta corriente en una quinta corriente que tiene una concentración de PX mayor que la concentración de PX de la cuarta corriente. Se extrae la quinta corriente de la segunda unidad de isomerización 139 por la conducción 142 y se combina con la tercera corriente, que se extrae de la segunda unidad de separación 137 por la conducción 141. Se alimentan conjuntamente al menos una porción de la quinta corriente y/o al menos una porción de la tercera corriente a la primera unidad de separación 105 por la conducción 135.

En una modificación (no mostrada) del proceso de la Figura 2, puede reciclarse una porción de la quinta corriente por la conducción 142 y/o una porción de la tercera corriente por la conducción 141 a la segunda unidad de separación 137. Adicionalmente, el proceso puede comprender reciclar al menos una porción de la cuarta corriente por la conducción 138 a la primera unidad de isomerización 130.

En una realización adicional (no mostrada) del proceso de la Figura 2, se alimenta la segunda corriente extraída de la primera unidad de isomerización 130 por la conducción 136 a un fraccionador antes de suministrarse a la segunda unidad de separación 137. El fraccionador divide la segunda corriente en una primera porción rica en hidrocarburos  $C_7-$ , que se extrae para procesamiento adicional, y una segunda porción rica en hidrocarburos  $C_8+$ , que se suministra a la segunda unidad de separación 137.

Con respecto a la Figura 3 que describe otra realización del presente proceso, se dirige una materia prima que comprende hidrocarburos aromáticos  $C_8+$  por la conducción 201 a una primera unidad de separación 205. La primera unidad de separación 205 puede ser cualquier unidad capaz de separar hidrocarburos aromáticos  $C_8$  de una materia prima que comprende hidrocarburos aromáticos  $C_8$  y  $C_9+$ , de nuevo normalmente una columna de destilación. Se separan la mayoría de los hidrocarburos aromáticos  $C_8$  de la materia prima por la unidad 205 y se extraen por la conducción 206, mientras que la mayoría de los hidrocarburos  $C_9+$  de la alimentación se extraen por una conducción 240 en forma de corriente de fondo para procesamiento adicional. Se suministra al menos una porción de la corriente de hidrocarburos aromáticos  $C_8$  extraída por la conducción 206 a una segunda unidad de separación 207, que puede ser cualquier unidad capaz de separar o enriquecer PX a partir de una materia prima que comprende hidrocarburos aromáticos  $C_8$ .

La segunda unidad de separación 207 separa una porción de la corriente de hidrocarburos aromáticos  $C_8$  extraída por una conducción 206 en una primera corriente que tiene una concentración de PX mayor que la corriente de hidrocarburos aromáticos  $C_8$  y una segunda corriente que tiene una concentración de PX menor que la corriente de hidrocarburos aromáticos  $C_8$ . Se extrae la segunda corriente de la primera unidad de separación 207 por la conducción 208 y se suministra al menos una porción de la misma a una primera unidad de isomerización 209. La

primera unidad de isomerización 209 es normalmente un reactor cargado con un catalizador de isomerización (por ejemplo, zeolita ácida) y funcionando en condiciones de isomerización adecuadas suficientes para convertir la segunda corriente en una tercera corriente que tiene una concentración de PX mayor que la concentración de PX de la segunda corriente. Se extrae la tercera corriente de la primera unidad de isomerización 209 por la conducción 212 y se combina con la primera corriente, que se extrae de la segunda unidad de separación 207 por la conducción 211.

Se alimentan conjuntamente al menos una porción de la tercera corriente y/o al menos una porción de la primera corriente por la conducción 210 a una unidad de recuperación de PX 215, en que se retira una porción de PX de la corriente conjunta por la conducción 220 en forma de corriente rica en PX, y se extrae una cuarta corriente (corriente empobrecida en PX) por la conducción 225. Se suministra al menos una porción de la cuarta corriente por la conducción 225 a una segunda unidad de isomerización 230. La segunda unidad de isomerización 230 es normalmente un reactor o tanque cargado con un catalizador de isomerización (por ejemplo, zeolita ácida) y funcionando en condiciones de isomerización adecuadas suficientes para convertir la cuarta corriente en una quinta corriente que tiene una concentración de PX mayor que la concentración de PX de la cuarta corriente. Se extrae la quinta corriente de la segunda unidad de isomerización 230 y se suministra al menos una porción de la misma a la primera unidad de separación 205 por la conducción 235.

En una modificación (no mostrada) del proceso de la Figura 3, puede suministrarse una porción de la segunda corriente por la conducción 208 a la segunda unidad de separación 230. Además, pueden reciclarse una porción de la primera corriente por la conducción 211 y/o una porción de la tercera corriente por la conducción 212 a la segunda unidad de separación 207.

En una modificación adicional (no mostrada) del proceso de la Figura 3, puede suministrarse al menos una porción de la tercera corriente por la conducción 212 a la primera unidad de separación 205.

En aún otra modificación adicional (no mostrada) del proceso de la Figura 3, se alimenta la quinta corriente extraída de la segunda unidad de isomerización 230 por la conducción 235 a un fraccionador antes de suministrarse a la primera unidad de separación 207. El fraccionador divide la quinta corriente en una primera porción rica en hidrocarburos C<sub>7</sub>-, que se extrae para procesamiento adicional, y una segunda porción rica en hidrocarburos C<sub>8</sub>+, que se suministra a la segunda unidad de separación 207.

Con respecto ahora a la Figura 4, se muestra un proceso de producción de xileno conocido adicional que integra la adsorción selectiva y una unidad de cristalización fraccionada en un único bucle de separación e isomerización de para-xileno. En particular, el proceso comprende una primera unidad de separación 301 que puede ser una o más columnas de destilación y que recibe una corriente de alimentación de hidrocarburos aromáticos C<sub>8</sub>+ por la conducción 302 y que separa la alimentación en una corriente de vapor de cabeza y una corriente líquida de fondo. La corriente líquida de fondo está compuesta principalmente por hidrocarburos aromáticos C<sub>9</sub>+ y algo de orto-xileno (OX) y se retira de la primera unidad de separación 301 por la conducción 303 para procesamiento adicional. La corriente de cabeza está compuesta principalmente por hidrocarburos aromáticos C<sub>8</sub> (típicamente aproximadamente un 50% de meta-xileno (MX), aproximadamente un 20% de PX, aproximadamente un 15% de OX y aproximadamente un 15% de EB), se retira de la primera unidad de separación 301 por la conducción 304 y se envía a recuperación de PX.

La recuperación de PX en el proceso mostrado en la Figura 4 se efectúa tanto por una unidad de cristalización fraccionada 308 como por una unidad de adsorción selectiva 309. Por tanto, parte de los hidrocarburos aromáticos C<sub>8</sub> retirados de la primera unidad de separación 301 por la conducción 304 se alimenta por la conducción 306 a la unidad de cristalización fraccionada 308, en que se recupera una primera corriente de producto rico en PX por la conducción 310 y se extrae una corriente de refinado empobrecida en PX por la conducción 311. Se combina el resto de los hidrocarburos aromáticos C<sub>8</sub> retirados de la primera unidad de separación 301 por la conducción 304 con la corriente de refinado empobrecida en PX de la unidad de cristalización fraccionada 308 y se alimenta por la conducción 312 a la unidad de adsorción selectiva 309, en que se recupera una segunda corriente de producto rica en PX por la conducción 313 y se extrae una corriente empobrecida en PX adicional por la conducción 314. Se alimenta la corriente empobrecida en PX adicional por la conducción 314 a una unidad de isomerización de xileno 315, en que se convierte la corriente adicional en una corriente isomerizada que tiene una concentración de PX mayor que la corriente adicional. Se retira la corriente isomerizada de la unidad de isomerización de xileno 315 por la conducción 316 y se alimenta a la conducción 302 para reciclado al divisor 301.

Con respecto a la Figura 5, se muestra una modificación de la tecnología conocida de la Figura 4 en que se usa el presente proceso para aumentar la productividad de PX del bucle de separación e isomerización de para-xileno. Por lo tanto, los números de referencia parecidos se usan para ilustrar componentes parecidos en las Figuras 4 y 5. En particular, el proceso del ejemplo 5 emplea una segunda unidad de isomerización de xileno 317 que se usa para tratar la corriente de refinado empobrecida en PX extraída de la unidad de cristalización fraccionada 308 por la conducción 311. Por tanto, es un problema con el proceso conocido mostrado en la Figura 4 la baja concentración de PX en la corriente de refinado de cristalizador, que reduce la productividad de la unidad de adsorción selectiva

309 puesto que, en cada paso, la unidad 309 puede recuperar solo el PX que se esté alimentando por la conducción 312. El fin del tratamiento en la segunda unidad de isomerización de xileno 316 es llevar la concentración de PX de la corriente de refinado empobrecida en PX desde 10-12% hasta el nivel de equilibrio de 20-24%.

5 En el proceso mostrado en la Figura 5, se extrae por la conducción 318 la corriente efluente de la segunda unidad de isomerización de xileno 317, que tiene una concentración de PX mayor que la corriente de refinado empobrecida en PX, y se alimenta a la primera unidad de separación 301. De este modo, puede aumentarse el contenido de PX global de la alimentación a la unidad de adsorción selectiva 309. Sin embargo, ha de apreciarse que parte de o toda la corriente efluente de la segunda unidad de isomerización de xileno 317 podría suministrarse directamente a la unidad de adsorción selectiva 309, en caso necesario después de fraccionamiento para retirar las impurezas de hidrocarburos C<sub>9+</sub> y/o las impurezas de hidrocarburos C<sub>7-</sub> generadas en la segunda unidad de isomerización de xileno 317.

15 En una realización práctica del proceso mostrado en la Figura 5, la segunda unidad de isomerización de xileno 316 emplea la tecnología de isomerización en fase líquida, puesto que ésta tiene las ventajas de (1) simplicidad y coste, puesto que, al contrario que las tecnologías de isomerización a alta temperatura en fase gaseosa más comunes, la isomerización en fase líquida no requiere reciclado de hidrógeno; y (2) baja pérdida de xileno (< 1,0%) debido a los bajos niveles de reacciones secundarias indeseables en las condiciones de reacción más moderadas.

20 Debido a que el producto de isomerización líquido contiene en su mayor parte xilenos en equilibrio y bajos niveles de compuestos C<sub>9+</sub>, es posible enviar la corriente efluente desde la segunda unidad de isomerización de xileno 317 directamente a la primera unidad de separación 301 en la posición de bandeja apropiada para efectuar la separación de los compuestos C<sub>8</sub> y C<sub>9+</sub>.

### Ejemplos

Se efectuaron los siguientes ejemplos de simulación basándose en las siguientes suposiciones:

- (a) la(s) unidad(es) de isomerización isomeriza(n) PX, MX y OX a su equilibrio termodinámico;
- (b) la concentración de PX en equilibrio en xilenos (excluyendo EB) es de un 25%;
- 25 (c) la(s) unidad(es) de isomerización convierte(n) todo el EB en benceno, tolueno, xilenos y otros hidrocarburos;
- (d) la unidad de recuperación de PX recupera un 100% del PX de su alimentación; y
- (e) la primera unidad de separación es una columna de destilación que recupera todos los xilenos de la alimentación combinada.

30 Se entiende por un especialista en la materia que la(s) unidad(es) de isomerización puede(n) isomerizar PX, MX y OX a menos de un 100% de la concentración en equilibrio termodinámico en plantas de fabricación reales. Se entiende también por un especialista en la materia que la concentración de PX en equilibrio en xilenos (excluyendo EB) es habitualmente menor de un 25%. Se entiende de nuevo por un especialista en la materia que la(s) unidad(es) de isomerización puede(n) convertir menos de un 100% de EB en otros hidrocarburos. Se entiende adicionalmente por un especialista en la materia que la unidad de recuperación de PX puede recuperar menos de un 100% del PX de su alimentación en plantas de fabricación reales. Son embargo, con fines de simplificar, se suponen en los siguientes ejemplos 100% de equilibrio de xileno, 100% de conversión de EB, 100% de recuperación de EB y 25% de concentración de equilibrio de PX.

#### Ejemplo comparativo 1

40 Como se muestra en el diagrama esquemático simplificado de un proceso convencional para la producción de PX de la Figura 1, se combina una unidad de xilenos en una materia prima aromática C<sub>8+</sub> (por la conducción 1) con una corriente de reciclado (por la conducción 35) que tiene 3 unidades de xilenos, y se dirige a la unidad de separación 5 (columna de destilación). La mayoría de los hidrocarburos C<sub>9+</sub> se separan de la alimentación combinada por la columna de destilación 5 y se extraen por la conducción 40 en forma de corriente de fondo para procesamiento adicional. La corriente de cabeza de la columna de destilación 5 contiene la mayoría de hidrocarburos aromáticos C<sub>8</sub> (xilenos y EB) de la alimentación y tiene cuatro unidades de xilenos totales, de las cuales un 25% (1 unidad) es PX. Se extrae la corriente de cabeza por la conducción 10 y se suministra a la unidad de recuperación de PX 15 por la conducción 10. La unidad de recuperación de PX usada en este ejemplo es una unidad PAREX™. Se retira una unidad de PX de la corriente de cabeza por la conducción 20 en forma de una corriente rica en PX que tiene una concentración de PX de aproximadamente 99,6 a 99,9% en peso de PX basada en el peso total de la corriente rica en PX. Se extrae una corriente empobrecida en PX de la unidad de recuperación 15 por la conducción 25 y se alimenta a la unidad de isomerización 30. En este ejemplo, la unidad de isomerización isomeriza MX y OX a PX y convierte EB principalmente en benceno y otros hidrocarburos. Se extrae la corriente isomerizada, que tiene

aproximadamente 3 unidades de xilenos y una concentración de PX (entre los xilenos totales) de aproximadamente un 25% en peso, de la unidad de isomerización 30 y se recicla de vuelta a la unidad de separación 5 por la conducción 35.

#### Ejemplo 1

5 Como se muestra en el diagrama esquemático simplificado de una realización de esta divulgación (Fig. 2), se combina una unidad de xilenos de una materia prima aromática C<sub>8</sub>+ con una corriente de reciclado que tiene 2 unidades de xilenos, y se dirige por la conducción 1 a la primera unidad de separación 105 (columna de destilación). La mayoría de los hidrocarburos C<sub>9</sub>+ se separan de la alimentación combinada por la columna de destilación 105 y se extraen por la conducción 140 en forma de corriente de fondo para procesamiento adicional. La corriente de cabeza de la columna de destilación 105 contiene la mayoría de hidrocarburos aromáticos C<sub>8</sub> (xilenos y EB) de la alimentación y tiene 3 unidades de xilenos totales, de las cuales aproximadamente un 33,3% son PX. Se extrae la corriente de cabeza por la conducción 10 y se suministra a la unidad de recuperación de PX 115, que en este ejemplo es una unidad PAREX™. Se retira una unidad de PX de la corriente de cabeza por la conducción 120 en forma de una corriente rica en PX que tiene una concentración de PX de aproximadamente 99,6 a 99,9% en peso basada en el peso total de la corriente rica en PX. Se extrae una corriente empobrecida en PX de la unidad 115 por la conducción 125 y se alimenta a la primera unidad de isomerización 130. En este ejemplo, la primera unidad de isomerización isomeriza MX y OX a PX y convierte EB principalmente en benceno y otros hidrocarburos. Se extrae de la unidad de isomerización 130 la corriente isomerizada de la primera unidad de isomerización 130 que tiene aproximadamente 2 unidades de xilenos y una concentración de PX (entre los xilenos totales) de aproximadamente un 25% en peso.

Se suministra la corriente isomerizada desde la primera unidad de isomerización 130 por la conducción 136 a la segunda unidad de separación 137, y se separa en una corriente que tiene una concentración de PX mayor que la corriente isomerizada de la primera unidad de isomerización 130 y una corriente que tiene una concentración de PX menor que la corriente isomerizada de la primera unidad de isomerización 130. Se extrae la corriente que tiene una concentración de PX menor que la corriente isomerizada de la primera unidad de isomerización 130 de la segunda unidad de separación 137 por la conducción 138 y se suministra a la segunda unidad de isomerización 139. Se extrae la corriente de producto de la segunda unidad de isomerización 139 por la conducción 142 y se combina con la corriente que tiene una concentración de PX mayor que la corriente isomerizada de la primera unidad de isomerización 130, formando un producto combinado extraído por la conducción 135. Se hacen funcionar la segunda unidad de isomerización 139 y la segunda unidad de separación 137 de modo que el producto combinado (en la conducción 135) tenga una concentración de PX de aproximadamente un 37% entre los xilenos totales. Se recicla el producto combinado de vuelta a la unidad de separación 105 por la conducción 135.

Se observará que la relación de corriente de reciclado (producto combinado por la conducción 135) a corriente de alimentación (por la conducción 101) del ejemplo 1 es 2:1, lejos de la relación de reciclado 3:1 del ejemplo comparativo 1, lo que elimina los cuellos de botella del bucle de xileno existente.

#### Ejemplo 2

Como se muestra en el diagrama esquemático simplificado de una realización de esta divulgación (Fig. 3), se combina una unidad de xilenos de una materia prima aromática C<sub>8</sub>+ alimentada por la conducción 201 con una corriente de reciclado que tiene 2 unidades de xilenos alimentada por la conducción 235, y se dirige a la primera unidad de separación 205 (columna de destilación). La mayoría de los hidrocarburos C<sub>9</sub>+ de la alimentación se separan en la columna de destilación 205 y se extraen por la conducción 240 en forma de corriente de fondo para procesamiento adicional. La corriente de cabeza de la columna de destilación contiene la mayoría de hidrocarburos aromáticos C<sub>8</sub> (xilenos y EB) de la alimentación y tiene 3 unidades de xilenos totales. Se extrae la corriente de cabeza de la columna de destilación por la conducción 206 y se suministra a la segunda unidad de separación 207, en que se separa la corriente de cabeza en una corriente que tiene una concentración de PX mayor que la corriente de cabeza de la línea 211 y una corriente que tiene una concentración de PX menor que la corriente de cabeza de la conducción 208. Se suministra la corriente de menor concentración de PX de la conducción 208 a la primera unidad de isomerización 209 y se isomeriza, produciendo una corriente efluente que se combina con la corriente de mayor concentración de PX de la conducción 211. Se hacen funcionar la primera unidad de isomerización 209 y la segunda unidad de separación 207 de modo que el producto combinado (en la conducción 210) tenga una concentración de PX de aproximadamente un 33,3% basado en los xilenos totales.

Se suministra el producto combinado de la conducción 210 a la unidad de recuperación de PX 215, que en este ejemplo es una unidad PAREX™. Se retira una unidad de PX de la corriente de cabeza por la conducción 220 en forma de una corriente rica en PX que tiene una concentración de PX de aproximadamente 99,6 a 99,9% en peso basada en el peso total de la corriente rica en PX. Se extrae una corriente empobrecida en PX de la unidad de recuperación de PX 215 por una conducción 225 y se introduce en la segunda unidad de isomerización 230. En este ejemplo, la segunda unidad de isomerización isomeriza MX y OX a PX y convierte EB principalmente en benceno y otros hidrocarburos. La corriente isomerizada de la segunda unidad de isomerización 230 tiene aproximadamente 2

unidades de xilenos y una concentración de PX (entre los xilenos totales) de aproximadamente un 25% en peso, y se recicla de vuelta a la unidad de separación 205 por la conducción 135.

Se observará de nuevo que la relación de corriente de reciclado (por la conducción 235) a corriente de alimentación (por la conducción 201) del ejemplo 1 es 2:1, lejos de la relación de reciclado 3:1 del ejemplo comparativo 1, lo que elimina los cuellos de botella del bucle de xileno existente.

Las disposiciones de los ejemplos 1 y 2 reducen la relación de reciclado/alimentación a 2. Suponiendo una capacidad original de 4 unidades de xilenos en el bucle de xileno y suponiendo que esta capacidad se utiliza completamente, 1,33 unidades de alimentación y 2,66 unidades de reciclado satisfacen la relación de reciclado a alimentación de 2 y ocupan completamente la capacidad original de 4 unidades de alimentación a la unidad de recuperación de PX. Se recupera un total de 1,33 unidades de PX de la unidad de recuperación de PX en comparación con una (1) unidad de alimentación en la planta de PX convencional, como se muestra en el ejemplo comparativo, demostrando así un aumento de un 33% de la capacidad de producción de PX (1,33 de 1,0).

### Ejemplo comparativo 2

En la simulación del proceso conocido mostrado en la Figura 4, se supone que se combinan 1,2 unidades de xilenos de la materia prima aromática C<sub>8</sub>+ alimentada por la conducción 302 con una corriente de reciclado alimentada que tiene 4,3 unidades de xilenos alimentada por la conducción 316, dando una alimentación de xilenos totales a la primera unidad de separación 301 de 5,5 unidades, de las cuales 2,4 unidades de la corriente de cabeza se envían a la unidad de adsorción selectiva 309 y 3,1 unidades se envían a la unidad de cristalización fraccionada 308 por la conducción 306. La unidad de cristalización fraccionada 308 separa 0,4 unidades de PX de alta pureza (> 99,5%) del líquido condensado de la conducción 306, dejando 2,7 unidades de refinado empobrecido en PX que contiene 10-12% de PX y la mayor parte de los demás isómeros de xileno.

Se combinan las 2,7 unidades del refinado empobrecido en PX de la unidad de cristalización fraccionada 308 con las 2,4 unidades restantes del líquido condensado del condensador 305, dando una alimentación total de 5,1 unidades a la unidad de adsorción selectiva 309. Debido a que el refinado empobrecido en PX tiene solo un 10-12% de PX, la mezcla que se envía a la unidad de adsorción selectiva 309 tiene típicamente una concentración de PX de aproximadamente un 15-18%. La unidad de adsorción selectiva 309 de este ejemplo es una unidad PAREX y produce 0,8 unidades de PX de alta pureza (>99,5%) y 4,3 unidades de corriente de refinado empobrecida en PX adicional. Se suministra la corriente de refinado empobrecida en PX adicional a la unidad de isomerización de xileno 315, lo que genera 4,3 unidades de xilenos a un 24-25% de concentración de PX, que se recicla de vuelta al divisor 301.

### Ejemplo 3

En la simulación del proceso mostrado en la Figura 5, la alimentación de xilenos totales de la primera unidad de separación 301 permanece a 5,5 unidades, pero está compuesta por 1,4 unidades de xilenos de la materia prima aromática C<sub>8</sub>+ alimentada por la conducción 302 y 4,1 unidades de xilenos de la corriente de reciclado alimentada por la conducción 316. La corriente de cabeza de la primera unidad de separación 301 comprende de nuevo 5,5 unidades de xilenos. Como en el caso del ejemplo comparativo 2, se envían 3,1 unidades de la corriente de cabeza a la unidad de cristalización fraccionada 308, en que se recuperan 0,4 unidades de PX de alta pureza (> 99,5%), dejando 2,7 unidades de refinado empobrecido en PX. Sin embargo, en el ejemplo 3, se alimenta el refinado empobrecido en PX al reactor de isomerización en fase líquida 317, lo que aumenta la concentración de PX del refinado a aproximadamente un 23% en peso. Las 2,7 unidades resultantes del refinado isomerizado se reciclan a la primera unidad de separación 301. La corriente de cabeza de la conducción 304 tiene por lo tanto un total de 8,2 unidades (5,5 unidades + 2,7 unidades), de las cuales 5,1 unidades se suministran por la conducción 312 a la unidad PAREX 309, pero en este caso la concentración de PX de la alimentación a la unidad PAREX es de un 20-24% en peso (en comparación con un 15-18% en peso del ejemplo comparativo 2), lo que permite eficazmente un 25% de aumento de la productividad de PAREX desde 0,8 unidades a 1,0 unidad de PX. Como resultado, la corriente de refinado de PAREX de la conducción 314 se reduce de 4,3 unidades a 4,1 unidades ahorrando energía, ya que se reduce la cantidad de reciclado. La alimentación reciente ha aumentado de 1,2 unidades a 1,4 unidades para satisfacer la nueva capacidad. Sin embargo, la cantidad total de moléculas que entran en la primera unidad de separación 301 (5,5 unidades), el cristizador (3,1 unidades) y la unidad PAREX (5,1 unidades) permanecen todas inalteradas. Por tanto, la tecnología propuesta elimina los cuellos de botella de todo el bucle con una cantidad mínima de equipo nuevo.

## REIVINDICACIONES

1. Un proceso para la producción de un producto rico en PX, comprendiendo el proceso:

(a) separar una materia prima que contiene hidrocarburos  $C_8$  para producir una corriente rica en hidrocarburos  $C_8$ ;

5 (b) separar al menos una primera porción de la corriente rica en hidrocarburos  $C_8$  para producir una primera corriente rica en PX y una primera corriente empobrecida en PX;

(c) isomerizar al menos una porción de la primera corriente empobrecida en PX para producir una primera corriente isomerizada que tiene una concentración de PX mayor que la primera corriente empobrecida en PX;

10 (d) separar una segunda porción de la corriente rica en hidrocarburos  $C_8$  y/o al menos una porción de la primera corriente isomerizada para producir una segunda corriente rica en PX y una segunda corriente empobrecida en PX;

15 (e) isomerizar al menos una porción de la segunda corriente empobrecida en PX para producir una segunda corriente isomerizada que tiene una concentración de PX mayor que la segunda corriente empobrecida en PX;

(f) recuperar al menos una porción de al menos una de la primera y segunda corrientes ricas en PX en forma de producto rico en PX; y

(g) suministrar al menos una porción de al menos una de la primera corriente isomerizada, la segunda corriente isomerizada, la primera corriente rica en PX y la segunda corriente rica en PX a la separación (a).

20 2. Un proceso según la reivindicación 1, que es un proceso para la producción de una corriente rica en PX que comprende las etapas de:

(a) separar una materia prima que contiene hidrocarburos  $C_8$  para producir una corriente rica en hidrocarburos  $C_8$ ;

25 (b) separar al menos una porción de dicha corriente rica en hidrocarburos  $C_8$  para producir dicha corriente rica en PX y una primera corriente;

(c) isomerizar al menos una porción de dicha primera corriente para producir una segunda corriente que tiene una concentración de PX mayor que dicha primera corriente;

30 (d) separar al menos una porción de dicha segunda corriente para producir una tercera corriente y una cuarta corriente, teniendo dicha tercera corriente una concentración de PX mayor que dicha segunda corriente y teniendo dicha cuarta corriente una concentración de PX menor que dicha segunda corriente;

(e) isomerizar al menos una porción de dicha cuarta corriente en otra etapa de isomerización separada de dicha etapa de isomerización (c), produciendo una quinta corriente que tiene una concentración de PX mayor que dicha cuarta corriente; y

35 (f) proporcionar al menos una porción de dicha tercera corriente y/o al menos una porción de dicha quinta corriente a dicha etapa de separación (a).

3. El proceso de la reivindicación 2, que comprende adicionalmente reciclar al menos una porción de dicha quinta corriente y/o al menos una porción de dicha tercera corriente a la etapa (d).

4. El proceso de la reivindicación 2 o 3, que comprende adicionalmente reciclar al menos una porción de dicha cuarta corriente a la etapa (c).

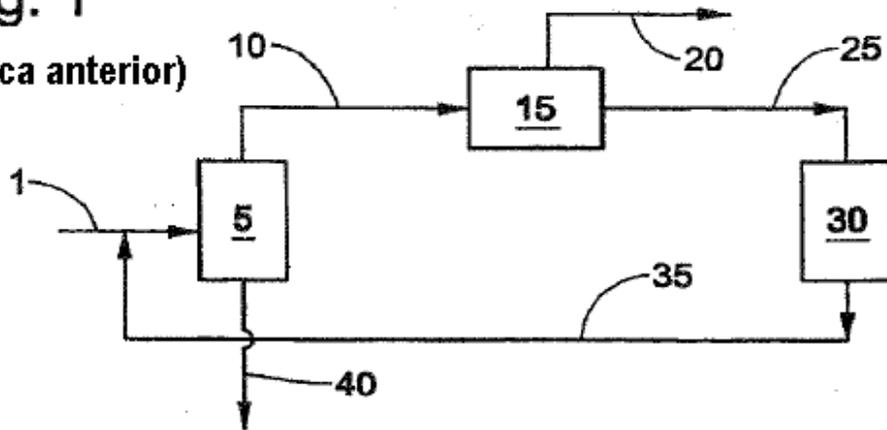
40 5. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, que comprende adicionalmente fraccionar dicha segunda corriente para producir una primera porción rica en hidrocarburos  $C_{7-}$  y una segunda porción rica en hidrocarburos  $C_{8+}$ , estando suministrada dicha segunda porción a dicha separación (d).

6. Un proceso según la reivindicación 1, que es un proceso para la producción de una corriente rica en PX que comprende las etapas de:

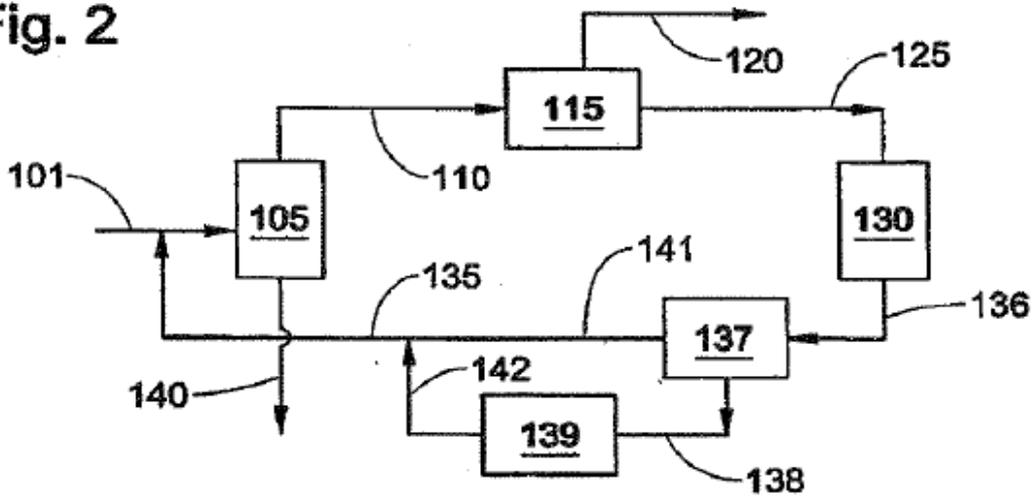
45 (a) separar una materia prima que contiene hidrocarburos  $C_8$  para producir una corriente rica en hidrocarburos  $C_8$ ;

- (b) separar al menos una porción de dicha corriente rica en hidrocarburos  $C_8$  para producir una primera corriente y una segunda corriente, teniendo dicha primera corriente una concentración de PX mayor que dicha corriente rica en hidrocarburos  $C_8$  y teniendo dicha segunda corriente una concentración de PX menor que dicha corriente rica en hidrocarburos  $C_8$ ;
- 5 (c) isomerizar al menos una porción de dicha segunda corriente para producir una tercera corriente que tiene una concentración de PX mayor que dicha segunda corriente;
- (d) separar al menos una porción de dicha primera corriente y/o al menos una porción de dicha tercera corriente para producir dicha corriente rica en PX y una cuarta corriente;
- 10 (e) isomerizar al menos una porción de dicha cuarta corriente para producir una quinta corriente que tiene una concentración de PX mayor que dicha cuarta corriente; y
- (f) proporcionar al menos una porción de dicha quinta corriente a dicha etapa de separación (a).
7. El proceso de la reivindicación 6, que comprende adicionalmente reciclar al menos una porción de dicha segunda corriente a la etapa (e).
- 15 8. El proceso de la reivindicación 6 o 7, que comprende adicionalmente reciclar al menos una porción de dicha primera corriente y/o al menos una porción de dicha tercera corriente a la etapa (b).
9. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, que comprende adicionalmente reciclar al menos una porción de dicha tercera corriente a la etapa (a).
10. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, que comprende adicionalmente fraccionar dicha quinta corriente para producir una primera porción rica en hidrocarburos  $C_{7-}$  y una segunda porción rica en hidrocarburos  $C_{8+}$ , estando suministrada dicha segunda porción a dicha separación (a).
- 20 11. Un proceso para la producción de un producto rico en PX, comprendiendo el proceso:
- (a) separar una materia prima que contiene hidrocarburos  $C_8$  para producir una corriente rica en hidrocarburos  $C_8$ ;
- 25 (b) separar una primera porción de la corriente rica en hidrocarburos  $C_8$  para producir una primera corriente rica en PX y una primera corriente;
- (c) isomerizar al menos una porción de la primera corriente para producir una segunda corriente que tiene una concentración de PX mayor que la primera corriente;
- (d) separar una segunda porción de la corriente rica en hidrocarburos  $C_8$  para producir una segunda corriente rica en PX y una tercera corriente;
- 30 (e) isomerizar al menos una porción de la tercera corriente para producir una cuarta corriente que tiene una concentración de PX mayor que la tercera corriente;
- (f) recuperar al menos una porción de al menos una de la primera y segunda corrientes ricas en PX como producto rico en PX; y
- 35 (g) proporcionar al menos una porción de la segunda corriente y/o al menos una porción de la cuarta corriente a la etapa de separación (a).
12. El proceso de cualquier reivindicación precedente, en el que la materia prima contiene al menos hidrocarburos  $C_{8+}$  y la separación (a) produce una corriente rica en hidrocarburos  $C_8$  y una corriente rica en hidrocarburos  $C_{9+}$ .
13. El proceso de cualquier reivindicación precedente, en el que la o cada corriente rica en PX comprende al menos un 50% en peso de PX, preferiblemente al menos un 90% en peso de PX.
- 40 14. El proceso de cualquier reivindicación precedente, en el que dicha separación (a) comprende la destilación de dicha materia prima.
15. El proceso de cualquier reivindicación precedente, en el que dicha separación (b) comprende al menos una de adsorción selectiva, cristalización selectiva, extracción selectiva y separación por membrana selectiva.

**Fig. 1**  
(técnica anterior)



**Fig. 2**



**Fig. 3**

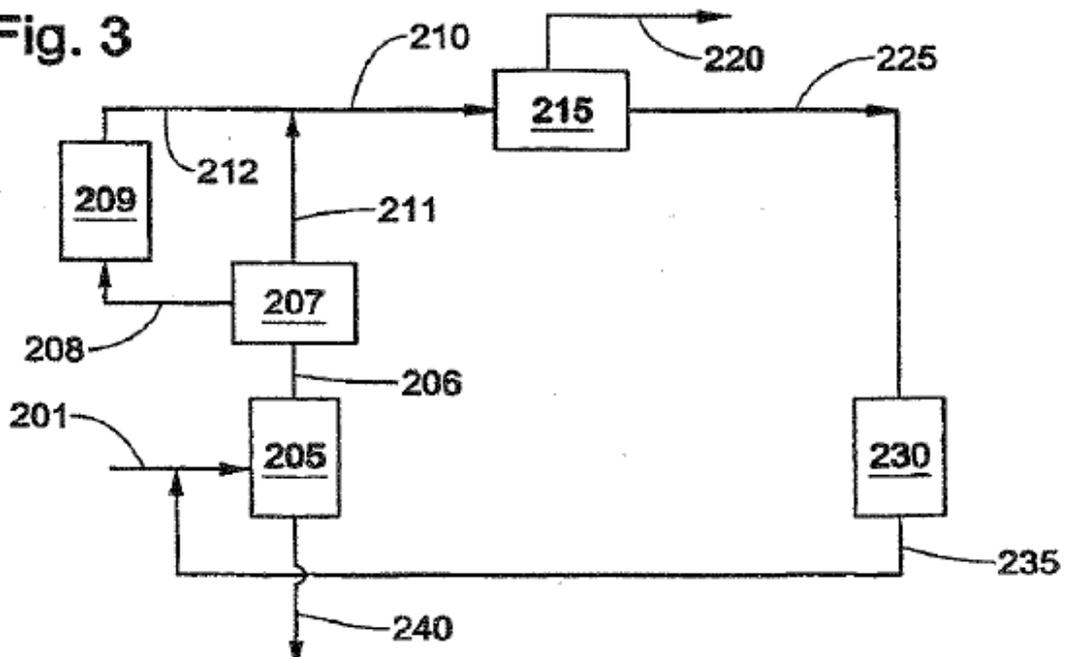


Fig. 4

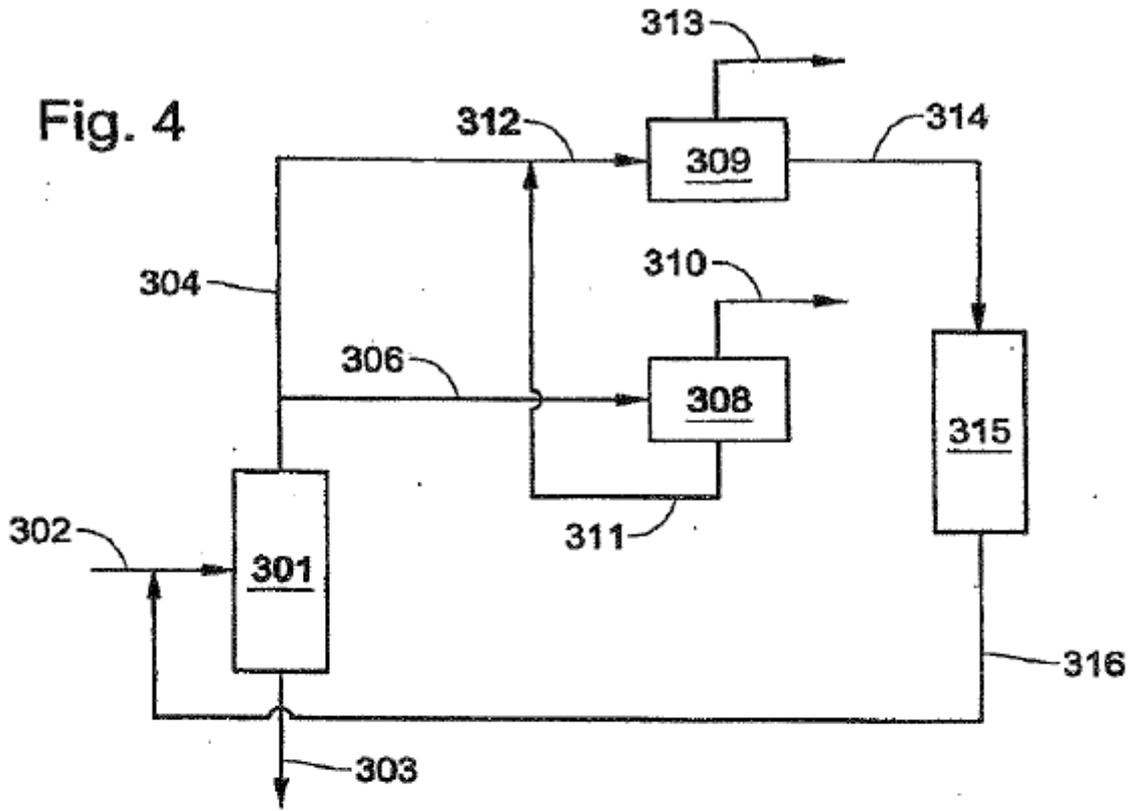


Fig. 5

