

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 994 474**

51 Int. Cl.:

**C08J 11/08** (2006.01)

**B29B 17/00** (2006.01)

**C08F 12/08** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.10.2019** **PCT/CA2019/051512**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.04.2020** **WO20082184**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.10.2019** **E 19877218 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2024** **EP 3870640**

54 Título: **Procesos para el reciclaje de desechos de poliestireno y/o desechos de copolímeros de poliestireno**

30 Prioridad:

**26.10.2018 US 201862751037 P**

**13.11.2018 US 201862760532 P**

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

**24.01.2025**

73 Titular/es:

**POLYSTYVERT INC. (100.00%)**

**9350 rue de L'Innovation  
Anjou, Québec H1J 2X9, CA**

72 Inventor/es:

**CÔTÉ, ROLAND**

74 Agente/Representante:

**IZQUIERDO BLANCO, María Alicia**

ES 2 994 474 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

Procesos para el reciclaje de desechos de poliestireno y/o desechos de copolímeros de poliestireno

## 5 CAMPO DE LA DIVULGACIÓN

La presente divulgación se refiere a un proceso para reciclar desechos termoplásticos postindustriales o postconsumo, como desechos de polietileno, desechos de polipropileno, desechos de cloruro de polivinilo, desechos de copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno, desechos de copolímero de acrilonitrilo-estireno y desechos de poliestireno. En un aspecto, la presente divulgación se refiere a un proceso para reciclar desechos de poliestireno, como desechos de poliestireno de uso general (GPPS), desechos de poliestireno expandido (EPS) o desechos de copolímeros de poliestireno, como desechos de poliestireno de alto impacto (HIPS). La presente divulgación también se refiere a polímero termoplástico reciclado y/o copolímero termoplástico reciclado obtenido a partir de dichos procesos, por ejemplo, la presente divulgación se refiere a polímero o copolímero de poliestireno reciclado obtenido a partir de un proceso de reciclaje de desechos de poliestireno.

## INTRODUCCIÓN

El poliestireno (PS) se usa ampliamente en la fabricación de objetos comerciales. La producción mundial de PS fue de aproximadamente 17,5 millones de toneladas en 2014. Esto incluye tanto el poliestireno de uso general (GPPS, algo más del 50% de todo el PS producido) como el poliestireno de alto impacto (HIPS). El HIPS se refiere a una clase de polímeros de estireno reforzados con elastómeros y típicamente es un copolímero de estireno y polibutadieno (PBU) en donde el PBU puede estar presente, por ejemplo, en una proporción del 2 al 10 % y se añade, por ejemplo, para mejorar la resistencia al impacto.

Los objetos de PS (sin PBU añadido), pueden dividirse en dos grandes familias. La primera es la de los objetos elaborados con GPPS, que representan alrededor del 70% del PS y tienen una densidad de material cercana a los 1,05 g/cc del poliestireno puro. La segunda es la de los objetos elaborados con poliestireno expandido (EPS) o poliestireno extruido (XPS), que tienen una densidad de material mucho más baja; es decir, cercana a 0,015 para el EPS y de 0,5 a 0,7 g/cc para el XPS. Ejemplos de objetos comerciales que incluyen GPPS son materiales para armarios o electrodomésticos. Ejemplos de objetos comerciales elaborados con EPS son los paneles aislantes y los materiales de embalaje.

La mayoría de los objetos poliméricos comerciales no están hechos únicamente de un polímero o copolímero. Por ejemplo, también pueden contener sustancias químicas añadidas para modificar propiedades como, pero no limitadas a, el color y/o la inflamabilidad para ayudar en el procesamiento, y/o incluso pueden introducir nuevas propiedades. Por ejemplo, los objetos de poliestireno a menudo contienen gas, retardantes de llama, colorantes y/o aceites.

Los termoplásticos usados, como el PS, pueden eliminarse enviándolos a vertederos. Sin embargo, esto puede provocar problemas de contaminación porque la mayoría de los termoplásticos, como el PS, no son biodegradables. También puede eliminarse mediante incineración. Sin embargo, la incineración se lleva a cabo a alta temperatura para evitar la producción de sustancias químicas tóxicas y, por lo tanto, consume mucha energía. Alternativamente, los termoplásticos usados, como el PS, pueden eliminarse usando un proceso de reciclaje.

Los métodos de reciclado del PS han implicado técnicas mecánicas, químicas y/o de disolución. El proceso de reciclaje mecánico implica, en primer lugar, un paso de trituración con el propósito de reducir el volumen y, a continuación, las escamas de PS se funden en una extrusora y se transforman en gránulos de PS bruto después de enfriarse. Sin embargo, este PS en bruto está contaminado y sólo puede usarse para la fabricación de objetos de baja calidad. El proceso de reciclaje químico implica una despolimerización térmica del PS con la producción de monómero de estireno. Sin embargo, durante la pirólisis del PS se forman otros compuestos aromáticos monocíclicos que dificultan la purificación del estireno y dan lugar a un PS con peores propiedades mecánicas.

Los desechos postindustriales son principalmente recortes u objetos de plástico deformados que se forman durante la puesta en marcha o el mal funcionamiento de la producción. Cuando los desechos postindustriales están compuestos de un solo polímero, el material no conformado se mezcla directamente con polímeros nuevos y se inyecta en el proceso de producción. Cuando los desechos postindustriales están compuestos por dos o más materiales diferentes, por ejemplo, un bote de plástico con una etiqueta, hay que aplicar un proceso de separación para reciclar el componente polimérico.

Los desechos postconsumo de PS son más difíciles de reciclar que los desechos postindustriales, ya que el nivel de contaminación es mayor. Típicamente, los desechos de PS postconsumo están contaminados con otros componentes como, entre otros, papel, metal, agua, residuos alimentarios, moho, suciedad y/u otros polímeros como, entre otros, HIPS, polietileno de baja densidad (LDPE), polipropileno (PP) y/o tereftalato de polietileno (PET).

El poliestireno no es biodegradable y, por lo tanto, desde el punto de vista del mantenimiento del medio ambiente, es necesario desarrollar un proceso de reciclaje eficaz. Para que el proceso de reciclaje sea rentable, es deseable, por ejemplo, que el PS reciclado sea de máxima pureza, incoloro, esté libre de cualquier sólido o polímero extraño y de cualquier contaminación o aditivo significativo.

Lo mismo ocurre con otros termoplásticos como los desechos de polietileno, los desechos de polipropileno, los desechos de cloruro de polivinilo, los desechos de copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno y los desechos de copolímero de acrilonitrilo estireno. Hay una necesidad de un proceso de reciclaje que permita obtener material reciclado con alta pureza. Por el documento US4071479A se conoce un método de reciclaje basado en solventes.

## SUMARIO

En un aspecto, la presente divulgación incluye un proceso para reciclar desechos termoplásticos que incluye la purificación de dichos desechos termoplásticos. En otro aspecto, la presente divulgación incluye un proceso para reciclar desechos termoplásticos postindustriales o postconsumo, como desechos de polietileno, desechos de polipropileno, desechos de cloruro de polivinilo, desechos de copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno, desechos de copolímero de acrilonitrilo estireno y desechos de poliestireno. En otro aspecto, la presente divulgación incluye un material termoplástico reciclado, por ejemplo un material de polietileno reciclado, un material de polipropileno reciclado, un material de cloruro de polivinilo reciclado, un material de copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno reciclado, un material de copolímero de acrilonitrilo estireno reciclado o un material de poliestireno reciclado con la pureza deseable.

Por lo tanto, de acuerdo con la invención, se proporciona un proceso para reciclar desechos que son desechos de polímeros termoplásticos y/o desechos de copolímeros termoplásticos, el proceso comprendiendo:

- disolver los desechos de polímero termoplástico y/o los desechos de copolímero termoplástico en un disolvente adecuado para obtener una mezcla de líquido y sólidos;
- calentar la mezcla en condiciones ácidas en presencia de un agente reductor, añadir una base, calentar la mezcla en condiciones neutras y, a continuación, enfriar la mezcla para obtener un sobrenadante que comprenda polímero termoplástico en solución y/o copolímero termoplástico en solución y un residuo de desechos sólido;
- separar el sobrenadante que comprende el polímero termoplástico disuelto y/o el copolímero termoplástico disuelto del residuo de desechos sólido;
- opcionalmente, tratar el sobrenadante con un coadyuvante de filtración para eliminar los geles insolubles;
- poner en contacto el sobrenadante que comprende el polímero termoplástico disuelto y/o el copolímero termoplástico disuelto con una primera parte de no disolvente para obtener el polímero termoplástico precipitado y/o el copolímero termoplástico precipitado y una primera parte de solución de desechos;
- separar el polímero termoplástico precipitado y/o el copolímero termoplástico precipitado de la primera parte de solución de desechos;
- lavar el polímero termoplástico precipitado y/o el copolímero termoplástico precipitado con una segunda parte de no disolvente para obtener un polímero termoplástico lavado y/o un copolímero termoplástico lavado y una segunda parte de solución de desechos;
- separar el polímero termoplástico lavado y/o el copolímero termoplástico lavado de la segunda parte de solución de desechos;
- opcionalmente, lavar el polímero termoplástico lavado y/o el copolímero termoplástico lavado con una tercera parte de no disolvente para obtener un polímero termoplástico lavado dos veces y/o un copolímero termoplástico lavado dos veces y una tercera parte de solución de desechos;
- opcionalmente, separar el polímero termoplástico lavado dos veces y/o el copolímero termoplástico lavado dos veces de la tercera parte de solución de desechos; y
- opcionalmente, secar el polímero termoplástico lavado o lavado dos veces y/o el copolímero termoplástico lavado o lavado dos veces para obtener el polímero termoplástico seco y/o el copolímero termoplástico seco.

En otro aspecto, la presente divulgación proporciona un proceso con una paso de precipitación que puede ser un paso de floculación. El paso de precipitación o floculación permite la eliminación de las impurezas o partículas insolubles dispersas en el polímero termoplástico y/o copolímero termoplástico que tienen un tamaño de menos de 1

micrómetro. A partir de la eliminación de las impurezas que tienen un tamaño de menos de 1 micrómetro, se puede mejorar la pureza del polímero termoplástico reciclado y/o copolímero termoplástico reciclado obtenido a partir del proceso de acuerdo con la presente divulgación.

Por ejemplo, el proceso de la presente divulgación puede eliminar los mohos procedentes de la descomposición de residuos alimentarios y que tienen habitualmente un tamaño de menos de un micrómetro. Para los desechos de copolímero de poliestireno, por ejemplo, la presencia de mohos es una de las razones por las que los materiales reciclados pueden tener un color gris y todavía están contaminados. En una realización, el proceso de la presente divulgación puede producir un copolímero de poliestireno reciclado blanco en el que se han eliminado los mohos, reduciendo de este modo el grado de contaminación.

La mayor pureza del polímero termoplástico reciclado y/o del copolímero termoplástico reciclado permite la incorporación de más material reciclado en las mezclas que comprenden el material reciclado y el material virgen.

Las una o más realizaciones siguientes pueden usarse para describir la presente divulgación con más detalle, las realizaciones pueden tomarse solas o en cualquier combinación:

En algunas realizaciones, el proceso de la presente divulgación es un proceso para reciclar desechos de polímeros termoplásticos postindustriales o postconsumo que son desechos de polímeros termoplásticos y/o desechos de copolímeros termoplásticos obtenidos a partir de desechos de polímeros industriales o domésticos.

En algunas realizaciones, el termoplástico se selecciona entre polietileno (PE), polipropileno (PP), cloruro de polivinilo (PVC), copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), copolímero de acrilonitrilo estireno (SAN), poliestireno (PS) y mezclas de polietileno (PE) y polipropileno (PP).

En algunas realizaciones, el paso de lavado del polímero termoplástico precipitado y/o del copolímero termoplástico precipitado con una segunda parte de no disolvente para obtener polímero termoplástico lavado y/o copolímero termoplástico lavado y una segunda parte de solución de desechos, se selecciona entre lavado por lotes y lavado continuo; en algunas realizaciones dicho paso es un lavado continuo.

De acuerdo con la invención, antes de enfriar la mezcla para obtener un sobrenadante que comprende polímero termoplástico en solución y/o copolímero termoplástico en solución y el residuo de desechos sólido, el proceso comprende además añadir una base y calentar la mezcla en condiciones neutras. En algunas realizaciones, la base es hidróxido de calcio.

En algunas realizaciones, la mezcla comprende material insoluble que tiene un tamaño de partícula de 10 micrómetros o más y dicho proceso comprende además filtrar dicha mezcla para eliminar dicho material insoluble antes de calentar dicha mezcla en condiciones ácidas; por ejemplo, un tamaño de partícula de 5 micrómetros o más; en algunas realizaciones, un tamaño de partícula de 1 micrómetro o más.

En algunas realizaciones, la mezcla comprende material insoluble que tiene un tamaño de partícula de 1 micrómetro o más y dicho proceso comprende además filtrar dicha mezcla para eliminar dicho material insoluble antes de calentar dicha mezcla en condiciones ácidas.

En algunas realizaciones, la mezcla comprende dicho polímero termoplástico y/o copolímero termoplástico en una cantidad del 20% en peso al 40% en peso, sobre la base del peso total de dicha mezcla; por ejemplo, del 20% en peso al 30% en peso.

En algunas realizaciones, las condiciones ácidas:

- comprenden un pH comprendido entre aproximadamente 2 y aproximadamente 5; y/o
- se obtienen añadiendo a la mezcla un ácido mineral, un ácido orgánico o combinaciones de los mismos; por ejemplo, añadiendo uno o más ácidos seleccionados entre HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ácido acético, ácido fórmico y ácido oxálico; por ejemplo, añadiendo ácido fórmico.

En algunas realizaciones, la mezcla se calienta a una temperatura de 60°C a 160°C; por ejemplo, de 60 a 100°C o de 110 a 160°C.

En otra realización, la mezcla se calienta durante un tiempo de 1 a 4 horas.

En algunas realizaciones, el agente reductor es metal de zinc, metal de aluminio, metal de calcio o metal de magnesio; en algunas realizaciones, el agente reductor es metal de zinc.

En algunas realizaciones, el enfriamiento comprende permitir que dicha mezcla vuelva a temperatura

ambiente y se asiente durante un tiempo para obtener dicho sobrenadante y dicho residuo de desechos sólido; en algunas realizaciones, dicho tiempo es de aproximadamente 2 horas a aproximadamente 24 horas.

5 En algunas realizaciones, el sobrenadante se separa del residuo de desechos sólido mediante centrifugación, decantación o filtración. Por ejemplo, el sobrenadante se separa del residuo de desechos sólido por centrifugación.

En algunas realizaciones, el sobrenadante se separa del residuo de desechos sólido por filtración, y la filtración comprende:

- 10 - tratar un papel de filtro con una solución que comprenda ácido poliacrílico, metanol y agua para obtener un papel de filtro modificado; y
- filtrar dicho sobrenadante a través de dicho papel de filtro modificado;
- 15 - por ejemplo, dicho sobrenadante se trata con un coadyuvante de filtración; por ejemplo, dicho coadyuvante de filtración es un óxido, hidróxido, carbonato o sulfato de calcio, magnesio o aluminio.

20 En otra realización, el sobrenadante se añade a dicha primera parte de no disolvente en el punto de ebullición de dicho no disolvente y se agita durante un tiempo para la difusión de dicho disolvente adecuado desde el sobrenadante al no disolvente para proceder en una medida suficiente; en algunas realizaciones, el tiempo es de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 10 minutos y/o la proporción en volumen de la primera parte de no disolvente al sobrenadante es de aproximadamente 2:1 a aproximadamente 4:1.

25 En otra realización, la segunda parte de no disolvente se añade a dicho polímero termoplástico precipitado y/o dicho copolímero termoplástico precipitado en el punto de ebullición de dicho no disolvente y se agita durante un tiempo para que la difusión de dicho disolvente adecuado, desde el polímero termoplástico precipitado y/o el copolímero termoplástico precipitado hacia el no disolvente proceda en una medida suficiente. Por ejemplo:

- 30 - el tiempo es de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 15 minutos, y/o
- la proporción en volumen entre dicha segunda parte de no disolvente y dicho polímero termoplástico precipitado y/o copolímero termoplástico precipitado es de 1:2 a 2:1.

35 En otra realización, en donde dicho polímero termoplástico lavado y/o copolímero termoplástico lavado se lava con una tercera parte de no disolvente y dicha tercera parte de no disolvente se añade a dicho polímero termoplástico lavado y/o copolímero termoplástico lavado en el punto de ebullición de dicho no disolvente y se agita durante un tiempo para la difusión de dicho disolvente adecuado, desde el polímero termoplástico lavado y/o copolímero termoplástico lavado al no disolvente para proceder en una medida suficiente. Por ejemplo:

- 40 - el tiempo es de 1 minuto a 10 minutos; y/o
- la proporción en volumen de dicha tercera parte de no disolvente con respecto a dicho polímero termoplástico lavado y/o copolímero termoplástico lavado es de 1:2 a 2:1.

45 De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, el termoplástico es poliestireno (PS), y sería deseable que se proporcionase un poliestireno reciclado y/o copolímero de poliestireno reciclado o procesos para la preparación de poliestireno reciclado y/o copolímero de poliestireno reciclado que resolvieran por lo menos parcialmente uno de los problemas mencionados o que fuesen una alternativa a los poliestirenos reciclados y/o copolímeros de poliestireno reciclados conocidos o procesos para la preparación de los mismos.

50 Por tanto, en una realización el termoplástico es poliestireno y el disolvente adecuado en el paso de disolver los desechos de polímero termoplástico y/o los desechos de copolímero termoplástico para obtener una mezcla de líquido y sólidos se selecciona entre cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno y cualquier combinación de los mismos; por ejemplo entre cimeno, xileno, etilbenceno y cualquier combinación de los mismos. En algunas realizaciones, en las que el termoplástico es poliestireno, el no disolvente es un no disolvente de hidrocarburo poliestireno.

55 En otro aspecto, la presente divulgación incluye un proceso para reciclar desechos que son desechos de poliestireno y/o desechos de copolímero de poliestireno, en donde el proceso comprende:

- 60 - disolver los desechos de poliestireno y/o los desechos de copolímero de poliestireno en cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos para obtener una mezcla de líquido y sólidos;
- 65 - calentar la mezcla en condiciones ácidas en presencia de un agente reductor, añadir una base, calentar la

mezcla en condiciones neutras, luego enfriar la mezcla para obtener un sobrenadante que comprenda poliestireno en solución y/o copolímero de poliestireno en solución y un residuo de desechos sólido;

- separar el sobrenadante que comprende poliestireno disuelto y/o copolímero de poliestireno disuelto del residuo de desechos sólido;
- opcionalmente, tratar el sobrenadante con un coadyuvante de filtración para eliminar los geles insolubles;
- poner en contacto el sobrenadante que comprende poliestireno disuelto y/o copolímero de poliestireno disuelto con una primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos para obtener poliestireno precipitado y/o copolímero de poliestireno precipitado y una primera parte de solución de desechos de hidrocarburo;
- separar el poliestireno precipitado y/o el copolímero de poliestireno precipitado de la primera parte de solución de desechos de hidrocarburos;
- lavar el poliestireno precipitado y/o el copolímero de poliestireno precipitado con una segunda parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos para obtener poliestireno lavado y/o copolímero de poliestireno lavado y una segunda parte de solución de desechos de hidrocarburos;
- separar el poliestireno lavado y/o el copolímero de poliestireno lavado de la segunda parte de solución de desechos de hidrocarburos;
- opcionalmente, lavar el poliestireno lavado y/o el copolímero de poliestireno lavado con una tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos para obtener poliestireno lavado dos veces y/o copolímero de poliestireno lavado dos veces y una tercera parte de solución de desechos de hidrocarburos;
- opcionalmente, separar el poliestireno lavado dos veces y/o el copolímero de poliestireno lavado dos veces de la tercera parte de solución de desechos de hidrocarburos; y
- opcionalmente, secar el poliestireno lavado o lavado dos veces y/o el copolímero de poliestireno lavado o lavado dos veces para obtener poliestireno seco y/o copolímero de poliestireno seco.

De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, se proporciona un proceso para reciclar desechos que son desechos de poliestireno y/o desechos de copolímero de poliestireno, el proceso comprendiendo:

- disolver los desechos de poliestireno y/o los desechos de copolímero de poliestireno en un disolvente adecuado para obtener una mezcla;
- calentar la mezcla en condiciones ácidas en presencia de un agente reductor, añadir una base, calentar la mezcla en condiciones neutras y, a continuación, enfriar la mezcla para obtener un sobrenadante que comprenda poliestireno y/o copolímero de poliestireno y un residuo de desechos sólido;
- separar el sobrenadante que contiene poliestireno y/o copolímero de poliestireno del residuo de desechos sólido;
- opcionalmente, tratar el sobrenadante con un coadyuvante de filtración para eliminar los geles insolubles;
- poner en contacto el sobrenadante que comprende poliestireno y/o copolímero de poliestireno con una primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos para obtener poliestireno precipitado y/o copolímero de poliestireno precipitado y una primera parte de solución de desechos de hidrocarburos;
- separar el poliestireno precipitado y/o el copolímero de poliestireno precipitado de la primera parte de solución de desechos de hidrocarburos;
- lavar el poliestireno precipitado y/o el copolímero de poliestireno precipitado con una segunda parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos para obtener poliestireno lavado y/o copolímero de poliestireno lavado y una segunda parte de solución de desechos de hidrocarburos;
- separar el poliestireno lavado y/o el copolímero de poliestireno lavado de la segunda parte de solución de desechos de hidrocarburos;
- opcionalmente lavar el poliestireno lavado y/o el copolímero de poliestireno lavado con una tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos para obtener poliestireno lavado dos veces y/o copolímero de poliestireno lavado dos veces y una tercera parte de solución de desechos de hidrocarburos;

- opcionalmente, separar el poliestireno lavado dos veces y/o el copolímero de poliestireno lavado dos veces de la tercera parte de solución de desechos de hidrocarburos; y

- 5 - opcionalmente, secar el poliestireno lavado o lavado dos veces y/o el copolímero de poliestireno lavado o lavado dos veces para obtener poliestireno seco y/o copolímero de poliestireno seco.

En otro aspecto, la presente divulgación incluye un proceso para reciclar desechos que son desechos de poliestireno y/o desechos de copolímero de poliestireno, el proceso comprendiendo:

- 10 - disolver dichos desechos de poliestireno y/o desechos de copolímero de poliestireno en cimenso, xileno o etilbenceno para obtener una mezcla;

- 15 - calentar dicha mezcla en condiciones ácidas en presencia de un agente reductor, añadir una base y calentar dicha mezcla en condiciones neutras, enfriando a continuación dicha mezcla para obtener un sobrenadante que comprenda poliestireno y/o copolímero de poliestireno y un residuo de desechos sólido;

- separar dicho sobrenadante que comprende poliestireno y/o copolímero de poliestireno de dicho residuo de desechos sólido;

- 20 - opcionalmente, tratar dicho sobrenadante con un coadyuvante de filtración para eliminar los geles insolubles;

- poner en contacto dicho sobrenadante que comprende poliestireno y/o copolímero de poliestireno con una primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos para obtener poliestireno precipitado y/o copolímero de poliestireno precipitado y una primera parte de solución de desechos de hidrocarburos;

- 25 - separar dicho poliestireno precipitado y/o copolímero de poliestireno precipitado de dicha primera parte de solución de desechos de hidrocarburos;

- 30 - lavar dicho poliestireno precipitado y/o copolímero de poliestireno precipitado con una segunda parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos para obtener poliestireno lavado y/o copolímero de poliestireno lavado y una segunda parte de solución de desechos de hidrocarburos;

- 35 - separar dicho poliestireno lavado y/o copolímero de poliestireno lavado de dicha segunda parte de solución de desechos de hidrocarburos;

- opcionalmente lavar dicho poliestireno lavado y/o copolímero de poliestireno lavado con una tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos para obtener poliestireno lavado dos veces y/o copolímero de poliestireno lavado dos veces y una tercera parte de solución de desechos de hidrocarburos;

- 40 - opcionalmente, separar dicho poliestireno lavado dos veces y/o copolímero de poliestireno lavado dos veces de dicha tercera parte de solución de desechos de hidrocarburos; y

- 45 - opcionalmente, secar dicho poliestireno lavado o lavado dos veces y/o copolímero de poliestireno lavado o lavado dos veces para obtener poliestireno seco y/o copolímero de poliestireno seco.

En otro aspecto, la presente divulgación incluye poliestireno reciclado y/o copolímero de poliestireno reciclado preparado de acuerdo con un proceso para reciclar desechos de poliestireno y/o desechos de copolímero de poliestireno como se define en la presente divulgación.

50 Las una o más realizaciones siguientes pueden usarse para describir la presente divulgación con más detalle; las realizaciones pueden tomarse solas o en cualquier combinación. Las siguientes realizaciones también pueden combinarse con una o más realizaciones descritas anteriormente.

55 En algunas realizaciones, el proceso es un proceso para reciclar desechos de poliestireno postindustriales o postconsumo que son desechos de poliestireno y/o desechos de copolímero de poliestireno obtenidos a partir de desechos de polímeros industriales o domésticos.

60 En algunas realizaciones, el paso de disolver los desechos de poliestireno y/o los desechos de copolímero de poliestireno se lleva a cabo en cimenso, xileno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos; en algunas realizaciones, en cimenso, xileno o etilbenceno; en algunas realizaciones, en xileno y/o etilbenceno. En una realización, el paso de disolver los desechos de poliestireno y/o los desechos de copolímero de poliestireno se realiza en una mezcla de benceno, tolueno y xileno, por ejemplo la fracción BTX del petróleo. En una realización, el paso de disolver los desechos de poliestireno y/o los desechos de copolímero de poliestireno se lleva a cabo en una mezcla de benceno, tolueno, etilbenceno y xileno, por ejemplo la fracción BTEX del petróleo.

En una realización, en la que se usa cimeno como disolvente adecuado, el cimeno es, por ejemplo, p-cimeno. El p-cimeno es menos tóxico en comparación con el o-cimeno o el m-cimeno, y es un producto natural.

5 En algunas realizaciones, el paso de lavado del poliestireno precipitado y/o del copolímero de poliestireno precipitado con una segunda parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos para obtener poliestireno lavado y/o copolímero de poliestireno lavado y una segunda parte de solución de desechos de hidrocarburos, se selecciona entre lavado por lotes y lavado continuo; en algunas realizaciones, el paso es un lavado continuo.

10 En algunas realizaciones, antes de enfriar la mezcla para obtener un sobrenadante que comprenda poliestireno en solución y/o copolímero de poliestireno en solución y el residuo de desechos sólido, el proceso comprende además añadir una base y calentar dicha mezcla en condiciones neutras. En algunas realizaciones, la base es hidróxido de calcio.

15 En algunas realizaciones, la mezcla comprende dicho poliestireno y/o copolímero de poliestireno en una cantidad del 20% en peso al 40% en peso, sobre la base del peso total de dicha mezcla.

En algunas realizaciones, dicha disolución se lleva a cabo a una temperatura de aproximadamente 60 a 100°C, por ejemplo, de aproximadamente 70°C a aproximadamente 90°C.

20 En algunas realizaciones, el sobrenadante se añade a dicha primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos en el punto de ebullición de dicho no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y se agita durante un tiempo para que la difusión del cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos desde el sobrenadante al no disolvente de poliestireno con hidrocarburos proceda en una medida suficiente; por ejemplo, el tiempo es de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 10 minutos y/o la proporción en volumen de la primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos con respecto al sobrenadante es de aproximadamente 2:1 a aproximadamente 4:1.

30 En algunas realizaciones, la segunda parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos se añade a dicho poliestireno precipitado y/o dicho copolímero de poliestireno precipitado en el punto de ebullición de dicho no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y se agita durante un tiempo para la difusión del cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, desde el poliestireno precipitado y/o el copolímero de poliestireno precipitado al no disolvente de poliestireno con hidrocarburos para que se produzca en una medida suficiente. Por ejemplo:

- 35 - el tiempo es de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 15 minutos, y/o
- la proporción en volumen de dicha segunda parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos con respecto a dicho poliestireno precipitado y/o copolímero de poliestireno precipitado es de 1:2 a 2:1.

40 En algunas realizaciones, en las que dicho poliestireno lavado y/o copolímero de poliestireno lavado se lava con una tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y dicha tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos se añade a dicho poliestireno lavado y/o copolímero de poliestireno lavado en el punto de ebullición de dicho no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y se agita durante un tiempo para la difusión del cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno, o cualquier combinación de los mismos, desde el poliestireno lavado y/o el copolímero de poliestireno lavado al disolvente de poliestireno con hidrocarburos para que se produzca en una medida suficiente; por ejemplo:

- 50 - el tiempo es de 1 minuto a 10 minutos; y/o
- la proporción en volumen de dicha tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos con respecto a dicho poliestireno lavado y/o copolímero de poliestireno lavado es de 1:2 a 2:1.

55 En algunas realizaciones, el poliestireno lavado y/o el copolímero de poliestireno lavado comprende menos de aproximadamente un 0,3% en peso de cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, y/o en donde el poliestireno lavado dos veces y/o el copolímero de poliestireno lavado dos veces contiene menos de aproximadamente un 0,1% en peso de cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos.

60 En algunas realizaciones, por lo menos una de la primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos, dicha segunda parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y dicha tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos comprende, consiste esencialmente o consiste en un no disolvente de poliestireno con hidrocarburos que tiene un punto de ebullición a 1 atm de presión de aproximadamente 98°C a aproximadamente 110°C; por ejemplo, que tiene un punto de ebullición a 1 atm de presión de aproximadamente 105°C a aproximadamente 110°C.

En algunas realizaciones, dicha primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos, dicha segunda parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y dicha tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos comprenden, o consisten en un alcano  $C_6-C_8$  o un destilado de petróleo; por ejemplo, consisten en heptano.

De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, el termoplástico se selecciona entre polietileno (PE) y/o polipropileno (PP), y sería deseable que se proporcionase con un polietileno reciclado y/o copolímero de polietileno reciclado; o un polipropileno reciclado y/o copolímero de polipropileno reciclado; o una mezcla de polietileno y polipropileno reciclados; o procesos para la preparación del polímero termoplástico reciclado y/o del copolímero termoplástico reciclado que resolverían por lo menos parcialmente uno de los problemas que se encuentran en el estado de la técnica, como el problema de falta de pureza en el material reciclado, o que serían una alternativa al material reciclado conocido o a los procesos para la preparación del mismo. Por tanto, en algunas realizaciones, el termoplástico se selecciona entre polietileno (PE) y/o polipropileno (PP), y el disolvente adecuado en el paso de disolución de los desechos de polímero termoplástico y/o desechos de copolímero termoplástico para obtener una mezcla de líquido y sólidos se selecciona entre cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno y cualquier combinación de los mismos; por ejemplo, entre cimeno, xileno, etilbenceno y cualquier combinación de los mismos. En algunas realizaciones, en las que el termoplástico se selecciona entre polietileno (PE) y/o polipropileno (PP), el no disolvente es un no disolvente de alcohol.

En otro aspecto, la presente divulgación incluye un proceso para reciclar desechos que son desechos de polímeros termoplásticos y/o desechos de copolímeros termoplásticos, en donde el termoplástico se selecciona entre polietileno (PE) y/o polipropileno (PP), el proceso comprendiendo:

- disolver los desechos de polímero termoplástico y/o los desechos de copolímero termoplástico en cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos para obtener una mezcla de líquido y sólidos;
- calentar la mezcla en condiciones ácidas, en presencia de un agente reductor, añadir una base, calentar la mezcla en condiciones neutras y, a continuación, enfriar la mezcla para obtener un sobrenadante que comprenda polímero termoplástico en solución y/o copolímero termoplástico en solución y un residuo de desechos sólido;
- separar el sobrenadante que comprende el polímero termoplástico disuelto y/o el copolímero termoplástico disuelto del residuo de desechos sólido;
- opcionalmente, tratar el sobrenadante con un coadyuvante de filtración para eliminar los geles insolubles;
- poner en contacto el sobrenadante que comprende el polímero termoplástico disuelto y/o el copolímero termoplástico disuelto con una primera parte de no disolvente de alcohol para obtener el polímero termoplástico precipitado y/o el copolímero termoplástico precipitado y una primera parte de solución de desechos de alcohol;
- separar el polímero termoplástico precipitado y/o el copolímero termoplástico precipitado de la primera parte de solución de desechos de alcohol;
- lavar el polímero termoplástico precipitado y/o el copolímero termoplástico precipitado con una segunda parte de no disolvente de alcohol para obtener un polímero termoplástico lavado y/o un copolímero termoplástico lavado y una segunda parte de solución de desechos de alcohol;
- separar el polímero termoplástico lavado y/o el copolímero termoplástico lavado de la segunda parte de solución de desechos de alcohol;
- opcionalmente, lavar el polímero termoplástico lavado y/o el copolímero termoplástico lavado con una tercera parte de no disolvente de alcohol para obtener un polímero termoplástico lavado dos veces y/o un copolímero termoplástico lavado dos veces y una tercera parte de solución de desechos de alcohol;
- opcionalmente, separar el polímero termoplástico lavado dos veces y/o el copolímero termoplástico lavado dos veces de la tercera parte de solución de desechos de alcohol; y
- opcionalmente, secar el polímero termoplástico lavado o lavado dos veces y/o el copolímero termoplástico lavado o lavado dos veces para obtener el polímero termoplástico seco y/o el copolímero termoplástico seco.

Las una o más realizaciones siguientes pueden usarse para describir la presente divulgación con más detalle; las realizaciones pueden tomarse solas o en cualquier combinación. Las siguientes realizaciones también pueden

combinarse con una o más realizaciones descritas anteriormente.

En algunas realizaciones, el proceso es un proceso para reciclar desechos de polietileno postindustriales o postconsumo que son desechos de polietileno y/o desechos de copolímeros de polietileno obtenidos a partir de desechos de polímeros industriales o domésticos.

En algunas realizaciones, el proceso es un proceso para reciclar desechos de polipropileno postindustriales o postconsumo que son desechos de polipropileno y/o desechos de copolímeros de polipropileno obtenidos a partir de desechos de polímeros industriales o domésticos.

En algunas realizaciones, el proceso es un proceso para reciclar mezclas postindustriales o postconsumo de desechos de polietileno y polipropileno que son mezclas de desechos de polietileno y polipropileno, en donde el polietileno y/o el polipropileno pueden ser u homopolímeros o copolímeros, las mezclas de desechos de polietileno y polipropileno obteniéndose de desechos de polímeros industriales o domésticos.

En algunas realizaciones, el paso de disolver los desechos de termoplásticos y/o los desechos de copolímeros termoplásticos se lleva a cabo en cimeno, xileno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos; por ejemplo, en cimeno, xileno o etilbenceno; por ejemplo, en xileno y/o etilbenceno. En algunas realizaciones, el paso de disolver dichos desechos de termoplásticos y/o desechos de copolímeros termoplásticos se realiza en una mezcla de benceno, tolueno y xileno, por ejemplo, de la fracción BTX del petróleo. En algunas realizaciones, el paso de disolver dichos desechos de termoplásticos y/o desechos de copolímeros termoplásticos se lleva a cabo en una mezcla de benceno, tolueno, etilbenceno y xileno, por ejemplo, de la fracción BTEX del petróleo.

En algunas realizaciones, la disolución se lleva a cabo a una temperatura de por lo menos 130°C; por ejemplo, entre aproximadamente 130°C y aproximadamente 160°C.

En algunas realizaciones, el no disolvente de alcohol para obtener el polímero termoplástico precipitado y/o el copolímero termoplástico precipitado es uno o más alcoholes; en algunas realizaciones, los uno o más alcoholes se seleccionan entre metanol y/o etanol; por ejemplo, los uno o más alcoholes son metanol.

En algunas realizaciones, el polímero termoplástico lavado y/o el copolímero termoplástico lavado comprende menos de aproximadamente un 0,3% en peso de cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, y/o en donde el polímero termoplástico lavado dos veces y/o el copolímero termoplástico lavado dos veces comprende menos de aproximadamente un 0,1% en peso de cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos.

En algunas realizaciones, por lo menos una de la primera parte de no disolvente de alcohol, dicha segunda parte de no disolvente de alcohol y dicha tercera parte de no disolvente de alcohol comprende, consiste esencialmente en o consiste en un no disolvente de alcohol que tiene un punto de ebullición a 1 atm de presión de aproximadamente 55°C a aproximadamente 95°C; por ejemplo, que tiene un punto de ebullición a 1 atm de presión de aproximadamente 60°C a aproximadamente 80°C.

De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, el termoplástico se selecciona entre copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) o copolímero de acrilonitrilo-estireno (SAN), y sería deseable que estaría provisto de un copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno reciclado o de un copolímero de acrilonitrilo estireno reciclado; o procesos para la preparación del copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno reciclado o del copolímero de acrilonitrilo estireno reciclado que resolverían, por lo menos parcialmente, uno de los problemas que se encuentran en el estado de la técnica, como el problema de la falta de pureza del material reciclado, o que serían una alternativa al material reciclado conocido o a los procesos para la preparación del mismo.

Por tanto, en algunas realizaciones, el termoplástico se selecciona entre copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) o copolímero de acrilonitrilo estireno (SAN), y el disolvente adecuado en el paso de disolución de los desechos de polímero termoplástico y/o desechos de copolímero termoplástico para obtener una mezcla de líquido y sólidos es uno o más seleccionados entre disolventes clorados; por ejemplo, entre metano clorado y/o etano clorado; en algunas realizaciones, el disolvente adecuado es dicloroetano. En algunas realizaciones, en las que el termoplástico se selecciona entre copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) o copolímero de acrilonitrilo estireno (SAN), el no disolvente es un no disolvente de alcohol.

En otro aspecto, la presente divulgación incluye un proceso para reciclar desechos que son desechos de copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) o desechos de copolímero de acrilonitrilo estireno (SAN), el proceso comprendiendo:

- disolver los desechos de copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) o los desechos de copolímero de acrilonitrilo estireno (SAN) en uno o más disolventes clorados para obtener una mezcla de líquido y sólidos; en algunas realizaciones, los uno o más disolventes clorados se seleccionan entre metano clorado y/o etano

clorado; por ejemplo, los uno o más disolventes clorados son dicloroetano.

- calentar la mezcla en condiciones ácidas en presencia de un agente reductor, añadir una base, calentar la mezcla en condiciones neutras y, a continuación, enfriar la mezcla para obtener un sobrenadante que comprenda copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno en solución o copolímero de acrilonitrilo estireno en solución y un residuo de desechos sólido;
- separar el sobrenadante que comprende el copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno disuelto o el copolímero de acrilonitrilo estireno disuelto del residuo de desechos sólido;
- opcionalmente, tratar el sobrenadante con un coadyuvante de filtración para eliminar los geles insolubles;
- poner en contacto el sobrenadante que comprende el copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno disuelto o el copolímero de acrilonitrilo estireno disuelto con una primera parte de no disolvente de alcohol para obtener el copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno precipitado o el copolímero de acrilonitrilo estireno precipitado y una primera parte de solución de desechos de alcohol;
- separar el copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno precipitado o el copolímero de acrilonitrilo estireno precipitado de la primera parte de solución de desechos de alcohol;
- lavar el copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno precipitado o el copolímero de acrilonitrilo estireno precipitado con una segunda parte de no disolvente de alcohol para obtener un copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno lavado o un copolímero de acrilonitrilo estireno lavado y una segunda parte de solución de desechos de alcohol;
- separar el copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno lavado o el copolímero de acrilonitrilo estireno lavado de la segunda parte de solución de desechos de alcohol;
- opcionalmente, lavar el copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno lavado o el copolímero de acrilonitrilo estireno lavado con una tercera parte de no disolvente de alcohol para obtener un copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno lavado dos veces o un copolímero de acrilonitrilo estireno lavado dos veces y una tercera parte de solución de desechos de alcohol;
- opcionalmente, separar el copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno lavado dos veces o el copolímero de acrilonitrilo estireno lavado dos veces de la tercera parte de solución de desechos de alcohol; y
- opcionalmente, secar el acrilonitrilo butadieno estireno lavado o lavado dos veces o el copolímero de acrilonitrilo estireno lavado o lavado dos veces para obtener el copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno seco o el copolímero de acrilonitrilo estireno seco.

Las una o más realizaciones siguientes pueden usarse para describir la presente divulgación con más detalle; las realizaciones pueden tomarse solas o en cualquier combinación. Las siguientes realizaciones también pueden combinarse con una o más realizaciones descritas anteriormente.

En algunas realizaciones, el proceso es un proceso para reciclar desechos de copolímeros de acrilonitrilo butadieno estireno postindustriales o postconsumo o desechos de copolímeros de acrilonitrilo estireno que son desechos de copolímeros de acrilonitrilo butadieno estireno o desechos de copolímeros de acrilonitrilo estireno obtenidos a partir de desechos de polímeros industriales o domésticos.

En algunas realizaciones, la disolución se lleva a cabo a una temperatura de por lo menos 60°C; por ejemplo, que varía entre aproximadamente 60°C y 100°C; por ejemplo, entre aproximadamente 60°C y aproximadamente 90°C.

En algunas realizaciones, el no disolvente de alcohol para obtener el polímero de copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno precipitado o el copolímero de acrilonitrilo estireno precipitado es uno o más alcoholes; por ejemplo, los uno o más alcoholes se seleccionan entre metanol y/o etanol; por ejemplo, los uno o más alcoholes son metanol.

En algunas realizaciones, antes de enfriar la mezcla para obtener un sobrenadante que comprenda copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno o copolímero de acrilonitrilo estireno y el residuo de desechos sólido, el proceso comprende además añadir una base y calentar la mezcla en condiciones neutras. En algunas realizaciones, la base es hidróxido de calcio.

De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, el termoplástico es cloruro de polivinilo (PVC) y se selecciona entre homopolímero de cloruro de polivinilo y/o copolímero de cloruro de polivinilo, y sería deseable que estuviese provisto de un homopolímero de cloruro de polivinilo reciclado y/o de un copolímero de cloruro de polivinilo reciclado; o procesos para la preparación del homopolímero de cloruro de polivinilo reciclado y/o con un copolímero

de cloruro de polivinilo reciclado que resolverían por lo menos parcialmente uno de los problemas encontrados en el estado de la técnica, como el problema de la falta de pureza en el material reciclado, o que serían una alternativa al material reciclado conocido o a los procesos para la preparación del mismo.

Por tanto, en algunas realizaciones, el termoplástico es cloruro de polivinilo (PVC) y se selecciona entre homopolímero de cloruro de polivinilo y/o copolímero de cloruro de polivinilo, y el disolvente adecuado en el paso de disolución de los desechos de polímero termoplástico y/o desechos de copolímero termoplástico para obtener una mezcla de líquido y sólidos es uno o más seleccionados entre disolventes clorados; por ejemplo, entre disolventes aromáticos clorados; en algunas realizaciones, el disolvente adecuado es clorobenceno. En algunas realizaciones, en donde el termoplástico es cloruro de polivinilo (PVC) y se selecciona entre homopolímero de cloruro de polivinilo y/o copolímero de cloruro de polivinilo, el no disolvente es un no disolvente alcohólico.

En algunas realizaciones, el termoplástico es cloruro de polivinilo (PVC) y se selecciona entre homopolímero de cloruro de polivinilo y/o copolímero de cloruro de polivinilo, y el disolvente adecuado en el paso de disolución de los desechos de polímero termoplástico y/o desechos de copolímero termoplástico para obtener una mezcla de líquido y sólidos es uno o más seleccionados entre éter cíclico; por ejemplo, en algunas realizaciones, el disolvente adecuado se selecciona entre tetrahidrofurano y tetrahidropirano. En algunas realizaciones, en donde el termoplástico es cloruro de polivinilo (PVC) y se selecciona entre homopolímero de cloruro de polivinilo y/o copolímero de cloruro de polivinilo, el no disolvente es un no disolvente de alcohol.

Se proporciona un proceso para reciclar desechos que son desechos de cloruro de polivinilo (PVC) y se seleccionan entre desechos de homopolímero de cloruro de polivinilo y/o desechos de copolímero de cloruro de polivinilo, el proceso comprendiendo:

- disolver los desechos de homopolímero de cloruro de polivinilo y/o los desechos de copolímero de cloruro de polivinilo en uno o más disolventes clorados para obtener una mezcla de líquido y sólidos; en algunas realizaciones, los uno o más disolventes clorado se seleccionan entre un disolvente aromático clorado; en algunas realizaciones, los uno o más disolvente clorado son clorobenceno;
- calentar la mezcla en condiciones ácidas en presencia de un agente reductor, añadir una base, calentar la mezcla en condiciones neutras y, a continuación, enfriar la mezcla para obtener un sobrenadante que comprenda homopolímero de cloruro de polivinilo en solución y/o copolímero de cloruro de polivinilo en solución y un residuo de desechos sólido;
- separar el sobrenadante que comprende el homopolímero de cloruro de polivinilo disuelto y/o el copolímero de cloruro de polivinilo disuelto del residuo de desechos sólido;
- opcionalmente, tratar el sobrenadante con un coadyuvante de filtración para eliminar los geles insolubles;
- poner en contacto el sobrenadante que comprende el homopolímero de cloruro de polivinilo disuelto y/o el copolímero de cloruro de polivinilo disuelto con una primera parte de no disolvente de alcohol para obtener el homopolímero de cloruro de polivinilo precipitado y/o el copolímero de cloruro de polivinilo precipitado y una primera parte de solución de desechos de alcohol;
- separar el homopolímero de cloruro de polivinilo precipitado y/o el copolímero de cloruro de polivinilo precipitado de la primera parte de solución de desechos de alcohol;
- lavar el homopolímero de cloruro de polivinilo precipitado y/o el copolímero de cloruro de polivinilo precipitado con una segunda parte de no disolvente de alcohol para obtener un homopolímero de cloruro de polivinilo lavado y/o un copolímero de cloruro de polivinilo lavado y una segunda parte de solución de desechos de alcohol;
- separar el homopolímero de cloruro de polivinilo lavado y/o el copolímero de cloruro de polivinilo lavado de la segunda parte de solución de desechos de alcohol;
- opcionalmente lavar el homopolímero de cloruro de polivinilo lavado y/o el copolímero de cloruro de polivinilo lavado con una tercera parte de no disolvente de alcohol para obtener un homopolímero de cloruro de polivinilo lavado dos veces y/o un copolímero de cloruro de polivinilo lavado dos veces y una tercera parte de solución de desechos de alcohol;
- opcionalmente, separar el homopolímero de cloruro de polivinilo lavado dos veces y/o el copolímero de cloruro de polivinilo lavado dos veces de la tercera parte de solución de desechos de alcohol; y
- opcionalmente, secar el homopolímero de cloruro de polivinilo lavado o lavado dos veces y/o el copolímero de cloruro de polivinilo lavado o lavado dos veces para obtener el homopolímero de cloruro de polivinilo seco

y/o el copolímero de cloruro de polivinilo seco.

Se proporciona un proceso para reciclar desechos que son desechos de cloruro de polivinilo (PVC) y se seleccionan entre desechos de homopolímero de cloruro de polivinilo y/o desechos de copolímero de cloruro de polivinilo, el proceso comprendiendo:

- disolver los desechos de homopolímero de cloruro de polivinilo y/o los desechos de copolímero de cloruro de polivinilo en uno o más disolventes de éter cíclico para obtener una mezcla de líquido y sólidos; en algunas realizaciones, los uno o más disolventes de éter cíclico se seleccionan entre tetrahidrofurano y tetrahidropirano; en algunas realizaciones, los uno o más disolventes de éter cíclico son tetrahidrofurano;
- calentar la mezcla en condiciones ácidas en presencia de un agente reductor, añadir una base, calentar la mezcla en condiciones neutras, a continuación, enfriar la mezcla para obtener un sobrenadante que comprenda homopolímero de cloruro de polivinilo en solución y/o copolímero de cloruro de polivinilo en solución y un residuo de desechos sólido;
- separar el sobrenadante que comprende el homopolímero de cloruro de polivinilo disuelto y/o el copolímero de cloruro de polivinilo disuelto del residuo de desechos sólido;
- opcionalmente, tratar el sobrenadante con un coadyuvante de filtración para eliminar los geles insolubles;
- poner en contacto el sobrenadante que comprende el homopolímero de cloruro de polivinilo disuelto y/o el copolímero de cloruro de polivinilo disuelto con una primera parte de no disolvente de alcohol para obtener el homopolímero de cloruro de polivinilo precipitado y/o el copolímero de cloruro de polivinilo precipitado y una primera parte de solución de desechos de alcohol;
- separar el homopolímero de cloruro de polivinilo precipitado y/o el copolímero de cloruro de polivinilo precipitado de la primera parte de solución de desechos de alcohol;
- lavar el homopolímero de cloruro de polivinilo precipitado y/o el copolímero de cloruro de polivinilo precipitado con una segunda parte de no disolvente de alcohol para obtener un homopolímero de cloruro de polivinilo lavado y/o un copolímero de cloruro de polivinilo lavado y una segunda parte de solución de desechos de alcohol;
- separar el homopolímero de cloruro de polivinilo lavado y/o el copolímero de cloruro de polivinilo lavado de la segunda parte de solución de desechos de alcohol;
- lavar opcionalmente el homopolímero de cloruro de polivinilo lavado y/o el copolímero de cloruro de polivinilo lavado con una tercera parte de no disolvente de alcohol para obtener un homopolímero de cloruro de polivinilo lavado dos veces y/o un copolímero de cloruro de polivinilo lavado dos veces y una tercera parte de solución de desechos de alcohol;
- opcionalmente, separar el homopolímero de cloruro de polivinilo lavado dos veces y/o el copolímero de cloruro de polivinilo lavado dos veces de la tercera parte de solución de desechos de alcohol; y

opcionalmente, secar el homopolímero de cloruro de polivinilo lavado o lavado dos veces y/o el copolímero de cloruro de polivinilo lavado o lavado dos veces para obtener el homopolímero de cloruro de polivinilo seco y/o el copolímero de cloruro de polivinilo seco.

Las una o más realizaciones siguientes pueden usarse para describir la presente divulgación con más detalle; las realizaciones pueden tomarse solas o en cualquier combinación. Las siguientes realizaciones también pueden combinarse con una o más realizaciones descritas anteriormente.

En algunas realizaciones, el proceso es un proceso para reciclar desechos de homopolímero de cloruro de polivinilo y/o desechos de copolímero de cloruro de polivinilo postindustriales o postconsumo que son desechos de homopolímero de cloruro de polivinilo y/o desechos de copolímero de cloruro de polivinilo obtenidos a partir de desechos de polímeros industriales o domésticos.

En algunas realizaciones, dicha disolución se lleva a cabo a una temperatura de por lo menos 70°C; por ejemplo, que varía entre aproximadamente 70°C y 130°C; por ejemplo, entre aproximadamente 80°C y aproximadamente 120°C.

En algunas realizaciones, la disolución se lleva a cabo a una temperatura de por lo menos 50°C; por ejemplo, que varía entre aproximadamente 50°C y 100°C; por ejemplo, entre aproximadamente 60°C y aproximadamente 90°C. En algunas realizaciones, la disolución se lleva a cabo en condiciones de presión normales.

En algunas realizaciones, el no disolvente de alcohol para obtener el homopolímero de cloruro de polivinilo precipitado y/o el copolímero de cloruro de polivinilo precipitado es uno o más alcoholes; por ejemplo, los uno o más alcoholes se seleccionan entre metanol y/o etanol; en algunas realizaciones, los uno o más alcoholes son metanol.

En algunas realizaciones, antes de enfriar la mezcla para obtener un sobrenadante que comprende homopolímero de cloruro de polivinilo y/o copolímero de cloruro de polivinilo y el residuo de desechos sólido, el proceso comprende además añadir una base y calentar la mezcla en condiciones neutras. En algunas realizaciones, la base es hidróxido de calcio.

De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, también se proporciona polímero termoplástico reciclado y/o copolímero termoplástico reciclado preparado de acuerdo con un proceso para reciclar desechos de polímero termoplástico y/o desechos de copolímero termoplástico de la presente divulgación, como de acuerdo con otros uno o más aspectos de la presente divulgación.

De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, también se proporciona poliestireno reciclado y/o copolímero de poliestireno reciclado preparado de acuerdo con un proceso para reciclar desechos de poliestireno y/o desechos de copolímero de poliestireno de la presente divulgación, como de acuerdo con el primer y el segundo aspecto.

De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, también se proporciona un poliestireno reciclado y/o copolímero de poliestireno reciclado:

- que tiene una transmitancia comprendida entre el 80 y el 99%; la transmitancia medida en un espectro UV-VIS a 600 nm a 20°C en una solución que comprende el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado diluidos en cimeno, en donde el contenido de poliestireno reciclado y/o de copolímero de poliestireno reciclado es del 20% en peso del peso total de la solución y en donde la solución de referencia para el 100% de transmitancia en un espectro UV-VIS a 600 nm a 20°C es una solución de homopolímero de poliestireno virgen diluida en cimeno, en donde el contenido de poliestireno virgen es del 20% en peso del peso total de la solución de referencia; y/o
- que comprende cimeno, xileno, tolueno, benceno o cualquier combinación de los mismos, en donde el contenido total de cimeno, xileno, tolueno, benceno o cualquier combinación de los mismos es de menos del 0,1% en peso sobre la base del peso total del poliestireno reciclado y/o del copolímero de poliestireno reciclado; y/o
- que tiene un contenido total de impurezas de menos del 0,5% en peso, sobre la base del peso total del poliestireno reciclado y/o del copolímero de poliestireno reciclado; por ejemplo, de menos del 0,1% en peso; y/o
- es producido mediante el proceso de acuerdo con cualquier otro uno o más aspectos de la presente divulgación.

En algunas realizaciones, el poliestireno reciclado y/o copolímero de poliestireno reciclado comprende cimeno, xileno, tolueno, benceno o cualquier combinación de los mismos, en donde el contenido total de cimeno, xileno, tolueno, benceno o cualquier combinación de los mismos es de por lo menos 100 ppm sobre la base del peso total del poliestireno reciclado y/o copolímero de poliestireno reciclado; en algunas realizaciones, el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado comprende xileno, tolueno, benceno o cualquier combinación de los mismos; por ejemplo, el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado comprende cimeno y/o xileno; por ejemplo, el poliestireno reciclado comprende benceno.

Se entiende que la presencia de trazas de los disolventes usados en el proceso de acuerdo con la presente divulgación es un distintivo de que el material reciclado se ha preparado de acuerdo con el proceso de la presente divulgación.

En algunas realizaciones, el poliestireno reciclado tiene una transmitancia que varía del 85% al 99%; la transmitancia midiéndose en un espectro UV-VIS a 600 nm a 20°C en una solución que comprende el poliestireno reciclado diluido en cimeno, en donde el contenido de poliestireno reciclado es del 20% en peso del peso total de la solución; por ejemplo, variando el 90% y el 99%; por ejemplo, entre el 95% y el 99%; por ejemplo, variando entre el 96% y el 99%; por ejemplo, variando entre el 97% y el 99%.

En comparación, el homopolímero de poliestireno virgen, medido en las mismas condiciones, tiene una transmitancia del 100%. Se ha descubierto que la realización de un espectro UV-VIS a 600 nm en una solución que comprende el poliestireno y/o el copolímero de poliestireno diluido en cimeno, en donde el contenido de poliestireno y/o copolímero de poliestireno es del 20% en peso del peso total de la solución, permite distinguir el poliestireno

reciclado del poliestireno virgen. Por ejemplo, el poliestireno virgen tendrá una transmitancia del 100%, mientras que el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado tendrán una transmitancia de menos del 100%. La transmitancia del poliestireno reciclado y/o del copolímero de poliestireno reciclado depende del proceso de purificación realizado; cuanto mayor sea la transmitancia, mayor será la pureza.

Las mediciones de transmitancia se realizan a presión atmosférica.

En una realización, el poliestireno reciclado tiene un índice de fluidez de fusión de 3 a 25 g/10min medido de acuerdo con la norma ASTM D1238-13; o de 2 a 12 g/10min medido de acuerdo con la norma ASTM D1238-13.

En algunas realizaciones, el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado tiene un contenido de aditivos de menos del 5% en peso sobre la base del peso total del poliestireno reciclado y/o del copolímero de poliestireno reciclado; en algunas realizaciones, el contenido de aditivos es de menos del 2% en peso; en algunas realizaciones de menos del 1% en peso; en algunas realizaciones de menos del 0,5% en peso; en donde los aditivos se seleccionan entre agentes colorantes, cargas, retardantes de llama, lubricantes y plastificantes. El contenido de aditivos es el de los aditivos que quedan después del proceso de purificación. En el contexto de la presente divulgación, los aditivos restantes incluyen las cargas restantes.

En algunas realizaciones, el poliestireno reciclado contiene menos del 5% en peso de carga, por ejemplo, menos del 3% en peso, menos del 1% en peso o menos del 0,1% en peso.

En algunas realizaciones, el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado se obtiene reciclando desechos de poliestireno mediante un tratamiento con un disolvente que es p-cimeno y un no disolvente de poliestireno con hidrocarburos que es alcano C<sub>6</sub>-C<sub>8</sub> o mezclas de los mismos; en algunas realizaciones, el no disolvente se selecciona entre hexano, heptano u octano; por ejemplo, los desechos de poliestireno comprenden poliestireno y/o copolímero de poliestireno con un peso molecular medio de 200.000 a 350.000 g/mol; por ejemplo, de 230.000 a 260.000 g/mol.

En algunas realizaciones, el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado es transparente o blanco.

De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, también se proporciona un polímero termoplástico reciclado y/o copolímero termoplástico reciclado, en donde el termoplástico se selecciona entre polietileno (PE) y polipropileno (PP):

- que tiene una transmitancia que varía del 80% al 99%; la transmitancia midiéndose en un espectro UV-VIS a 600 nm a 130°C en una solución que comprende el polietileno reciclado y/o el polipropileno reciclado diluidos en cimeno, en donde el contenido de polietileno reciclado y de polipropileno reciclado es del 10% en peso del peso total de la solución y en donde la solución de referencia para el 100% de transmitancia en un espectro UV-VIS a 600 nm a 130°C es una solución de homopolímero de etileno virgen y/o de propileno virgen diluido en cimeno, en donde el contenido total de homopolímero de etileno virgen y de homopolímero de propileno virgen es del 10% en peso del peso total de la solución de referencia; y/o
- que comprende cimeno, xileno, tolueno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, en donde el contenido total de cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos es de menos del 0,1% en peso sobre la base del peso total del polímero termoplástico reciclado y/o copolímero termoplástico reciclado; y/o
- que tiene un contenido total de impurezas de menos del 0,5% en peso, sobre la base del peso total del polímero termoplástico reciclado y/o del copolímero termoplástico reciclado; por ejemplo, de menos del 0,1% en peso; y/o
- se produce mediante el procedimiento de la presente divulgación.

De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, también se proporciona un polímero termoplástico reciclado y/o copolímero termoplástico reciclado, en donde el termoplástico se selecciona entre polietileno (PE) y polipropileno (PP):

- que tiene una transmitancia que varía del 80 al 99%; la transmitancia midiéndose en un espectro UV-VIS a 600 nm a 130°C en una solución que comprende el polietileno reciclado y/o el polipropileno reciclado diluidos en cimeno, en donde el contenido de polietileno reciclado y de polipropileno reciclado es del 5% en peso del peso total de la solución y en donde la solución de referencia para el 100% de transmitancia en un espectro UV-VIS a 600 nm a 130°C es una solución de homopolímero de etileno virgen y/o de propileno virgen diluido en cimeno, en donde el contenido total de homopolímero de etileno virgen y de homopolímero de propileno virgen es del 5% en peso del peso total de la solución de referencia; y/o

- que comprende cimeno, xileno, tolueno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, en donde el contenido total de cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos es de menos del 0,1% en peso sobre la base del peso total del polímero termoplástico reciclado y/o copolímero termoplástico reciclado; y/o
- que tiene un contenido total de impurezas de menos del 0,5% en peso, sobre la base del peso total del polímero termoplástico reciclado y/o del copolímero termoplástico reciclado; por ejemplo, de menos del 0,1% en peso; y/o
- se produce mediante el procedimiento de la presente divulgación.

En algunas realizaciones, el polietileno reciclado y/o polipropileno reciclado comprende cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, en donde el contenido total de cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos es de por lo menos 100 ppm sobre la base del peso total del polietileno reciclado y/o polipropileno reciclado.

Se entiende que la presencia de trazas de los disolventes usados en el proceso de la presente divulgación puede ser un distintivo de que el material reciclado se ha preparado de acuerdo con el proceso de la presente divulgación.

Para la medición de la transmitancia, se entiende que la solución de referencia comprende un polímero de la misma naturaleza, de tal manera que la solución de referencia contiene homopolímero de polietileno virgen para la medición de la transmitancia del polietileno reciclado; la solución de referencia contiene homopolímero de polipropileno virgen para la medición de la transmitancia del polipropileno reciclado; y la solución de referencia contiene una mezcla de homopolímero de etileno virgen y homopolímero de polipropileno virgen para la medición de la transmitancia de una mezcla de polietileno reciclado y polipropileno reciclado, en donde el contenido respectivo de polietileno y polipropileno es igual en la solución de referencia y en la mezcla reciclada de polietileno y polipropileno.

Las mediciones de transmitancia se realizan a presión atmosférica.

En algunas realizaciones, el polietileno reciclado y/o el polipropileno reciclado tienen una transmitancia que varía del 85 al 99%; por ejemplo, que varía del 90 al 99%.

De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, también se proporciona un copolímero termoplástico reciclado, en donde el termoplástico se selecciona entre copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y copolímero de acrilonitrilo estireno (SAN):

- que tiene una transmitancia que varía del 80% al 99%; la transmitancia midiéndose en un espectro UV-VIS a 600 nm a 20°C en una solución que comprende el copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno reciclado o el copolímero de acrilonitrilo estireno reciclado diluido en dicloroetano, en donde el contenido del copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno reciclado o del copolímero de acrilonitrilo estireno reciclado es del 20% en peso del peso total de la solución, y en donde la solución de referencia para el 100% de transmitancia en un espectro UV-VIS a 600 nm a 20°C es una solución de copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno virgen o de copolímero de acrilonitrilo estireno virgen diluido en dicloroetano, en donde el contenido de copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno virgen o de copolímero de acrilonitrilo estireno virgen es del 20% en peso del peso total de la solución de referencia; y/o
- que comprende metano clorado y/o etano clorado, en donde el contenido total de metano clorado y etano clorado es de menos del 0,1% en peso sobre el peso total del copolímero termoplástico reciclado; en algunas realizaciones, que comprende dicloroetano, en donde el contenido total de dicloroetano es de menos del 0,1% en peso sobre el peso total del copolímero termoplástico reciclado; y/o
- que tiene un contenido total de impurezas de menos del 0,5% en peso, sobre la base del peso total del copolímero termoplástico reciclado; por ejemplo, de menos del 0,1% en peso; y/o
- se produce mediante el procedimiento de la presente divulgación.

De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, también se proporciona un copolímero termoplástico reciclado, en donde el termoplástico se selecciona entre copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y copolímero de acrilonitrilo estireno (SAN):

- que tiene una transmitancia comprendida entre el 80% y el 99%; la transmitancia midiéndose en un espectro UV-VIS a 600 nm a 20°C en una solución que comprende el copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno reciclado o el copolímero de acrilonitrilo estireno reciclado diluido en dicloroetano, en donde el contenido del

copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno reciclado o del copolímero de acrilonitrilo estireno reciclado es del 20% en peso del peso total de la solución, y en donde la solución de referencia para el 100% de transmitancia en un espectro UV-VIS a 600 nm a 20°C es una solución de copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno virgen sustancialmente libre de copolímero reticulado o de copolímero de acrilonitrilo estireno virgen sustancialmente libre de copolímero reticulado diluido en dicloroetano, en donde el contenido de copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno virgen o de copolímero de acrilonitrilo estireno virgen es del 20% en peso del peso total de la solución de referencia; y/o

- que comprende metano clorado y/o etano clorado, en donde el contenido total de metano clorado y etano clorado es de menos del 0,1% en peso sobre la base del peso total del copolímero termoplástico reciclado; en algunas realizaciones, que comprende dicloroetano, en donde el contenido total de dicloroetano es de menos del 0,1% en peso sobre la base del peso total del copolímero termoplástico reciclado; y/o

- que tiene un contenido total de impurezas de menos del 0,5% en peso, sobre la base del peso total del copolímero termoplástico reciclado; por ejemplo, de menos del 0,1% en peso; y/o

- se produce mediante el procedimiento de la presente divulgación.

En algunas realizaciones, el copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno reciclado (ABS) o el copolímero de acrilonitrilo estireno reciclado (SAN) comprende metano clorado y/o etano clorado, en donde el contenido total de metano clorado y/o etano clorado es de por lo menos 100 ppm sobre la base del peso total del copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno reciclado (ABS) o del copolímero de acrilonitrilo estireno reciclado (SAN).

En algunas realizaciones, el copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno reciclado (ABS) o el copolímero de acrilonitrilo estireno reciclado (SAN) comprende dicloroetano, en donde el contenido total de dicloroetano es de por lo menos 100 ppm sobre la base del peso total del copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno reciclado (ABS) o del copolímero de acrilonitrilo estireno reciclado (SAN).

Se entiende que la presencia de trazas de los disolventes usados en el proceso de la presente divulgación puede ser una firma de que el material reciclado se ha preparado de acuerdo con el proceso de la presente divulgación.

Para la medición de la transmitancia, se entiende que la solución de referencia comprende un polímero de la misma naturaleza, de tal manera que la solución de referencia contiene copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno virgen para la medición de la transmitancia del copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno reciclado; y la solución de referencia contiene copolímero de acrilonitrilo estireno virgen para la medición de la transmitancia del copolímero de acrilonitrilo estireno reciclado.

Las mediciones de transmitancia se realizan a presión atmosférica.

En algunas realizaciones, el copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno reciclado o el copolímero de acrilonitrilo estireno reciclado tiene una transmitancia que varía del 85 al 99%; por ejemplo, del 90 al 99%.

De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, también se proporciona un polímero termoplástico reciclado y/o copolímero termoplástico reciclado, en donde el termoplástico es cloruro de polivinilo (PVC) seleccionado entre homopolímero de cloruro de polivinilo y/o copolímero de cloruro de polivinilo:

- que tiene una transmitancia que varía del 80 al 99%; la transmitancia midiéndose en un espectro UV-VIS a 600 nm a 30°C en una solución que comprende el homopolímero de cloruro de polivinilo reciclado y/o el copolímero de cloruro de polivinilo reciclado diluido en clorobenceno, en donde el contenido del homopolímero de cloruro de polivinilo reciclado y del copolímero de cloruro de polivinilo reciclado es de aproximadamente el 10% en peso del peso total de la solución y en donde la solución de referencia para el 100% de la transmitancia en un espectro UV-VIS a 600 nm a 30°C es una solución de homopolímero de cloruro de polivinilo virgen diluido en clorobenceno, en donde el contenido de homopolímero de cloruro de polivinilo virgen es de aproximadamente el 10% en peso del peso total de la solución de referencia; y/o

- que comprende un disolvente aromático clorado, en donde el contenido total de disolvente aromático clorado es de menos del 0,1% en peso sobre la base del peso total del polímero termoplástico reciclado y/o copolímero termoplástico reciclado; por ejemplo, que comprende clorobenceno, en donde el contenido total de clorobenceno es de menos del 0,1% en peso sobre la base del peso total del polímero termoplástico reciclado y/o copolímero termoplástico reciclado; y/o

- que tiene un contenido total de impurezas de menos del 0,5% en peso, sobre la base del peso total del copolímero termoplástico reciclado; por ejemplo, de menos del 0,1% en peso; y/o

- se produce mediante el procedimiento de la presente divulgación.

De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, también se proporciona un polímero termoplástico reciclado y/o copolímero termoplástico reciclado, en donde el termoplástico es cloruro de polivinilo (PVC) seleccionado entre homopolímero de cloruro de polivinilo y/o copolímero de cloruro de polivinilo:

- que tiene una transmitancia que varía del 80% al 99%; la transmitancia midiéndose en un espectro UV-VIS a 600 nm a 20°C en una solución que comprende el homopolímero de cloruro de polivinilo reciclado y/o el copolímero de cloruro de polivinilo reciclado diluido en tetrahidrofurano, en donde el contenido del homopolímero de cloruro de polivinilo reciclado y del copolímero de cloruro de polivinilo reciclado es de aproximadamente el 10% en peso del peso total de la solución y en donde la solución de referencia para el 100% de transmitancia en un espectro UV-VIS a 600 nm a 20°C es una solución de homopolímero de cloruro de polivinilo virgen diluida en tetrahidrofurano, en donde el contenido de homopolímero de cloruro de polivinilo virgen es de aproximadamente el 10% en peso del peso total de la solución de referencia; y/o
- que comprende tetrahidrofurano y/o tetrahidropirano, en donde el contenido total de tetrahidrofurano y/o tetrahidropirano es de menos del 0,1% en peso sobre el peso total del polímero termoplástico reciclado y/o copolímero termoplástico reciclado; por ejemplo, que comprende tetrahidrofurano, en donde el contenido total de tetrahidrofurano es de menos del 0,1% en peso sobre la base del peso total del polímero termoplástico reciclado y/o copolímero termoplástico reciclado; y/o
- que tiene un contenido total de impurezas de menos del 0,5% en peso, sobre la base del peso total del copolímero termoplástico reciclado; por ejemplo, de menos del 0,1% en peso; y/o
- se produce mediante el procedimiento de la presente divulgación.

En algunas realizaciones, el homopolímero de cloruro de polivinilo reciclado y/o el copolímero de cloruro de polivinilo reciclado comprende un disolvente aromático clorado, en donde el contenido total de disolvente aromático clorado es de por lo menos 100 ppm sobre la base del peso total del homopolímero de cloruro de polivinilo reciclado y/o del copolímero de cloruro de polivinilo reciclado.

En algunas realizaciones, el homopolímero de cloruro de polivinilo reciclado y/o el copolímero de cloruro de polivinilo reciclado comprenden clorobenceno, en donde el contenido total de clorobenceno es de por lo menos 100 ppm sobre la base del peso total del homopolímero de cloruro de polivinilo reciclado y/o del copolímero de cloruro de polivinilo reciclado.

En algunas realizaciones, el homopolímero de cloruro de polivinilo reciclado y/o el copolímero de cloruro de polivinilo reciclado comprende tetrahidrofurano y/o tetrahidropirano, en donde el contenido total de tetrahidrofurano y/o tetrahidropirano es de por lo menos 100 ppm sobre la base del peso total del homopolímero de cloruro de polivinilo reciclado y/o el copolímero de cloruro de polivinilo reciclado.

En algunas realizaciones, el homopolímero de cloruro de polivinilo reciclado y/o el copolímero de cloruro de polivinilo reciclado comprende tetrahidrofurano, en donde el contenido total de tetrahidrofurano es de por lo menos 100 ppm sobre la base del peso total del homopolímero de cloruro de polivinilo reciclado y/o el copolímero de cloruro de polivinilo reciclado.

Se entiende que la presencia de trazas de los disolventes usados en el proceso de acuerdo con la presente divulgación puede ser un distintivo de que el material reciclado se ha preparado de acuerdo con el proceso de la presente divulgación.

Se entiende que las condiciones de presión son iguales tanto para la solución de referencia como para la solución que contiene material reciclado.

En algunas realizaciones, el homopolímero de cloruro de polivinilo reciclado y/o el copolímero de cloruro de polivinilo reciclado tienen una transmitancia que varía del 85 al 99%; por ejemplo, del 90 al 99%.

Otras características y ventajas de la presente divulgación resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada.

## DIBUJOS

La presente divulgación se describirá ahora con mayor detalle con referencia a los dibujos en los que:

La Figura 1 muestra un diagrama esquemático de un proceso de acuerdo con un ejemplo de la presente divulgación.

La Figura 2 muestra los espectros UV-Visible de EPS postconsumo filtrado con diferentes concentraciones de PS

La Figura 3 muestra los espectros UV-Visible del EPS postconsumo filtrado usando diferentes técnicas de purificación.

La Figura 4 muestra los espectros UV-VIS de la solución filtrada de ABS postconsumo al 20% en peso después de diferentes técnicas de purificación.

La Figura 5 muestra fotos de LDPE postconsumo antes y después del reciclaje descrito en el Ejemplo 10.

## DESCRIPCIÓN DE VARIAS REALIZACIONES

A menos que se indique lo contrario, se pretende que las definiciones y ejemplos descritos en esta y otras secciones sean aplicables a todos los ejemplos y aspectos de la presente divulgación descritos en la presente para los que sean adecuados tal y como entendería un experto en la técnica.

Para comprender el alcance de la presente divulgación, se pretende que el término "que comprende" y sus derivados, como se usan en la presente, sean términos abiertos que especifican la presencia de las características, elementos, componentes, grupos, números enteros y/o pasos indicados, pero no excluyen la presencia de otras características, elementos, componentes, grupos, números enteros y/o pasos no indicados. Lo anterior también se aplica a palabras que tienen significados similares como los términos "que incluye", "que tiene" y sus derivados. El término "que consiste" y sus derivados, como se usan en la presente, se entienden como términos cerrados que especifican la presencia de las características, elementos, componentes, grupos, números enteros y/o pasos indicados, pero excluyen la presencia de otras características, elementos, componentes, grupos, números enteros y/o etapas no indicados. El término "que consiste esencialmente en", como se usa en la presente, se pretende que especifique la presencia de las características, elementos, componentes, grupos, números enteros y/o pasos indicados, así como aquellos que no afectan materialmente a la característica o características básicas y novedosas de las características, elementos, componentes, grupos, números enteros y/o pasos.

Los términos de grado como "alrededor de" y "aproximadamente" como se usan en la presente significan una desviación razonable del término modificado de tal manera que el resultado final no cambie significativamente. Debe interpretarse que estos términos de grado incluyen una desviación de por lo menos el  $\pm 5\%$  o por lo menos el  $\pm 10\%$  del término modificado si esta desviación no anula el significado de la palabra que modifica.

El término "y/o", como se usa en la presente, significa que los elementos enumerados están presentes o se usan, individualmente o en combinación. En efecto, este término significa que se usa o está presente "por lo menos uno de" o "uno o más" de los elementos enumerados.

El término "adecuado" como se usa en la presente significa que la selección de reactivos o condiciones específicos dependerá de la reacción que se lleve a cabo y de los resultados deseados, pero que, en cualquier caso, un experto en la técnica puede realizarla una vez conocida toda la información relevante.

El término "aditivo", como se usa en la presente, se refiere a las sustancias químicas añadidas a un polímero y/o copolímero para modificar por lo menos una propiedad física, biológica y/o química. Ejemplos no limitativos de aditivos son los colorantes, las cargas, los retardantes de llama, los lubricantes y los plastificantes.

El término "termoplástico" como se usa en la presente en referencia a un polímero o copolímero significa, por ejemplo, que el polímero o copolímero se reblandece por encima de una temperatura particular (por ejemplo, una temperatura de transición vítrea,  $T_g$ ) y se solidifica al enfriarse; es decir, presenta un comportamiento termorreversible. Ejemplos de polímeros termoplásticos pueden ser, entre otros, el polietileno (PE), el polipropileno (PP), el cloruro de polivinilo (PVC), el copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), el copolímero de acrilonitrilo estireno (SAN) y el poliestireno (PS).

El término "copolímero", como se usa en la presente, se refiere, por ejemplo, a un polímero derivado de más de una especie de monómero.

El término "copolímero de poliestireno", como se usa en la presente, se refiere, por ejemplo, a un polímero obtenido por polimerización de estireno y por lo menos un monómero adicional que no es estireno o por lo menos un polímero reactivo como el polibutadieno. Por ejemplo, el monómero adicional puede ser butadieno u otro monómero (como isopreno o isobutileno, pero no limitado a ellos) que se polimeriza para producir una goma o una combinación de monómeros como butadieno y acrilonitrilo. El término "copolímero de poliestireno", como se usa en la presente, incluye copolímeros de bloque (como, pero no limitados a, los copolímeros tribloque de estireno-butadieno-estireno (SBS) y los polímeros tribloque Kraton<sup>TM</sup>, así como copolímeros de bloque superiores, como los copolímeros pentabloque que comprenden estireno y otro monómero), así como copolímeros de injerto, como el poliestireno de alto impacto (HIPS). Los expertos en la técnica apreciarán que los métodos para producir copolímeros de injerto

también pueden producir homopolímeros de los monómeros usados en el proceso como subproducto. Por ejemplo, el HIPS puede, por ejemplo, contener poliestireno homopolimérico y polibutadieno además de las cadenas ramificadas del copolímero de injerto poliestireno-polibutadieno. Por consiguiente, el término "copolímero de poliestireno", como se usa en la presente, incluye composiciones que comprenden un copolímero de injerto de poliestireno en combinación con homopolímeros de uno o más de los monómeros que comprenden el copolímero de injerto de poliestireno.

El término "no disolvente de hidrocarburo", como se usa en la presente, se refiere, por ejemplo, a un compuesto a base de hidrocarburos o una mezcla de los mismos en el que un polímero termoplástico o copolímero termoplástico es sustancialmente insoluble. Por ejemplo, el término "no disolvente de poliestireno con hidrocarburos", como se usa en la presente, se refiere, por ejemplo, a un compuesto a base de hidrocarburos o una mezcla de los mismos en el que el poliestireno o el copolímero de poliestireno es sustancialmente insoluble.

La selección de un no disolvente de hidrocarburos adecuado (por ejemplo, un no disolvente de poliestireno con hidrocarburos) para los procesos de la presente divulgación puede ser realizada por un experto en la técnica. Por ejemplo, los expertos en la técnica apreciarán que la mayoría de los aditivos no polares que se encuentran típicamente en los desechos de poliestireno y/o desechos de copolímero de poliestireno (por ejemplo, hexabromociclododecano y aceites de silicona) y cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, deben ser sustancialmente solubles en el no disolvente de poliestireno con hidrocarburos en las condiciones usadas en los procesos de la presente divulgación para obtener poliestireno precipitado y/o copolímero de poliestireno precipitado, así como en los pasos que comprenden el lavado con el no disolvente de poliestireno con hidrocarburos. Los expertos en la técnica también apreciarán que puede, por ejemplo, ser útil seleccionar un no disolvente de poliestireno con hidrocarburos que tenga un punto de ebullición que esté alrededor o ligeramente por encima de la temperatura de transición vítrea (Tg) de los desechos de poliestireno y/o desechos de copolímero de poliestireno que se reciclan en los procesos de la presente divulgación. Sin embargo, los expertos en la técnica apreciarán además que un no disolvente de poliestireno con hidrocarburos con un punto de ebullición menor que la Tg de los desechos de poliestireno y/o desechos de copolímero de poliestireno que se está reciclando en los procesos de la presente divulgación puede usarse como un no disolvente si se aumenta la presión del sistema para empujar el punto de ebullición del no disolvente de poliestireno con hidrocarburos por encima de la Tg de los desechos de poliestireno y/o desechos de copolímero de poliestireno. Para ciertos polímeros termoplásticos o copolímeros termoplásticos, como los que comprenden polietileno o polipropileno, el no disolvente de hidrocarburos puede ser el mismo que el disolvente adecuado usado para la disolución, pero a una temperatura menor.

Como se usan en la presente divulgación, las formas singulares "un", "uno" y "el" incluyen referencias plurales a menos que el contenido indique claramente lo contrario. Por ejemplo, debe entenderse que un ejemplo que incluya "un no disolvente de poliestireno con hidrocarburos" presenta ciertos aspectos con un no disolvente de poliestireno con hidrocarburos o dos o más no disolventes de poliestireno con hidrocarburos adicionales. En los ejemplos que comprenden un componente "adicional" o "segundo", como un no disolvente de poliestireno con hidrocarburos adicional o segundo, el segundo componente, como se usa en la presente, es químicamente diferente de los otros componentes o del primer componente. Un "tercer" componente es diferente de los otros, primer y segundo, componentes y otros componentes enumerados o "adicionales" son de manera similar diferentes.

El término "xileno" como se usa en la presente incluye el o-xileno, el m-xileno y el p-xileno, así como mezclas de los mismos. Por ejemplo, el xileno puede ser o-xileno. Por ejemplo, el xileno puede ser m-xileno. Por ejemplo, el xileno puede ser p-xileno. Por ejemplo, el xileno puede ser mezclas de o-xileno, m-xileno y p-xileno.

El término "cimeno", como se usa en la presente, incluye el o-cimeno, el m-cimeno y el p-cimeno, así como mezclas de los mismos. Por ejemplo, el cimeno puede ser o-cimeno. Por ejemplo, el cimeno puede ser m-cimeno. Por ejemplo, el cimeno puede ser p-cimeno. Por ejemplo, el cimeno puede ser mezclas de o-cimeno, m-cimeno y p-cimeno.

Los ejemplos que se presentan a continuación no son limitativos y se usan para ejemplificar mejor los procedimientos de la presente divulgación.

En la Figura 1 se muestra un diagrama de flujo de proceso ejemplar para un proceso de la presente divulgación.

El proceso ejemplificado 10 es un proceso para reciclar desechos que son desechos de poliestireno y/o desechos de copolímero de poliestireno, sin embargo, los expertos en la técnica adaptarán este proceso ejemplificado a los demás termoplásticos de acuerdo con la presente divulgación sin ninguna dificultad. En referencia a la Figura 1, en el proceso ejemplificado 10, los desechos de poliestireno pueden disolverse 12 en cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, para obtener una mezcla. Si, por ejemplo, la mezcla comprende material insoluble con un tamaño de partícula de 10 micrómetros o más, o un tamaño de partícula de 5 micrómetros o más, o un tamaño de partícula de 1 micrómetro o más, la mezcla puede entonces opcionalmente filtrarse 14 en condiciones para eliminar el material insoluble. Luego, la mezcla se calienta en condiciones ácidas opcionalmente, en presencia de un agente reductor, y después se enfría para obtener un sobrenadante que comprende poliestireno en solución (es decir, poliestireno disuelto) y/o copolímero de poliestireno en solución (es decir, copolímero de poliestireno

disuelto) y un residuo de residuos sólidos floculado 16.

En algunos ejemplos de la presente solicitud, el proceso puede comprender además añadir una base y calentar la mezcla en condiciones neutras antes de enfriarla. Luego, el proceso comprende separar 18 el sobrenadante que comprende poliestireno y/o copolímero de poliestireno del residuo de desechos sólido. El proceso puede comprender opcionalmente tratar el sobrenadante con un coadyuvante de filtración para eliminar los geles insolubles 20. A continuación, el sobrenadante puede ponerse en contacto con (por ejemplo, añadirse a) 22 una primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos para obtener poliestireno precipitado y/o copolímero de poliestireno precipitado y una primera parte de solución de desechos de hidrocarburos. Luego, el poliestireno precipitado y/o el copolímero de poliestireno precipitado pueden separarse de la primera parte de solución de desechos de hidrocarburos (no mostrado). A continuación, el poliestireno precipitado y/o el copolímero de poliestireno precipitado pueden lavarse 24 con una segunda parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos para obtener poliestireno lavado y/o copolímero de poliestireno lavado y una segunda parte de solución de desechos de hidrocarburos. A continuación, el poliestireno lavado y/o el copolímero de poliestireno lavado pueden separarse de la segunda parte de solución de desechos de hidrocarburos (no mostrado). A continuación, el poliestireno lavado y/o el copolímero de poliestireno lavado pueden lavarse opcionalmente con una tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos para obtener poliestireno lavado dos veces y/o copolímero de poliestireno lavado dos veces y una tercera parte de solución de desechos de hidrocarburos. A continuación, el poliestireno lavado dos veces y/o el copolímero de poliestireno lavado dos veces pueden separarse de la tercera parte de solución de desechos de hidrocarburos. Opcionalmente, la solución de desechos de hidrocarburos sobrante puede eliminarse escurriendo y/o comprimiendo el poliestireno lavado (o lavado dos veces) y/o el copolímero de poliestireno lavado (o lavado dos veces). A continuación, el poliestireno lavado (o lavado dos veces) y/o el copolímero de poliestireno lavado (o lavado dos veces) pueden secarse opcionalmente para obtener poliestireno seco y/o copolímero de poliestireno seco. El poliestireno seco y/o copolímero de poliestireno seco pueden luego opcionalmente envasarse 30, por ejemplo, el proceso puede comprender además procesar el poliestireno seco y/o copolímero de poliestireno seco para obtener gránulos de poliestireno y/o gránulos de copolímero de poliestireno y los gránulos de poliestireno y/o gránulos de copolímero de poliestireno pueden envasarse 30. El cimenso, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, y/o el no disolvente de poliestireno con hidrocarburos pueden opcionalmente recuperarse 32, por ejemplo mediante un proceso que comprende destilar la primera parte de solución de desechos de hidrocarburos, la segunda parte de solución de desechos de hidrocarburos y/o la tercera parte de solución de desechos de hidrocarburos para obtener cimenso, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, y/o no disolvente de poliestireno con hidrocarburos. El cimenso, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, puede opcionalmente reciclarse para su uso en el disolvente 12. El disolvente de poliestireno con hidrocarburos puede reciclarse opcionalmente para su uso en la precipitación 22, el primer lavado 24 y/o el segundo lavado 26.

Por ejemplo, antes de enfriar la mezcla para obtener el sobrenadante que comprende poliestireno disuelto y/o copolímero de poliestireno disuelto y el residuo de desechos sólido, el proceso puede comprender además añadir una base y calentar la mezcla en condiciones neutras. La base es cualquier base adecuada y puede ser seleccionada por los expertos en la técnica. Por ejemplo, la base puede ser hidróxido de calcio.

Por ejemplo, la mezcla puede comprender material insoluble con un tamaño de partícula de 10 micrómetros o más y el proceso puede comprender además filtrar la mezcla para eliminar el material insoluble antes de calentar la mezcla en condiciones ácidas; en algunas realizaciones, el material insoluble tiene un tamaño de partícula de 5 micrómetros o más; por ejemplo, un tamaño de partícula de 1 micrómetro o más. Por ejemplo, el material insoluble puede elegirse entre polvo, arena, suciedad, metal, madera, papel, pigmento, proteína, pegatinas, polímeros insolubles en cimenso, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos. Por ejemplo, los polímeros insolubles en cimenso, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos en donde la temperatura de disolución es de menos de 100°C, por ejemplo, de menos de 90°C, pueden elegirse entre polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno de alta densidad (HDPE), polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET) y cloruro de polivinilo (PVC).

Por ejemplo, el sobrenadante que comprende poliestireno disuelto y/o copolímero de poliestireno disuelto puede añadirse a la primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos (es decir, el contacto comprende añadir el sobrenadante que comprende poliestireno y/o copolímero de poliestireno a la primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos). Por ejemplo, el sobrenadante que comprende polímero termoplástico y/o copolímero termoplástico puede añadirse a la primera parte de no disolvente de hidrocarburo (es decir, el contacto comprende añadir el sobrenadante que comprende polímero termoplástico y/o copolímero termoplástico a la primera parte de no disolvente de hidrocarburos).

La mezcla puede filtrarse a través de cualquier filtro adecuado, la selección del cual puede ser realizada por un experto en la técnica. Por ejemplo, la mezcla puede filtrarse a través de un filtro elegido entre un filtro de malla metálica, un filtro de bolsa de poliolefina, un filtro de bolsa de poliéster, un filtro de tela y un filtro de papel.

Los desechos son cualquier desecho adecuado de polímero termoplástico o desecho de copolímero termoplástico, por ejemplo, cualquier desecho adecuado de poliestireno o de copolímero de poliestireno. Por ejemplo,

los desechos pueden ser un desecho postindustrial, un desecho postconsumo o una combinación de los mismos. Por ejemplo, los desechos pueden ser desechos postindustriales. Por ejemplo, los desechos pueden ser desechos postconsumo. Por ejemplo, los desechos pueden ser una combinación de desechos postindustriales y desechos postconsumo. Por ejemplo, los desechos pueden ser desechos de poliestireno. Por ejemplo, los desechos pueden ser una combinación de desechos de poliestireno y desechos de copolímero de poliestireno. Por ejemplo, los desechos pueden ser desechos de copolímero de poliestireno.

Los desechos de poliestireno puede ser cualquier desecho de poliestireno adecuado. Por ejemplo, los desechos de poliestireno pueden ser desechos de poliestireno expandido, desechos de poliestireno extruido o una combinación de los mismos. Por ejemplo, los desechos de poliestireno pueden ser desechos de poliestireno expandido. Por ejemplo, los desechos de poliestireno pueden ser desechos de poliestireno extruido. Por ejemplo, los desechos de poliestireno pueden ser una combinación de desechos de poliestireno expandido y desechos de poliestireno extruido.

Los desechos de copolímero de poliestireno puede ser cualquier desecho de poliestireno adecuado. Por ejemplo, los desechos de copolímeros de poliestireno pueden ser desechos de poliestireno de alto impacto (HIPS), desechos de copolímeros de bloque de estireno-butadieno (por ejemplo, desechos de copolímeros tribloque de poli(estireno-butadieno-estireno) (SBS), desechos de copolímeros aleatorios de estireno-butadieno, desechos de Kraton™ o combinaciones de los mismos. Por ejemplo, los desechos de Kraton™ pueden ser un copolímero de estireno y un bloque de caucho como butadieno, isopreno o un equivalente hidrogenado de los mismos. Por ejemplo, los desechos de copolímero de poliestireno puede ser un desecho de poliestireno de alto impacto (HIPS). Por ejemplo, los desechos de copolímero de poliestireno pueden ser desechos de copolímero en bloque de estireno-butadieno. Por ejemplo, los desechos de copolímeros de poliestireno pueden ser desechos de copolímeros aleatorios de estireno-butadieno. Por ejemplo, los desechos de copolímero de poliestireno pueden ser desechos de copolímero tribloque de poli(estireno-butadieno-estireno) (SBS). Por ejemplo, los desechos de copolímeros de poliestireno pueden ser residuos de Kraton™. Por ejemplo, los desechos de copolímeros de poliestireno pueden ser una combinación de dos, tres o los cuatro desechos de poliestireno de alto impacto (HIPS), desechos de copolímeros de bloque de estireno-butadieno (por ejemplo, desechos de copolímeros tribloque de poli(estireno-butadieno-estireno) (SBS)), desechos de copolímeros aleatorios de estireno-butadieno y residuos de Kraton™. Por ejemplo, los desechos de copolímeros de poliestireno pueden ser una combinación de dos o más desechos de poliestireno de alto impacto (HIPS), desechos de copolímeros de bloque de estireno-butadieno (por ejemplo, desechos de copolímeros tribloque de estireno-butadieno-estireno (SBS)), desechos de copolímeros aleatorios de estireno-butadieno y residuos de Kraton™. Los expertos en la técnica también apreciarán que la cantidad de polímero no estirénico en el copolímero de poliestireno puede, por ejemplo, influir en la solubilidad del copolímero de poliestireno y pueden adaptar los procesos en consecuencia. Por ejemplo, el proceso puede usarse opcionalmente para separar el copolímero de poliestireno con un bajo contenido de PBU (por ejemplo, de aproximadamente un 2% en peso a aproximadamente un 10% en peso) que precipitará tras la adición del no disolvente de poliestireno, a partir del copolímero de poliestireno con un alto contenido de PBU (por ejemplo, un copolímero de Kraton compuesto de un 30% en peso de PS y un 70% en peso de PBU) porque el copolímero de poliestireno con un alto contenido de PBU permanecerá en solución en la solución de desechos de hidrocarburos. Por ejemplo, los copolímeros de poliestireno que tienen un contenido de no poliestireno (por ejemplo, un contenido de PBU) de aproximadamente el 30% en peso o más pueden ser solubles en disolventes no polares y pueden, por ejemplo, permanecer en solución durante los pasos de contacto (por ejemplo, adición) y/o lavado.

La disolución se lleva a cabo a una temperatura y durante un tiempo para disolver por lo menos sustancialmente el polímero termoplástico y/o el copolímero termoplástico, como el poliestireno y/o el copolímero de poliestireno, en un disolvente adecuado, como cimen, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, por ejemplo en el caso del poliestireno y/o el copolímero de poliestireno. Por ejemplo, la disolución puede llevarse a cabo a una temperatura de aproximadamente 0°C a aproximadamente 100°C en el caso de los desechos de poliestireno y/o de los desechos de copolímero de poliestireno. Por ejemplo, los desechos de poliestireno pueden disolverse a temperaturas menores que las usadas para disolver desechos que comprenden desechos de copolímero de poliestireno. Por ejemplo, la disolución puede llevarse a cabo a una temperatura de aproximadamente 20°C a aproximadamente 30°C. Por ejemplo, los desechos que comprenden desechos de copolímero de poliestireno pueden disolverse a temperaturas mayores que las usadas para disolver residuos que no comprenden desechos de copolímero de poliestireno. Por ejemplo, la disolución puede llevarse a cabo a una temperatura comprendida de aproximadamente 70°C a aproximadamente 90°C. Por ejemplo, la disolución puede llevarse a cabo a una temperatura de aproximadamente 80°C a aproximadamente 85°C. Por ejemplo, la disolución puede llevarse a cabo a una temperatura de aproximadamente 80°C. Por ejemplo, la disolución puede llevarse a cabo a una temperatura de aproximadamente 85°C.

Por ejemplo, la mezcla puede comprender el poliestireno y/o el copolímero de poliestireno en una cantidad igual o de menos de aproximadamente el 50% en peso, sobre la base del peso total de la mezcla. Por ejemplo, la mezcla puede comprender el poliestireno y/o el copolímero de poliestireno en una cantidad de aproximadamente el 10% en peso a aproximadamente el 50% en peso, sobre la base del peso total de la mezcla. Por ejemplo, la mezcla puede comprender el poliestireno y/o el copolímero de poliestireno en una cantidad de aproximadamente el 20% en peso a aproximadamente el 40% en peso, sobre la base del peso total de la mezcla. Por ejemplo, la mezcla puede

comprender el poliestireno y/o el copolímero de poliestireno en una cantidad de aproximadamente el 20% en peso a aproximadamente el 30% en peso, sobre la base del peso total de la mezcla. Por ejemplo, la mezcla puede comprender el poliestireno y/o el copolímero de poliestireno en una cantidad de aproximadamente el 25% en peso, sobre la base del peso total de la mezcla. Por ejemplo, la mezcla puede comprender el poliestireno y/o el copolímero de poliestireno en una cantidad de aproximadamente el 35% en peso a aproximadamente el 45% en peso, sobre la base del peso total de la mezcla. Por ejemplo, la mezcla puede comprender el poliestireno y/o el copolímero de poliestireno en una cantidad de aproximadamente el 40% en peso, sobre la base del peso total de la mezcla.

Por ejemplo, los desechos de polímeros termoplásticos y/o los desechos de copolímeros termoplásticos como los desechos de poliestireno y/o los desechos de copolímeros de poliestireno pueden disolverse en un disolvente adecuado. Por ejemplo, un disolvente adecuado tiene un parámetro de solubilidad similar al de los desechos de polímero termoplástico y/o los desechos de copolímero termoplástico como desechos de poliestireno y/o desechos de copolímero de poliestireno. Los expertos en la técnica también apreciarán que, en un proceso de reciclaje, un disolvente adecuado también puede ser ventajosamente respetuoso con el medio ambiente, no tóxico y seguro de manejar, a la vez que tiene un punto de inflamación elevado, es reciclable con alta pureza y alto rendimiento de recuperación y/o permite pasos de purificación. Por ejemplo, los disolventes adecuados para desechos de poliestireno y/o desechos de copolímeros de poliestireno pueden ser ésteres, diésteres o carbonatos no volátiles, cimen, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos. Por ejemplo, un disolvente adecuado puede ser cimen, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos. Por ejemplo, los desechos de poliestireno y/o los desechos de copolímero de poliestireno pueden disolverse en cimen. Por ejemplo, los desechos de poliestireno y/o los desechos de copolímeros de poliestireno pueden disolverse en xileno. Por ejemplo, los desechos de poliestireno y/o los desechos de copolímeros de poliestireno pueden disolverse en etilbenceno. Por ejemplo, los desechos de poliestireno y/o los desechos de copolímeros de poliestireno pueden disolverse en tolueno. Por ejemplo, los desechos de poliestireno y/o los desechos de copolímero de poliestireno pueden disolverse en benceno.

Incluso después de la filtración opcional descrita anteriormente pueden permanecer en la mezcla impurezas insolubles de menos de 10 micras de tamaño, o de menos de 1 micra de tamaño. Ejemplos de partículas sólidas menores de 10 micras, o de menos de 1 micra, pueden incluir pigmentos orgánicos e inorgánicos como negro de carbono y óxido de titanio y partículas de pigmentos orgánicos usados en dispersiones de colorantes. En los procesos de la presente divulgación, estas partículas pequeñas pueden transformarse en flóculos grandes fácilmente eliminables usando, por ejemplo, técnicas de decantación, centrifugación o filtración después de los pasos de calentamiento y enfriamiento. Sin querer estar limitados por la teoría, por ejemplo, pueden usarse partículas pequeñas de metales divalentes o trivalentes como sólidos de nucleación que inician la formación de flóculos. Sin querer estar limitados por la teoría, también pueden usarse iones metálicos monovalentes, pero son menos eficaces en la floculación que los iones metálicos divalentes y trivalentes.

De hecho, en algunas realizaciones de la presente divulgación, las partículas más grandes, como las partículas como las partículas o impurezas que tienen un tamaño de 1 micrómetro o más pueden eliminarse por filtración. En cualquier caso, las impurezas o partículas que tienen un tamaño o diámetro de menos de 1 micrómetro se eliminan por floculación.

Por ejemplo, las condiciones ácidas pueden comprender un pH de menos de 5. Por ejemplo, las condiciones ácidas pueden comprender un pH de aproximadamente 2 a aproximadamente 5. Por ejemplo, las condiciones ácidas pueden comprender un pH de aproximadamente 3,5 a aproximadamente 4,5. Por ejemplo, las condiciones ácidas pueden comprender un pH de aproximadamente 4.

Las condiciones ácidas pueden obtenerse añadiendo cualquier ácido adecuado a la mezcla. Por ejemplo, las condiciones ácidas pueden obtenerse añadiendo a la mezcla un ácido mineral, un ácido orgánico o combinaciones de los mismos. Por ejemplo, las condiciones ácidas pueden obtenerse añadiendo a la mezcla un ácido mineral. Por ejemplo, las condiciones ácidas pueden obtenerse añadiendo a la mezcla un ácido orgánico. Por ejemplo, las condiciones ácidas pueden obtenerse añadiendo a la mezcla una combinación de un ácido mineral y un ácido orgánico. Por ejemplo, el ácido mineral puede ser HCl o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Por ejemplo, el ácido orgánico puede ser ácido acético, ácido fórmico o ácido oxálico. Por ejemplo, el ácido mineral puede ser HCl o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y el ácido orgánico puede ser ácido acético, ácido fórmico o ácido oxálico. Por ejemplo, el ácido mineral puede ser HCl. Por ejemplo, las condiciones ácidas pueden obtenerse añadiendo HCl a la mezcla. Por ejemplo, el HCl puede añadirse a la mezcla en forma de solución en metanol.

Por ejemplo, la mezcla puede calentarse a una temperatura de aproximadamente 60°C a aproximadamente 100°C. Por ejemplo, la mezcla puede calentarse a una temperatura de aproximadamente 70°C a aproximadamente 90°C. Por ejemplo, la mezcla puede calentarse a una temperatura de aproximadamente 80°C.

Por ejemplo, la mezcla puede calentarse durante un tiempo de aproximadamente 1 hora a aproximadamente 4 horas. Por ejemplo, la mezcla puede calentarse durante aproximadamente 2 horas.

Por ejemplo, la mezcla puede calentarse mientras se agita. La agitación puede llevarse a cabo usando cualquier medio adecuado, la selección del cual puede ser realizada por un experto en la técnica. Por ejemplo, la agitación puede consistir en remover.

Por ejemplo, el agente reductor puede ser un metal que sea capaz de oxidarse a un catión divalente o trivalente. Por ejemplo, el agente reductor puede ser metal de zinc, metal de aluminio, metal de calcio o metal de magnesio. Por ejemplo, el agente reductor puede ser metal de aluminio. Por ejemplo, el agente reductor puede ser metal de zinc. Por ejemplo, el agente reductor puede añadirse en forma de partículas. Por ejemplo, las partículas pueden estar en forma de polvo

Por ejemplo, el enfriamiento puede comprender dejar que la mezcla vuelva a la temperatura ambiente y se asiente durante un tiempo para obtener el sobrenadante y el residuo de desechos sólido. Por ejemplo, la temperatura ambiente puede ser de aproximadamente 15°C a aproximadamente 25°C. Por ejemplo, la temperatura ambiente puede ser de aproximadamente 20°C. Por ejemplo, el tiempo puede ser de aproximadamente 2 horas a aproximadamente 24 horas. Por ejemplo, el tiempo puede ser de aproximadamente 6 horas a aproximadamente 18 horas. Por ejemplo, el tiempo puede ser de aproximadamente 12 horas.

El sobrenadante puede separarse del residuo de desechos sólido mediante cualquier medio adecuado, la selección del cual puede ser realizada por un experto en la técnica. Por ejemplo, el sobrenadante puede separarse del residuo de desechos sólido mediante centrifugación. Por ejemplo, el sobrenadante puede separarse del residuo de desechos sólido mediante decantación. Por ejemplo, el sobrenadante puede separarse del residuo de desechos sólido mediante filtración. Por ejemplo, la filtración puede comprender el uso de un filtro que tenga, por ejemplo, un tamaño de malla o de poro que sea más fino que el filtro usado para la separación (por ejemplo, filtración) del material insoluble que tiene un tamaño de partícula de 10 micrómetros o más de la mezcla; en algunas realizaciones, el material insoluble tiene un tamaño de partícula de 5 micrómetros o más, por ejemplo, un tamaño de partícula de 1 micrómetro o más.

Por ejemplo, la filtración puede comprender:

- tratar un papel de filtro con una solución que comprende ácido poliacrílico, metanol y agua para obtener un papel de filtro modificado; y
- filtrar el sobrenadante a través del papel de filtro modificado.

Después de la floculación y filtración, por ejemplo, en filtros modificados, el sobrenadante no contiene ningún material sólido o insoluble significativo y el polímero puede recuperarse opcionalmente usando precipitación con un no disolvente de hidrocarburo como hexano o heptano. Alternativamente, el sobrenadante puede contener geles insolubles. Por ejemplo, el copolímero de poliestireno entrecruzado o reticulado no es soluble en disolventes aromáticos como cimen, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos. Por ejemplo, los geles insolubles pueden comprender copolímero de poliestireno entrecruzado o reticulado. Por consiguiente, en algunos ejemplos, el proceso comprende en primer lugar tratar el sobrenadante con un coadyuvante de filtración para eliminar dichos geles insolubles.

Por ejemplo, el coadyuvante de filtración puede ser óxido, hidróxido, carbonato o sulfato de calcio, magnesio o aluminio. Por ejemplo, el coadyuvante de filtración puede ser una base. Por ejemplo, el coadyuvante de filtración (por ejemplo, la base) puede añadirse en forma sólida. Por ejemplo, el coadyuvante de filtración puede ser hidróxido de calcio. Por ejemplo, la base puede añadirse al sobrenadante hasta obtener un pH de aproximadamente 9 a aproximadamente 10.

Por ejemplo, el tratamiento puede comprender calentar el sobrenadante con el coadyuvante de filtración mientras se agita, seguido de la adición de un no disolvente de poliestireno con hidrocarburos, detención de la agitación, y permitiendo que la mezcla vuelva a la temperatura ambiente y se asiente durante un tiempo para precipitar el gel insoluble del sobrenadante. Por ejemplo, la agitación puede comprender remoción.

Por ejemplo, el sobrenadante y el coadyuvante de filtración pueden calentarse a una temperatura de aproximadamente 70°C a aproximadamente 100°C. Por ejemplo, el sobrenadante y el coadyuvante de filtración pueden calentarse a una temperatura de aproximadamente 80°C a aproximadamente 90°C. Por ejemplo, el sobrenadante y el coadyuvante de filtración pueden calentarse a una temperatura de aproximadamente 85°C.

Por ejemplo, el sobrenadante y el coadyuvante de filtración pueden calentarse durante un tiempo de aproximadamente 30 minutos a aproximadamente 4 horas. Por ejemplo, el sobrenadante y el coadyuvante de filtración pueden calentarse durante un tiempo de aproximadamente 1 hora a aproximadamente 2 horas. Por ejemplo, el sobrenadante y el coadyuvante de filtración pueden calentarse durante un tiempo de aproximadamente 90 minutos.

Por ejemplo, la mezcla puede dejarse sedimentar durante un tiempo de aproximadamente 6 horas a

aproximadamente 24 horas. Por ejemplo, la mezcla puede dejarse sedimentar durante un tiempo de aproximadamente 12 horas a aproximadamente 16 horas.

Por ejemplo, el no disolvente de hidrocarburos, por ejemplo, el no disolvente de poliestireno con hidrocarburos puede ser cualquier no disolvente de hidrocarburos adecuado, por ejemplo, cualquier no disolvente de poliestireno con hidrocarburos adecuado. Por ejemplo, el no disolvente de poliestireno con hidrocarburos puede comprender, consistir esencialmente o consistir en heptano o una mezcla de isómeros de heptano.

El gel insoluble puede separarse del sobrenadante por cualquier medio adecuado, la selección del cual puede ser realizada por un experto en la técnica.

Por ejemplo, el gel insoluble puede eliminarse del sobrenadante mediante un proceso que comprenda centrifugación. Las condiciones de centrifugación son cualesquiera adecuadas y pueden ser seleccionadas por un experto en la técnica. Por ejemplo, la centrifugación puede llevarse a cabo durante un tiempo de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 30 minutos o durante aproximadamente 10 minutos a una velocidad de aproximadamente 3.000 rpm a aproximadamente 5.000 rpm o aproximadamente 4.000 rpm.

Por ejemplo, el gel insoluble puede eliminarse del sobrenadante mediante un proceso que comprende filtración. Por ejemplo, la filtración puede comprender:

- tratar un papel de filtro con una solución que comprende ácido poliacrílico, metanol y agua para obtener un papel de filtro modificado; y
- filtrar el sobrenadante a través del papel de filtro modificado.

Por ejemplo, el gel insoluble puede eliminarse del sobrenadante mediante un proceso que comprende decantación.

Por ejemplo, el sobrenadante puede añadirse a la primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos en el punto de ebullición del no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y agitarse durante un tiempo para que la difusión del cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, desde el sobrenadante al no disolvente de poliestireno con hidrocarburos proceda en grado suficiente. Por ejemplo, el tiempo puede ser de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 10 minutos. La agitación puede comprender cualquier medio adecuado, la selección del cual puede ser realizada un experto en la técnica. Por ejemplo, la agitación puede realizarse con un agitador mecánico.

Por ejemplo, más de aproximadamente el 90% en peso del cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, en el sobrenadante puede difundirse en el no disolvente de poliestireno con hidrocarburos, sobre la base del peso total del sobrenadante.

Por ejemplo, la proporción en volumen entre la primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y el sobrenadante puede ser de aproximadamente 2:1 a aproximadamente 4:1. Por ejemplo, la proporción en volumen entre la primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y el sobrenadante puede ser de aproximadamente 3:1.

El poliestireno precipitado y/o el copolímero de poliestireno precipitado pueden separarse de la primera parte de solución de desechos de hidrocarburos mediante cualquier medio adecuado, la selección del cual puede ser realizada por un experto en la técnica. Por ejemplo, el poliestireno precipitado y/o el copolímero de poliestireno precipitado pueden separarse de la primera parte de solución de desechos de hidrocarburos mediante un proceso que comprende decantar la primera parte de solución de desechos de hidrocarburos del poliestireno precipitado y/o del copolímero de poliestireno precipitado.

Por ejemplo, al poliestireno precipitado y/o al copolímero de poliestireno precipitado puede añadirse una segunda parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos en el punto de ebullición del no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y agitarse durante un tiempo para la difusión del cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, desde el poliestireno precipitado y/o el copolímero de poliestireno precipitado hacia el no disolvente de poliestireno con hidrocarburos para que se produzca en una medida suficiente. Por ejemplo, el tiempo puede ser de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 15 minutos. Por ejemplo, el tiempo puede ser de aproximadamente 10 minutos. Por ejemplo, el tiempo puede ser de aproximadamente 2 minutos a aproximadamente 5 minutos. La agitación puede comprender cualquier medio adecuado, la selección del cual puede ser realizada por un experto en la técnica. Por ejemplo, la agitación puede realizarse con un agitador mecánico.

Por ejemplo, el poliestireno lavado y/o el copolímero de poliestireno lavado pueden comprender menos de aproximadamente un 0,3% en peso de cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos. Por ejemplo, el poliestireno lavado y/o el copolímero de poliestireno lavado pueden contener menos de

aproximadamente el 0,1% en peso de cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos.

Por ejemplo, la proporción en volumen de la segunda parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos con respecto al poliestireno precipitado y/o al copolímero de poliestireno precipitado puede ser de aproximadamente 1:2 a aproximadamente 2:1. Por ejemplo, la proporción en volumen de la segunda parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos con respecto al poliestireno precipitado y/o al copolímero de poliestireno precipitado puede ser de aproximadamente 1:1.

El poliestireno lavado y/o el copolímero de poliestireno lavado pueden separarse de la segunda parte de solución de desechos de hidrocarburos mediante cualquier medio adecuado, la selección del cual puede ser realizada por un experto en la técnica. Por ejemplo, el poliestireno lavado y/o el copolímero de poliestireno lavado pueden separarse de la segunda parte de solución de desechos de hidrocarburos mediante un proceso que comprende decantar la segunda parte de solución de desechos de hidrocarburos del poliestireno lavado y/o del copolímero de poliestireno lavado.

Por ejemplo, el poliestireno lavado y/o el copolímero de poliestireno lavado pueden lavarse con una tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y la tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos puede añadirse al poliestireno lavado y/o al copolímero de poliestireno lavado en el punto de ebullición del no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y agitarse durante un tiempo para la difusión del cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, desde el poliestireno lavado y/o el copolímero de poliestireno lavado al no disolvente de poliestireno con hidrocarburos para que se produzca en una medida suficiente. Por ejemplo, el tiempo puede ser de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 10 minutos. Por ejemplo, el tiempo puede ser de aproximadamente 5 minutos. La agitación puede comprender cualquier medio adecuado, la selección del cual puede ser realizada por un experto en la técnica. Por ejemplo, la agitación puede realizarse con un agitador mecánico.

Por ejemplo, el poliestireno lavado dos veces y/o el copolímero de poliestireno lavado dos veces pueden contener menos de aproximadamente el 0,1% en peso de cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos. Por ejemplo, el poliestireno lavado dos veces y/o el copolímero de poliestireno lavado dos veces pueden contener menos de aproximadamente el 0,05% en peso de cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos.

Por ejemplo, la proporción en volumen de la tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos con respecto al poliestireno lavado y/o al copolímero de poliestireno lavado puede ser de aproximadamente 1:2 a aproximadamente 2:1. Por ejemplo, la proporción en volumen de la tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos con respecto al poliestireno lavado y/o al copolímero de poliestireno lavado puede ser de aproximadamente 1:1.

El poliestireno lavado dos veces y/o el copolímero de poliestireno lavado dos veces pueden separarse de la tercera parte de solución de desechos de hidrocarburos mediante cualquier medio adecuado, la selección del cual puede ser realizada por un experto en la técnica. Por ejemplo, el poliestireno lavado dos veces y/o el copolímero de poliestireno lavado dos veces pueden separarse de la tercera parte de solución de desechos de hidrocarburos mediante un proceso que comprende decantar la tercera parte de solución de desechos de hidrocarburos del poliestireno lavado dos veces y/o del copolímero de poliestireno lavado dos veces.

Por ejemplo, después de separar el poliestireno lavado (o lavado dos veces) y/o el copolímero de poliestireno lavado (o lavado dos veces) de la segunda (o tercera, según el caso) parte de solución de desechos de hidrocarburos y antes del secado, el proceso puede comprender además la eliminación de la solución de desechos de hidrocarburos sobrante escurriendo y/o comprimiendo el poliestireno lavado (o lavado dos veces) y/o el copolímero de poliestireno lavado (o lavado dos veces).

Por ejemplo, por lo menos una de la primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos, la segunda parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y la tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos pueden comprender, consistir esencialmente o consistir en un no disolvente de poliestireno con hidrocarburos que tenga un punto de ebullición a 1 atm de presión de aproximadamente 98°C a aproximadamente 110°C.

Por ejemplo, por lo menos una de la primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos, la segunda parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y la tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos puede comprender, consistir esencialmente o consistir en un no disolvente de poliestireno con hidrocarburos que tenga un punto de ebullición a 1 atm de presión de aproximadamente 105°C a aproximadamente 110°C.

Por ejemplo, la primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos, la segunda parte de no

disolvente de poliestireno con hidrocarburos y la tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos pueden comprender, consistir esencialmente o consistir en un alcano C<sub>6</sub>-C<sub>8</sub> o un destilado de petróleo.

5 Por ejemplo, la primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos, la segunda parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y la tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos pueden comprender, consistir esencialmente o consistir en un alcano C<sub>6</sub>-C<sub>8</sub>.

10 Por ejemplo, la primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos, la segunda parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y la tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos pueden comprender, consistir esencialmente o consistir en un destilado de petróleo.

15 Por ejemplo, la primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos, la segunda parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y la tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos pueden comprender, consistir esencialmente o consistir en heptano.

Por ejemplo, la primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos, la segunda parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y la tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos pueden ser todas del mismo no disolvente de poliestireno con hidrocarburos.

20 Por ejemplo, la primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos, la segunda parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y la tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos pueden ser todas diferentes no disolventes de poliestireno con hidrocarburos.

25 Por ejemplo, la segunda parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y la tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos pueden ser el mismo no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y la primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos puede ser un no disolvente de poliestireno con hidrocarburos diferente.

30 Por ejemplo, la segunda parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y la tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos pueden comprender, consistir esencialmente o consistir en heptano y la primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos puede comprender, consistir esencialmente o consistir en hexano.

35 Por ejemplo, el poliestireno lavado o lavado dos veces y/o el copolímero de poliestireno lavado o lavado dos veces pueden secarse para obtener poliestireno seco y/o copolímero de poliestireno seco.

El poliestireno lavado o lavado dos veces y/o el copolímero de poliestireno lavado o lavado dos veces pueden secarse mediante cualquier medio adecuado, la selección del cual puede ser realizada por un experto en la técnica. Por ejemplo, el poliestireno lavado o lavado dos veces y/o el copolímero de poliestireno lavado o lavado dos veces pueden secarse para la temperatura y durante el tiempo necesarios para que la eliminación del no disolvente de poliestireno con hidrocarburos restante se produzca en una medida suficiente. Por ejemplo, el secado puede llevarse a cabo a una temperatura de aproximadamente 75°C a aproximadamente 125°C. Por ejemplo, el secado puede llevarse a cabo a una temperatura de aproximadamente 100°C. Por ejemplo, el poliestireno lavado o lavado dos veces y/o el copolímero de poliestireno lavado o lavado dos veces pueden secarse usando un secador de infrarrojos durante un tiempo para que la eliminación del no disolvente de poliestireno con hidrocarburos restante proceda en una medida suficiente. Por ejemplo, el poliestireno lavado o lavado dos veces y/o el copolímero de poliestireno lavado o lavado dos veces pueden secarse al vacío durante un tiempo suficiente para que la eliminación del resto de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos proceda en una medida suficiente.

50 Por ejemplo, los desechos de poliestireno y/o los desechos de copolímero de poliestireno pueden comprender impurezas polares y/o copolímero de poliestireno con un contenido de poliestireno de menos de aproximadamente el 70% en peso, y el proceso puede comprender además lavar los desechos de poliestireno y/o los desechos de copolímero de poliestireno con un disolvente orgánico polar para eliminar las impurezas polares y/o el copolímero de poliestireno con un contenido de poliestireno de menos de aproximadamente el 70% en peso. Por ejemplo, el disolvente orgánico polar puede comprender, consistir esencialmente o consistir en metanol o etanol. Por ejemplo, el disolvente orgánico polar puede comprender, consistir esencialmente o consistir en metanol. Por ejemplo, el disolvente orgánico polar puede comprender, consistir esencialmente o consistir en etanol.

60 Por ejemplo, el proceso puede comprender además:

- Poner en contacto una primera parte de disolvente orgánico polar con la primera parte de solución de desechos de hidrocarburos para obtener otra parte de copolímero de poliestireno precipitado y una cuarta parte de solución de desechos de hidrocarburos;
- 65 - separar la parte adicional de copolímero de poliestireno precipitado de la cuarta parte de solución de

desechos de hidrocarburos;

- lavar la parte adicional de copolímero de poliestireno precipitado con una segunda parte de disolvente orgánico polar;
- opcionalmente, repetir el lavado; y
- opcionalmente, secar la parte adicional lavada de copolímero de poliestireno precipitado para obtener una parte adicional de copolímero de poliestireno secado.

Por ejemplo, la primera parte de disolvente orgánico polar puede añadirse a la primera parte de solución de desechos de hidrocarburos (es decir, el contacto comprende añadir la primera parte de disolvente orgánico polar a la primera parte de solución de desechos de hidrocarburos).

Por ejemplo, la parte de disolvente orgánico polar y la segunda parte de disolvente orgánico polar pueden comprender, consistir esencialmente o consistir en un alcohol que tiene de uno a cinco átomos de carbono. Por ejemplo, el alcohol que tiene de uno a cinco átomos de carbono puede ser metanol o etanol. Por ejemplo, la primera parte de disolvente orgánico polar y la segunda parte de disolvente orgánico polar pueden comprender, consistir esencialmente o consistir en metanol.

Por ejemplo, cuando los desechos comprenden desechos de copolímero de poliestireno, la parte adicional de copolímero de poliestireno precipitado puede comprender una proporción mayor de no poliestireno: poliestireno que la proporción de no poliestireno a poliestireno de los desechos de copolímero de poliestireno. Por ejemplo, el no poliestireno puede comprender polibutadieno.

Por ejemplo, puede repetirse el lavado.

Por ejemplo, la parte adicional lavada de copolímero de poliestireno puede secarse a la temperatura y durante el tiempo necesarios para que la eliminación del no disolvente de poliestireno de hidrocarburos restante y del disolvente orgánico polar proceda en una medida suficiente. El secado puede llevarse a cabo mediante cualquier medio adecuado, la selección del cual puede ser realizada por un experto en la técnica. Por ejemplo, el secado puede realizarse a una temperatura de aproximadamente 75°C a aproximadamente 125°C aproximadamente. Por ejemplo, el secado puede llevarse a cabo a una temperatura de aproximadamente 80°C. Por ejemplo, la parte adicional lavada de copolímero de poliestireno puede secarse usando un secador de infrarrojos durante un tiempo para que la eliminación del resto de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y el disolvente orgánico polar proceda en una medida suficiente. Por ejemplo, la parte adicional lavada de copolímero de poliestireno puede secarse al vacío durante un tiempo suficiente para eliminar el resto de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos y disolvente orgánico polar.

Por ejemplo, el proceso puede comprender además destilar la primera parte de solución de desechos de hidrocarburos, la segunda parte de solución de desechos de hidrocarburos, la tercera parte de solución de desechos de hidrocarburos y/u opcionalmente la cuarta parte de solución de desechos de hidrocarburos en condiciones para obtener cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos y/o no disolvente de poliestireno con hidrocarburos.

Por ejemplo, el proceso puede comprender además reciclar el cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, para su uso en el paso de disolución. Por ejemplo, el proceso puede comprender además reciclar el no disolvente de poliestireno con hidrocarburos para su uso en el contacto (por ejemplo, paso de adición), el primer paso de lavado y/o el segundo paso de lavado.

Por ejemplo, el proceso puede comprender además procesar el poliestireno seco y/o el copolímero de poliestireno seco en condiciones para obtener gránulos de poliestireno y/o gránulos de copolímero de poliestireno. Las condiciones para obtener los gránulos de poliestireno y/o los gránulos de copolímero de poliestireno pueden ser cualesquiera condiciones adecuadas, la selección de las cuales puede ser realizada por los expertos en la técnica. Por ejemplo, las condiciones para obtener los gránulos de poliestireno y/o los gránulos de copolímero de poliestireno pueden comprender la extrusión del poliestireno seco y/o el copolímero de poliestireno seco a una temperatura de aproximadamente 140°C a aproximadamente 160°C.

Por ejemplo, el proceso puede comprender además envasar los gránulos de poliestireno y/o los gránulos de copolímero de poliestireno.

Por ejemplo, el proceso puede comprender además triturar los desechos de poliestireno y/o los desechos de copolímero de poliestireno antes de la disolución.

Por ejemplo, en los procesos de la presente divulgación, la disolución y el calentamiento pueden llevarse a

cabo secuencialmente. Por ejemplo, alternativamente, la disolución y el calentamiento pueden llevarse a cabo simultáneamente.

Por ejemplo, la mezcla puede obtenerse en una primer localización y el proceso puede comprender además transportar la mezcla a una segunda localización en la que se lleven a cabo pasos posteriores del proceso.

Por ejemplo, los desechos de poliestireno y/o los desechos de copolímero de poliestireno pueden disolverse en el cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, en un recipiente que tenga una cámara que contenga el cimeno, xileno o etilbenceno y por lo menos una abertura en la cámara para añadir los desechos de poliestireno y/o los desechos de copolímero de poliestireno al cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, y el proceso puede comprender además añadir los desechos de poliestireno y/o los desechos de copolímero de poliestireno al cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos contenidos en la cámara. Por ejemplo, el recipiente puede comprender además un respiradero. Por ejemplo, el recipiente puede comprender además un medio para impulsar los desechos de poliestireno y/o los desechos de copolímero de poliestireno hacia el cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos. Por ejemplo, los medios para impulsar pueden comprender una rejilla metálica dentro del recipiente. Por ejemplo, el recipiente puede comprender además un medio para indicar cuándo se ha alcanzado la capacidad de la cámara. Por ejemplo, los medios para indicar cuándo se ha alcanzado la capacidad del recipiente pueden ser una luz indicadora. Por ejemplo, la luz indicadora puede estar conectada a un interruptor de flotador en la cámara.

Por ejemplo, el contacto y el lavado (es decir, tanto el primer como el segundo lavado opcional, si lo hay) pueden llevarse a cabo a una temperatura de aproximadamente 80°C a aproximadamente 105°C. Por ejemplo, el contacto y el lavado pueden llevarse a cabo a una temperatura de aproximadamente 85°C a aproximadamente 100°C. Por ejemplo, el contacto y el lavado pueden llevarse a cabo a una temperatura de aproximadamente 80°C a aproximadamente 90°C o de aproximadamente 85°C. Por ejemplo, el no disolvente de poliestireno con hidrocarburos puede ser heptano y la puesta en contacto y el lavado (es decir, tanto el primer como el segundo lavado opcional, si lo hay) pueden llevarse a cabo a una temperatura de aproximadamente 80°C a aproximadamente 105°C, de aproximadamente 85°C a aproximadamente 100°C, de aproximadamente 80°C a aproximadamente 90°C o de aproximadamente 85°C.

También se proporciona poliestireno reciclado y/o copolímero de poliestireno reciclado preparado de acuerdo con un proceso para reciclar desechos de poliestireno y/o desechos de copolímero de poliestireno de la presente divulgación.

Por ejemplo, el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado pueden tener un índice de fluidez de fusión de menos de aproximadamente 30 g/10min. Por ejemplo, el poliestireno reciclado puede tener un índice de fluidez de fusión de aproximadamente 3 a aproximadamente 25 g/10min. Por ejemplo, el poliestireno reciclado puede tener un índice de fluidez de fusión de aproximadamente 1 a aproximadamente 15 g/10min. Por ejemplo, el poliestireno reciclado puede tener un índice de fluidez de fusión de aproximadamente 10 a aproximadamente 15 g/10min. Por ejemplo, el poliestireno reciclado puede tener un índice de fluidez de fusión de aproximadamente 5 a aproximadamente 12 g/10 min. Por ejemplo, el poliestireno reciclado puede tener un índice de fluidez de fusión de aproximadamente 2 a aproximadamente 12 g/10 min. Por ejemplo, el poliestireno reciclado puede tener un índice de fluidez de fusión de menos de aproximadamente 15 g/10min. Por ejemplo, el poliestireno reciclado puede tener un índice de fluidez de fusión de menos de aproximadamente 12 g/10min.

Por ejemplo, el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado tienen una transmitancia que varía del 80 al 99%; la transmitancia midiéndose en un espectro UV-VIS a 600 nm a 20°C en una solución que comprende el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado diluido en cimeno, en donde el contenido de poliestireno reciclado y/o copolímero de poliestireno reciclado es del 20% en peso del peso total de la solución, y en donde la solución de referencia para el 100% de transmitancia en un espectro UV-VIS a 600 nm a 20°C es una solución de homopolímero de poliestireno virgen diluido en cimeno, en donde el contenido de poliestireno virgen es del 20% en peso del peso total de la solución de referencia; en algunas realizaciones, el contenido de poliestireno virgen varía del 85% al 99%; por ejemplo, el contenido de poliestireno virgen varía del 90% al 99%; del 95% al 99% y, en algunas realizaciones, el contenido de poliestireno virgen varía del 96% al 99% o del 97% al 99%.

También se proporciona poliestireno reciclado y/o copolímero de poliestireno reciclado que tiene un contenido total de aditivo o aditivos de menos del 0,5% en peso.

Por ejemplo, el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado pueden tener un contenido de aditivo o aditivos de menos del 0,1% en peso. Por ejemplo, el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado pueden tener un contenido de aditivo o aditivos de aproximadamente 0,07% en peso.

Por ejemplo, el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado pueden haberse obtenido reciclando un desecho de poliestireno y/o un desecho de copolímero de poliestireno mediante un tratamiento con un

disolvente y un no disolvente.

Por ejemplo, el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado pueden haberse obtenido reciclando un desecho de poliestireno y/o un desecho de copolímero de poliestireno mediante un tratamiento con un disolvente que es cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, y un no disolvente de poliestireno con hidrocarburos que es un alcano C<sub>6</sub>-C<sub>8</sub> o un destilado del petróleo.

Por ejemplo, el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado pueden haberse obtenido reciclando desechos de poliestireno y/o desechos de copolímero de poliestireno mediante un tratamiento con un disolvente que es cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, y un no disolvente de poliestireno con hidrocarburos que es un alcano C<sub>6</sub>-C<sub>8</sub> o mezclas de los mismos.

Por ejemplo, el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado pueden haberse obtenido reciclando desechos de poliestireno y/o desechos de copolímero de poliestireno mediante un tratamiento con un disolvente que es cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, y un no disolvente de poliestireno con hidrocarburos que es hexano.

Por ejemplo, el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado pueden haberse obtenido reciclando desechos de poliestireno y/o desechos de copolímero de poliestireno mediante un tratamiento con un disolvente que es cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, y un no disolvente de poliestireno con hidrocarburos que es hexano.

Por ejemplo, el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado pueden haberse obtenido reciclando desechos de poliestireno y/o desechos de copolímero de poliestireno mediante un tratamiento con un disolvente que es cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, y un no disolvente de poliestireno con hidrocarburos que es octano.

Por ejemplo, el disolvente puede ser cimeno.

Por ejemplo, el disolvente puede ser xileno.

Por ejemplo, el disolvente puede ser tolueno.

Por ejemplo, el disolvente puede ser benceno.

Por ejemplo, el disolvente puede ser etilbenceno.

Por ejemplo, el disolvente puede ser la fracción BTX del petróleo, en donde BTX es una mezcla de benceno, tolueno y xileno.

Por ejemplo, el disolvente puede ser la fracción BTEX del petróleo en donde BTX es una mezcla de benceno, tolueno, etilbenceno y xileno. Por ejemplo, el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado pueden ser blancos, transparentes o claros. Por ejemplo, el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado pueden ser por lo menos sustancialmente transparentes. Por ejemplo, el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado pueden ser blancos.

Por ejemplo, el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado pueden haberse obtenido:

- disolviendo desechos de poliestireno y/o desechos de copolímero de poliestireno en cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, para obtener una mezcla;
- calentando la mezcla en condiciones ácidas en presencia de un agente reductor, añadiendo una base, calentando la mezcla en condiciones neutras y, a continuación, enfriando la mezcla para obtener un sobrenadante que comprende poliestireno disuelto y/o copolímero de poliestireno disuelto y un residuo de desechos sólido;
- separando el sobrenadante que contiene poliestireno disuelto y/o copolímero de poliestireno disuelto del residuo de desechos sólido;
- opcionalmente, tratando el sobrenadante que comprende poliestireno disuelto y/o copolímero de poliestireno disuelto con un coadyuvante de filtración para eliminar los geles insolubles;
- poniendo en contacto (por ejemplo, añadiendo) el sobrenadante que comprende poliestireno disuelto y/o copolímero de poliestireno disuelto con una primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos para obtener poliestireno precipitado y/o copolímero de poliestireno precipitado y una primera parte de

solución de desechos de hidrocarburos;

- separando el poliestireno precipitado y/o el copolímero de poliestireno precipitado de la primera parte de solución de desechos de hidrocarburos;
- lavando el poliestireno precipitado y/o el copolímero de poliestireno precipitado con una segunda parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos para obtener poliestireno lavado y/o un copolímero de poliestireno lavado y una segunda parte de solución de desechos de hidrocarburos;

- separando el poliestireno lavado y/o el copolímero de poliestireno lavado de la segunda parte de solución de desechos de hidrocarburos;

- opcionalmente, lavando el poliestireno lavado y/o el copolímero de poliestireno lavado con una tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos para obtener poliestireno lavado dos veces y/o copolímero de poliestireno lavado dos veces y una tercera parte de solución de desechos de hidrocarburos;

- opcionalmente, separando el poliestireno lavado dos veces y/o el copolímero de poliestireno lavado dos veces de la tercera parte de solución de desechos de hidrocarburos; y

- opcionalmente, secando el poliestireno lavado o lavado dos veces y/o el copolímero de poliestireno lavado o lavado dos veces para obtener poliestireno seco y/o copolímero de poliestireno seco.

Por ejemplo, el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado pueden haberse obtenido:

- disolviendo desechos de poliestireno y/o desechos de copolímero de poliestireno en cimen, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, para obtener una mezcla;

- calentando la mezcla en condiciones ácidas en presencia de un agente reductor, añadiendo una base y calentando la mezcla en condiciones neutras, enfriando a continuación la mezcla para obtener un sobrenadante que comprende poliestireno disuelto y/o copolímero de poliestireno disuelto y un residuo de desechos sólido;

- separando el sobrenadante que contiene poliestireno disuelto y/o copolímero de poliestireno disuelto del residuo de desechos sólido;

- opcionalmente, tratando el sobrenadante que comprende el poliestireno disuelto y/o el copolímero de poliestireno disuelto con un coadyuvante de filtración para eliminar los geles insolubles;

- poniendo en contacto (por ejemplo, añadiendo) el sobrenadante que comprende poliestireno disuelto y/o copolímero de poliestireno disuelto con una primera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos para obtener poliestireno precipitado y/o copolímero de poliestireno precipitado y una primera parte de solución de desechos de hidrocarburos;

- separando el poliestireno precipitado y/o el copolímero de poliestireno precipitado de la primera parte de solución de desechos de hidrocarburos;

- lavando el poliestireno precipitado y/o el copolímero de poliestireno precipitado con una segunda parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos para obtener poliestireno lavado y/o copolímero de poliestireno lavado y una segunda parte de solución de desechos de hidrocarburos;

- separando el poliestireno lavado y/o el copolímero de poliestireno lavado de la segunda parte de solución de desechos de hidrocarburos;

- opcionalmente, lavando el poliestireno lavado y/o el copolímero de poliestireno lavado con una tercera parte de no disolvente de poliestireno con hidrocarburos para obtener poliestireno lavado dos veces y/o copolímero de poliestireno lavado dos veces y una tercera parte de solución de desechos de hidrocarburos;

- opcionalmente, separando el poliestireno lavado dos veces y/o el copolímero de poliestireno lavado dos veces de la tercera parte de solución de desechos de hidrocarburos; y

- opcionalmente, secando el poliestireno lavado o lavado dos veces y/o el copolímero de poliestireno lavado o lavado dos veces para obtener el copolímero de poliestireno seco.

También se proporciona un uso de los poliestirenos reciclados y/o copolímeros de poliestireno reciclados de la presente divulgación para preparar una mezcla que comprende el poliestireno reciclado y/o copolímero de

poliestireno reciclado y un poliestireno virgen y/o copolímero de poliestireno virgen.

También se proporciona un método de uso de los poliestirenos reciclados y/o copolímeros de poliestireno reciclados de la presente divulgación, que comprende mezclar el poliestireno reciclado y/o copolímero de poliestireno reciclado con un poliestireno virgen y/o copolímero de poliestireno virgen.

Por ejemplo, la mezcla puede comprender por lo menos aproximadamente un 10% en peso de poliestireno reciclado y/o copolímero de poliestireno reciclado. Por ejemplo, la mezcla puede comprender por lo menos aproximadamente un 15% en peso del poliestireno reciclado y/o copolímero de poliestireno reciclado. Por ejemplo, la mezcla puede comprender por lo menos aproximadamente un 20% en peso del poliestireno reciclado y/o copolímero de poliestireno reciclado. Por ejemplo, la mezcla puede comprender de aproximadamente un 1% en peso a aproximadamente un 50% en peso de poliestireno reciclado y/o copolímero de poliestireno reciclado. Por ejemplo, la mezcla puede comprender de aproximadamente un 5% en peso a aproximadamente un 50% en peso de poliestireno reciclado y/o copolímero de poliestireno reciclado. Por ejemplo, la mezcla puede comprender de aproximadamente un 5% en peso a aproximadamente un 30% en peso de poliestireno reciclado y/o copolímero de poliestireno reciclado.

Por ejemplo, la mezcla puede comprender el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado y un poliestireno virgen. Por ejemplo, la mezcla puede comprender el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado y un copolímero de poliestireno virgen. Por ejemplo, la mezcla puede comprender el poliestireno reciclado y/o el copolímero de poliestireno reciclado, un poliestireno virgen y un copolímero de poliestireno virgen.

## EJEMPLOS

### **Ejemplo 1: Purificación y reciclaje de desechos de poliestireno expandido postconsumo (PC-EPS) realizados sin usar un paso de floculación.**

Se preparó una solución de poliestireno expandido (EPS), con una concentración de poliestireno (PS) de aproximadamente el 20% en peso, disolviendo 40 g de EPS postconsumo en 160 g de p-cimeno. Se obtuvo una solución homogénea negra después de calentarla con agitación una hora a 80 grados C. La solución negra de PS se dejó reposar, sin agitación, una hora a temperatura ambiente para permitir el depósito de la mayoría de las partículas sólidas. Falló un intento de tomar un espectro UV-VIS de esta solución de PC-EPS, ya que todo el haz de luz emitido desde el espectrómetro fue absorbido por las partículas pequeñas sólidas en suspensión, la transmitancia para esta solución a 600 nm es del 0%, figura 3 curva a. Se usó centrifugación, a 4000 rpm durante 10 minutos, para eliminar la mayor parte de las partículas sólidas finas negras dispersas en la solución de PS. La Figura 3, curva b, presenta el espectro de absorción visible de 400 a 800 nm de la solución de PC-EPS al 20% en peso después del centrifugado; la transmitancia a 600 nm es del 39%. La Figura 3, curva d, presenta el espectro UV-VIS del 20% en peso de PS puro disuelto en p-cimeno. El PS puro es transparente en la región de 400 a 800 nm del espectro UV-VIS, la transmitancia a 600 nm es del 100%. Los análisis se realizaron a una temperatura de 20°C y a presión atmosférica.

### **Ejemplo 2: Purificación y reciclaje de desechos de poliestireno expandido postconsumo realizados usando un paso de floculación**

Se preparó una solución de poliestireno expandido (EPS), con una concentración de poliestireno (PS) de aproximadamente el 20% en peso, disolviendo 4,1 g de EPS postconsumo en 16 g de p-cimeno. La solución se filtró con un papel de filtro Whatman™ que tenía un tamaño de poro de 11 micras, para eliminar las impurezas sólidas de más de 10 micrómetros, como etiquetas adhesivas y partículas de polvo. Después de la primera filtración, la solución de PS en p-cimeno tenía un color amarillo-grisáceo y no era transparente, lo que indicaba la presencia de partículas sólidas pequeñas en suspensión. Las partículas sólidas pequeñas se transformaron en flóculos grandes fácilmente eliminables usando técnicas de decantación, centrifugación o filtración por el siguiente método de floculación. La floculación implicó, en primer lugar, un paso de acidificación de la solución de cimeno PS hasta un pH de 4 con 1,2 g de una solución diluida de HCl (1 g de HCl al 35% (p/p) en 9 g de metanol). Para el paso de acidificación también puede usarse otro ácido mineral, como el ácido sulfúrico, o un ácido orgánico, como el acético o el oxálico, o una mezcla de ácido mineral y orgánico en cualquier proporción. En segundo lugar, la solución PS se puso en contacto con 1 g de zinc en polvo. También puede usarse otro metal reductor como aluminio, calcio o magnesio. La solución se calentó a 65°C, con agitación magnética, durante 2 h en condiciones reductoras. Se detuvo la agitación y se dejó que la solución volviera a la temperatura ambiente durante 6 horas. La floculación dio como resultado la formación de un precipitado gris en el fondo del matraz y la solución de cimeno PS por encima del precipitado era casi incolora y transparente. La Figura 3 curva c, presenta el espectro UV-VIS de la solución de PC-EPS al 20% en peso, muestra una absorción muy baja entre 400 y 800 nm, con una transmitancia del 97% a 600 nm a 20°C y es muy próxima a la de la solución PS pura (figura 3 curva d). La solución de poliestireno/p-cimeno se añadió a heptano (aunque puede usarse cualquier otro no disolvente de poliestireno con hidrocarburos adecuado) en condiciones para obtener poliestireno precipitado y el poliestireno precipitado se lavó con partes adicionales de heptano (aunque puede usarse cualquier otro no disolvente de poliestireno con hidrocarburos adecuado) en condiciones para obtener poliestireno lavado dos veces. La precipitación y el lavado se llevaron a cabo a una temperatura de aproximadamente 85°C a aproximadamente 100°C. La pasta blanca de poliestireno lavada dos veces se secó durante 4 días a 100°C. El PS

reciclado, 4 g, se recuperó como un sólido claro cristalino.

### **Ejemplo 3: Purificación y reciclaje de desechos de poliestireno de alto impacto (HIPS) procedentes de vasos de yogur**

Se disolvieron escamas de HIPS postconsumo procedentes de vasos de yogur coloreados (20 g) a 80°C en 50 g de p-cimeno. La solución se filtró con un papel de filtro Whatman que tenía un tamaño de poro de 11 micras, para eliminar las impurezas sólidas mayores de 10 micrómetros, como las etiquetas adhesivas y partículas de polvo. Después de la primera filtración, la solución de HIPS en p-cimeno tenía un color verde y no era transparente, lo que indicaba la presencia de partículas sólidas pequeñas de pigmento y de gel polimérico insoluble en suspensión. Las partículas sólidas pequeñas y el gel polimérico se transformaron en flóculos grandes fácilmente eliminables usando técnicas de decantación, centrifugación o filtración mediante el siguiente método de floculación. La solución de HIPS se acidificó hasta un pH de 4 como se describe en el Ejemplo 1, se añadió 1 g de zinc en polvo y, la solución se calentó con agitación durante 2 h a 80°C. Para el paso de acidificación también puede usarse otro ácido mineral, como el ácido sulfúrico, o un ácido orgánico, como el acético o el oxálico, o una mezcla de ácido mineral y orgánico en cualquier proporción, y también puede usarse otro metal reductor, como el aluminio, el calcio o el magnesio, en lugar del zinc. Después de reposar durante 12 h a 20°C, se formaron flóculos verdes que se separaron en el fondo del matraz. Se humedeció un papel de filtro Whatman, con un tamaño de poro de 11 micras, con una solución de ácido poliacrílico (1 g de PAA al 35% en agua más 9 g de metanol). Este papel de filtro modificado se usó para filtrar la solución de HIPS y permitió separar un sólido verde de una solución transparente rosa de HIPS en p-cimeno. A continuación, la solución de HIPS rosa en p-cimeno (50 ml) se añadió a 150 ml de heptano. En el fondo del matraz se precipitó una pasta blanca de HIPS. La capa superior de disolventes se eliminó mediante decantación y el poliestireno de alto impacto precipitado se lavó con partes adicionales de heptano (aunque puede usarse cualquier no disolvente de poliestireno con hidrocarburos adecuado para los pasos de precipitación y lavado) en condiciones para obtener poliestireno de alto impacto lavado dos veces. La precipitación y el lavado se llevaron a cabo a una temperatura de aproximadamente 85°C a aproximadamente 100°C. Se combinaron los disolventes de lavado y se añadió metanol (30 ml) a la solución obtenida después de la precipitación del HIPS, lo que dio como resultado la formación de un precipitado blanco adicional. Este precipitado se lavó dos veces con metanol puro y se secó durante 2 días a 80°C. Este sólido blanco de 1,09 g era un copolímero PS-PBU con un contenido de PBU superior al del material HIPS de partida de acuerdo con el análisis de NMR (4% de PBU + 96% de PS). La pasta blanca de HIPS precipitada se secó durante 4 días a 100°C. El HIPS seco y reciclado, 15 g, se recuperó como sólido blanco. Los análisis de  $^1\text{H}$  y  $^{13}\text{C}$  NMR mostraron un contenido de 97,4% de estireno y 2,6% de PBU. El espectro FTIR del sólido blanco corresponde al del PS isotáctico. Los resultados espectroscópicos de fluorescencia de rayos X (XRF) de las escamas de HIPS postconsumo fueron los siguientes en % en peso: C = 91,3, H = 7,67, O = 0,39, Ti = 0,55, Al = 0,01, Ca = 0,01, Na = trazas, Cu = 0,01, Fe = 0,01, Zn = 0,01, S = trazas, Cl = trazas, Si = trazas. Los resultados espectroscópicos de fluorescencia de rayos X del HIPS purificado fueron los siguientes en % en peso: C = 92,2, H = 7,73, O = 0,05, Ti = 0,03, Al = trazas, Ca = trazas, Na = trazas, Cu = trazas, Fe = trazas, Zn = trazas, S = trazas, Cl = trazas, Si = 0,03. Estos resultados de XRF indican una pureza de los elementos del 99,93% para el HIPS reciclado.

### **Ejemplo 4: Purificación y reciclaje de botes de PS y HIPS postconsumo**

Se disolvieron escamas de bote de plástico postconsumo (40 g), obtenidos de las empresas de reciclaje Vogt y Eslava, en 160 g de p-xileno a 85°C. La solución se filtró usando un tamiz Inox con aberturas de 0,250 mm (60 meshes), para eliminar las impurezas de gran tamaño, como las etiquetas adhesivas y partículas de polvo. El peso de esta primera fracción sólida eliminada fue de 5,95 g (se analizaron diferentes partes del sólido y se identificó que contenían PE, PP o PET mediante espectroscopia FTIR). Después de la primera filtración, la solución de PS y HIPS en p-xileno tenía un color verde y no era transparente, lo que indicaba la presencia de partículas sólidas pequeñas de pigmento y gel polimérico insoluble en suspensión. Las partículas sólidas pequeñas y el gel polimérico se transformaron en flóculos grandes fáciles de eliminar usando técnicas de decantación, centrifugación o filtración mediante el siguiente método. La solución de PS y HIPS se acidificó hasta un pH de 4 como en el Ejemplo 1, se añadió 1 g de polvo de zinc y, la solución se calentó con agitación durante 2 h a 80°C. Para el paso de acidificación también puede usarse otro ácido mineral, como el ácido sulfúrico, o un ácido orgánico, como el acético o el oxálico, o una mezcla de ácido mineral y orgánico en cualquier proporción y en lugar del zinc puede usarse otro metal reductor, como el aluminio, el calcio o el magnesio. Después de reposar 12 h a 20°C, se formaron flóculos verdes que se separaron en el fondo del matraz. Para filtrar la solución de PS y HIPS se usó un papel de filtro Whatman, con un tamaño de poro de 11 micras, y permitió la separación de un sólido verde de una solución transparente rosa de PS y HIPS en p-xileno. El peso de esta segunda fracción sólida fue de 1,58 g. A continuación, se añadió hidróxido de calcio (1 g) a la solución de PS y HIPS. La solución se agitó y se calentó a 85°C durante 90 minutos y a la solución caliente de xileno se le añadió lentamente heptano (68 g). Se detuvo la agitación y el calentamiento y se dejó que la solución volviera a la temperatura ambiente durante la noche. El hidróxido de calcio y el gel HIPS reticulado no disuelto se eliminaron usando centrifugación (10 minutos a 4.000 rpm). El peso de esta tercera fracción sólida fue de 3,2 g (este sólido se identificó como PS atáctico usando espectroscopia FTIR). La solución verde claro de PS y HIPS en p-xileno (228 g) se añadió a 240 g de heptano. En el fondo del matraz se precipitó una pasta blanca de PS y HIPS. La capa superior de disolventes se eliminó por decantación y el PS y el HIPS precipitados se lavaron con partes adicionales de heptano (2 x 100 g) (aunque puede usarse cualquier otro no disolvente de poliestireno adecuado) en condiciones

para obtener PS y HIPS lavado dos veces. La precipitación y el lavado se llevaron a cabo a una temperatura de aproximadamente 85°C a aproximadamente 100°C. Después del secado al vacío se obtuvo un sólido blanco de PS y HIPS (25,6 g). Se identificó que el sólido blanco contenía poliestireno atáctico usando espectroscopia FTIR. El contenido de PBU era de aproximadamente el 2,6%. Esta baja concentración no permite la identificación con FTIR, ya que las bandas relativas al contenido de PS de aproximadamente el 97% enmascararían las del PBU.

#### **Ejemplo 5: Purificación y reciclaje de desechos postconsumo de poliestireno expandido**

Se preparó una solución de poliestireno expandido (EPS), con una concentración de poliestireno (PS) de aproximadamente el 20% en peso, disolviendo 4,1 g de EPS postconsumo en 16 g de etilbenceno. La solución se filtró con un papel de filtro Whatman que tenía un tamaño de poro de 11 micras. La solución gris amarillenta se acidificó hasta un pH de 4 con 1,2 g de una solución diluida de HCl (1 g de HCl 35% (p/p) en 9 g de metanol) y se añadió 1 g de zinc en polvo. La solución se calentó a 65°C, con agitación magnética, durante 2 h. Se detuvo la agitación y se dejó que la solución volviera a la temperatura ambiente. Después de 6 horas a 20°C, en el fondo del matraz se formó un precipitado gris y la solución de PS anterior era incolora y transparente. Después de la precipitación del PS con 50 ml de heptano y el lavado con heptano, la pasta blanca de PS se secó 4 días a 100°C. El PS reciclado, 4 g, se recuperó como un sólido claro cristalino.

#### **Ejemplo 6: Purificación y reciclaje de desechos postconsumo de poliestireno expandido**

Se preparó una solución de poliestireno expandido (EPS), con una concentración de poliestireno (PS) de aproximadamente el 20%, disolviendo 40 g de cajas de pescado de EPS postconsumo en 160 g de etilbenceno. A continuación, se añadió zinc (1 g) y ácido fórmico (1 g, 96% en agua) para disolver el EPS en condiciones reductoras. La solución se calentó a 85°C, con agitación, durante 60 minutos y, a continuación, se añadió hidróxido de calcio para neutralizar el ácido fórmico, y la agitación continuó durante una hora a 85°C. Se detuvo la agitación y se dejó que la solución volviera a la temperatura ambiente durante un periodo de 6 horas. La floculación dio como resultado la formación de un precipitado gris en el fondo del matraz y la solución de PS por encima del precipitado era incolora y transparente. El sólido se separó de la solución de poliestireno/etilbenceno usando centrifugación (10 minutos a 4000 rpm) y luego con decantación. El residuo sólido (4,89 g), obtenido en el fondo de los tubos de centrifugación estaba compuesto por sales de zinc, hidróxido de calcio, suciedad y trozos de plástico. Las sales de zinc y calcio añadidas, con un peso de 3,14 g, se restaron del peso del residuo sólido, lo que dio un peso neto de 1,75 g para todas las impurezas combinadas en el EPS de cajas de pescado postconsumo. La solución de poliestireno/etilbenceno se añadió a 240 g de heptano (aunque puede usarse cualquier otro no disolvente de poliestireno con hidrocarburos adecuado) en condiciones para obtener poliestireno precipitado y el poliestireno precipitado se lavó con partes adicionales de heptano (aunque puede usarse cualquier otro no disolvente de poliestireno con hidrocarburos adecuado) en condiciones para obtener poliestireno lavado dos veces. La precipitación y el lavado del poliestireno en heptano se realizaron a 85°C. La pasta blanca de poliestireno lavado dos veces se secó al vacío durante 4 horas a 100°C. El PS reciclado, 33,88 g, se recuperó como un sólido claro cristalino.

#### **Ejemplo 7: Depuración y reciclaje de desechos de poliestireno y poliestireno de alto impacto (HIPS) postconsumo**

Se disolvieron botes de plástico de poliestireno triturado postconsumo (40 g), obtenidos de las empresas de reciclaje Vogt y Eslava, en 160 g de etilbenceno en una hora a 85°C con agitación en presencia de zinc y ácido fórmico como en el Ejemplo 5. Después de la disolución de PS, se añadió hidróxido de calcio (1 g) para neutralizar el ácido fórmico y se continuó la agitación durante una hora a 85°C. Se detuvo la agitación y se dejó que la solución volviera a la temperatura ambiente durante un periodo de 6 horas. La floculación dio como resultado la formación de un precipitado gris en el fondo del matraz y la solución de PS tenía un color marrón y no era transparente. La solución se vertió en tubos de centrifugación y el precipitado gris se lavó dos veces con heptano (2 x 10 ml). El residuo sólido se secó durante 4 h a 100°C al vacío; el peso de este primer sólido fue de 5,27 g. La centrifugación de la solución dio como resultado la formación de un residuo sólido compactado en el fondo del tubo y una solución casi transparente por encima del sólido. La decantación permitió separar la fase líquida del residuo sólido. El residuo sólido del fondo del tubo se suspendió en 5 ml de heptano y se centrifugó por segunda vez. Las soluciones de lavado se combinaron y se añadieron a la solución de PS en etilbenceno. El residuo sólido, obtenido después de la centrifugación, se secó durante 4 h a 100°C al vacío; el peso de este sólido centrifugado fue de 10,65 g. La solución de poliestireno/etilbenceno se añadió a 240 g de heptano (aunque puede usarse cualquier otro no disolvente de poliestireno con hidrocarburos adecuado) en condiciones para obtener poliestireno precipitado y el poliestireno precipitado se lavó dos veces con partes adicionales (100 ml) de heptano (aunque puede usarse cualquier otro no disolvente de poliestireno con hidrocarburos adecuado) en condiciones para obtener poliestireno lavado dos veces. La precipitación y el lavado del poliestireno en heptano se realizaron a 85°C. La pasta blanca de poliestireno lavada dos veces se secó al vacío durante 4 horas a 100°C. El PS reciclado, 20,82 g, se recuperó como un sólido blanco.

#### **Ejemplo 8: Depuración y reciclaje de desechos de poliestireno y poliestireno de alto impacto (HIPS) postconsumo en una mezcla de desechos plásticos**

En 160 g de etilbenceno se disolvió una mezcla de desechos plásticos postconsumo no triturados con botes de plástico de poliestireno (40 g), obtenida de la empresa de reciclaje Veolia, durante una hora a 85°C con agitación en presencia de zinc y ácido fórmico como en el Ejemplo 5. Después de la disolución de PS, se añadió hidróxido de calcio (1 g) para neutralizar el ácido fórmico y la agitación continuó una hora a 85°C. Se detuvo la agitación y se dejó que la solución volviera a la temperatura ambiente durante un periodo de 6 horas. Debido a la presencia de una cantidad significativa de plástico insoluble, se usó una filtración gruesa para separar los plásticos insolubles de la solución de poliestireno/etilbenceno y se lavó con etilbenceno (20 g) y la solución de lavado se añadió a la solución de poliestireno/etilbenceno (aunque este paso de filtración es opcional). La floculación dio como resultado la formación de un precipitado gris en el fondo del matraz y la solución de PS tenía un color verde y no era transparente. La solución se vertió en tubos de centrifugación y el precipitado gris con todos los plásticos insolubles se lavó dos veces con heptano (2 x 25 ml). El residuo sólido y los plásticos insolubles se secaron 4 h a 100°C al vacío; el peso de este primer sólido fue de 6,95 g. La centrifugación de la solución dio como resultado la formación de un residuo sólido compactado en el fondo del tubo y una solución casi transparente por encima del sólido. La decantación permitió la separación de la fase líquida del residuo sólido. El residuo sólido del fondo del tubo se suspendió en 5 ml de heptano y se centrifugó por segunda vez. Las soluciones de lavado se combinaron y se añadieron a la solución PS en etilbenceno. El residuo sólido, obtenido después de la centrifugación, se secó durante 4 h a 100°C al vacío; el peso de este sólido centrifugado fue de 8,17 g. La solución de poliestireno/etilbenceno se añadió a 240 g de heptano (aunque puede usarse cualquier otro no disolvente de poliestireno con hidrocarburos adecuado) en condiciones para obtener poliestireno precipitado y el poliestireno precipitado se lavó dos veces con partes adicionales (100 ml) de heptano (aunque puede usarse cualquier otro no disolvente de poliestireno con hidrocarburos adecuado) en condiciones para obtener poliestireno lavado dos veces. La precipitación y el lavado del poliestireno en heptano se llevaron a cabo a 85°C. La pasta blanca de poliestireno lavada dos veces se secó al vacío durante 4 horas a 100°C. El PS reciclado, 24,58 g, se recuperó como un sólido blanco.

#### **Ejemplo 9: Purificación y reciclaje de copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) postconsumo.**

Se preparó una solución de copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS, usado en las maquinillas de afeitar BIC) postconsumo, que tenía una concentración de ABS de aproximadamente el 20% en peso, disolviendo 30,9 g de ABS postconsumo en 124 g de 1,2-dicloroetano, con agitación a 80 C durante 2 horas. La solución se filtró con un papel de filtro Whatman™ que tenía un tamaño de poro de 11 micras, para eliminar las impurezas sólidas mayores de 11 micras. Después de la filtración, la solución de ABS en 1,2-dicloroetano (DCE) tenía un color azul y no era transparente, lo que indicaba la presencia de partículas sólidas pequeñas en suspensión. La figura 4 curva a presenta el espectro UV-VIS de esta solución azul de ABS filtrada, la transmitancia a 600 nm es del 0%. Las partículas sólidas pequeñas se transformaron en flóculos grandes que se eliminaron fácilmente por centrifugación usando el siguiente método de floculación. Se añadieron ácido fórmico (96%, 2 g) y zinc en polvo (1 g) a la solución de ABS y se agitó a 80°C durante 2 horas. Se detuvo la agitación y se dejó que la solución volviera a la temperatura ambiente durante 6 horas. La floculación dio como resultado la formación de un precipitado azul en el fondo del matraz y la solución de ABS en DCE se centrifugó 10 minutos a 4000 rpm. La solución sobrenadante se separó de las partículas sólidas azules usando decantación. La figura 4 curva b presenta el espectro UV-VIS de esta solución de ABS floculada y centrifugada, la transmitancia a 600 nm es del 88%.

La solución de ABS en 1,2-dicloroetano se añadió a 200 g de metanol a 60 grados C para obtener poliestireno precipitado y el copolímero de poliestireno de ABS precipitado se lavó con dos partes adicionales (100 g) de metanol (aunque puede usarse cualquier otro no disolvente de copolímero de poliestireno alcohólico adecuado) en condiciones para obtener copolímero de poliestireno de ABS lavado dos veces. La precipitación y el lavado se realizaron a una temperatura de aproximadamente 80°C. La pasta blanca de ABS lavada dos veces de color azul claro se secó durante 4 horas al vacío a 120°C. El PC-ABS reciclado, 27,67 g correspondientes a un rendimiento de recuperación del 89,5% en peso, se recuperó como un sólido blanco azulado claro.

#### **Ejemplo 10: Purificación y reciclaje de LDPE de desechos postconsumo.**

Se preparó una solución de polietileno de baja densidad (LDPE), con una concentración de polietileno (PE) de aproximadamente el 5% en peso, disolviendo 10,4 g de LDPE postconsumo en 190 g de etilbenceno. La solución se calentó con agitación a 130°C durante 1 h para completar la disolución del LDPE. Se añadió metal de magnesio (0,5 g) a la solución de LDPE gris amarillento y se añadieron cinco gotas de ácido fórmico al 50% con el propósito de acidificación. Se detuvo la agitación y la solución se dejó una hora a 130°C. En el fondo del matraz se formó un precipitado gris y la solución de LDPE se añadió lentamente a 200 ml de metanol caliente agitado. El LDPE precipitado se lavó dos veces con 100 ml de metanol caliente. La pasta blanca de LDPE se secó 4 horas a 100°C al vacío. El LDPE reciclado, 9,9 g de rendimiento del 95%, se recuperó como un sólido blanco. La figura 5 presenta fotos del LDPE postconsumo usado para este experimento y la del sólido blanco de LDPE reciclado recuperado.

#### **Ejemplo 11 Caracterización del poliestireno reciclado y/o del copolímero de poliestireno reciclado obtenidos de acuerdo con el procedimiento inventivo.**

#### **Materiales.**

Se adquirieron tolueno (99,9%), etilbenceno (99%), p-xileno (99%), p-cimeno (99%), heptano (grado HPLC, 99%), 1,2-dicloroetano (99%), tetrahidrofurano (99%), polvo de zinc (98%), ácido fórmico (96%), ácido acético (99%), ácido oxálico (99%), metanol (99%) y poliestireno puro (Mw de 350.000) sde Aldrich. El PS puro (20 g) se disolvió en 80 g de p-cimeno. Los espectros UV-VIS se tomaron en una célula de cuarzo de 1 cm de paso.

La solución de EPS postconsumo se obtuvo disolviendo 20 g de cajas de pescado de EPS o cajas de fruta de EPS postconsumo en 80 g de disolvente puro. Se obtuvieron escamas de botes de plástico postconsumo de las empresas de reciclaje Vogt y Eslava. Los HIPS postconsumo de botes de yogur se seleccionaron manualmente de bolsas de botes de plástico mezclados enviadas para su reciclado. El ABS postconsumo se obtuvo de maquinillas de afeitar BIC azules usadas. El polietileno de baja densidad postconsumo se obtuvo de láminas de polietileno de baja densidad usadas.

#### Técnicas

Los espectros UV-VIS se registraron usando un espectrofotómetro Agilent Cary 60. Las mediciones FTIR se realizaron con un espectrofotómetro Nicolet iS10 FT-IR de Thermo Fisher Scientific. Las centrifugaciones se realizaron con una centrifugadora BKC-TL41V de Biobase Biodustry (Shandong) Co LTD.

Los análisis químicos de NMR, FRX, ICP, GC, GPC e hidrógeno y carbono fueron realizados por el laboratorio analítico de Total Research & Technology en Feluy.

#### Resultados

La figura 2 se ofrece como referencia y presenta los espectros UV-Visible de filtrado de EPS postconsumo, con un filtro que tiene un tamaño de poro de 3 micras, a diferentes concentraciones. Típicamente, las soluciones de PC-EPS están contaminadas con aproximadamente un 0,1% en peso de partículas sólidas pequeñas en suspensión con un diámetro de menos de una micra, en donde:

- Curva a); Solución de PC-EPS en cimeno, 20% en peso. La transmitancia a 600 nm a 20°C es del 0% debido a la dispersión de la luz por las partículas sólidas en suspensión.
- Curva b); Solución de la curva "a" diluida por un factor 10, con un 90% de partículas sólidas eliminadas y una concentración de PS reducida al 2%, (Transmitancia a 600 nm a 20°C = 44%).
- Curva c); Solución de la curva "a" diluida por un factor 100, con un 99% de partículas sólidas eliminadas y una concentración de PS reducida al 0, 2% (Transmitancia a 600 nm a 20°C = 94%).

La filtración se realizó con un filtro con un tamaño de poro de 3 micrómetros. Como muestra el análisis de la figura 2, la transmitancia es una función de las impurezas sólidas, con un tamaño de menos de 3 micrómetros, dispersas en la solución que contiene PC-EPS. En la curva a), el contenido de impurezas sólidas que queda en la solución filtrada del 20% en peso de PC-EPS es demasiado elevado para permitir la transmisión de la luz. La dilución de la solución reduce el contenido de impurezas sólidas en suspensión y, por tanto, permite la transmisión de la luz.

En la figura 3 se presentan los espectros UV-Visible de la solución filtrada de EPS postconsumo al 20% en peso, después de usar diferentes técnicas de purificación; en donde:

- Curva a); Solución filtrada de PC-EPS en cimeno, 20% en peso. La transmitancia a 600 nm a 20°C es del 0% debido a la dispersión de la luz por las partículas sólidas en suspensión (la misma solución que la curva a de la figura 2).
- Curva b); Solución de la curva "a" centrifugada 10 minutos a 4000 RPM. La transmitancia a 600 nm a 20°C es del 38%.
- Curva c); Solución de la curva "a" después de realizar el proceso inventivo, es decir, floculación y centrifugación dada en el ejemplo 2 (10 minutos a 4000 RPM). La transmitancia a 600 nm a 20°C es del 97%.
- Curva d); Solución de PS virgen en cimeno, 20% en peso. Usada como referencia.

En la figura 4 se presentan los espectros UV-Visible de la solución filtrada de ABS postconsumo al 20% en peso, después de usar diferentes técnicas de purificación:

- Curva a); Solución filtrada de PC-ABS en 1,2-dicloro etano, 20% en peso. La transmitancia a 600 nm a 20°C es del 0% debido a la dispersión de la luz por las partículas sólidas en suspensión.

- Curva b); Solución de la curva "a" floculada y centrifugada 10 minutos a 4000 RPM. La transmitancia a 600 nm a 20°C es del 88%.

En la Figura 5 se presentan fotos de LDPE postconsumo antes y después del reciclaje descrito en el Ejemplo 10.

De los datos de transmitancia se desprende que el procedimiento inventivo permite la eliminación de más del 99% de las impurezas (es decir, las partículas sólidas). Se trata de una mejora considerable y sorprendente en comparación con las técnicas del estado de la técnica ilustradas en la curva b). La invención permite producir un poliestireno reciclado y/o un copolímero de poliestireno reciclado con un mayor grado de pureza que lo acerca al poliestireno y/o al copolímero de poliestireno vírgenes.

Aunque la presente divulgación se ha descrito con referencia a lo que actualmente se consideran los ejemplos preferidos, debe entenderse que la divulgación no se limita a los ejemplos divulgados. Por el contrario, se pretende que la presente divulgación abarque varias modificaciones y disposiciones equivalentes incluidas dentro del espíritu y alcance de las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Un proceso para reciclar desechos que son desechos de polímeros termoplásticos y/o desechos de copolímeros termoplásticos, el proceso comprendiendo:

- disolver dichos desechos de polímeros termoplásticos y/o desechos de copolímeros termoplásticos en un disolvente adecuado para obtener una mezcla de líquido y sólidos;
- calentar la mezcla en condiciones ácidas en presencia de un agente reductor, añadir una base, calentar dicha mezcla en condiciones neutras y, a continuación, enfriar la mezcla para obtener un sobrenadante que comprenda polímero termoplástico en solución y/o copolímero termoplástico en solución y un residuo de desechos sólido;
- separar dicho sobrenadante que comprende polímero termoplástico disuelto y/o copolímero termoplástico disuelto del residuo de desechos sólido;
- opcionalmente, tratar dicho sobrenadante con un coadyuvante de filtración para eliminar los geles insolubles;
- poner en contacto dicho sobrenadante que comprende polímero termoplástico disuelto y/o copolímero termoplástico disuelto con una primera parte de no disolvente para obtener polímero termoplástico precipitado y/o copolímero termoplástico precipitado y una primera parte de solución de desechos;
- separar dicho polímero termoplástico precipitado y/o copolímero termoplástico precipitado de dicha primera parte de solución de desechos;
- lavar dicho polímero termoplástico precipitado y/o copolímero termoplástico precipitado con una segunda parte de no disolvente para obtener un polímero termoplástico lavado y/o copolímero termoplástico lavado y una segunda parte de solución de desechos;
- separar dicho polímero termoplástico lavado y/o copolímero termoplástico lavado de la segunda parte de solución de desechos;
- opcionalmente, lavar dicho polímero termoplástico lavado y/o copolímero termoplástico lavado con una tercera parte de no disolvente para obtener un polímero termoplástico lavado dos veces y/o copolímero termoplástico lavado dos veces y una tercera parte de solución de desechos;
- opcionalmente, separar dicho polímero termoplástico lavado dos veces y/o copolímero termoplástico lavado dos veces de dicha tercera parte de solución de desechos; y
- opcionalmente, secar dicho polímero termoplástico lavado o lavado dos veces y/o copolímero termoplástico lavado o lavado dos veces para obtener polímero termoplástico seco y/o copolímero termoplástico seco.

2. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el termoplástico se selecciona entre polietileno (PE), polipropileno (PP), cloruro de polivinilo (PVC), copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), copolímero de acrilonitrilo-estireno (SAN), poliestireno (PS) y mezclas de polietileno (PE) y polipropileno (PP).

3. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** el proceso es un proceso para reciclar desechos de polímeros termoplásticos postindustriales o postconsumo que son desechos de polímeros termoplásticos y/o desechos de copolímeros termoplásticos obtenidos a partir de desechos de polímeros industriales o domésticos.

4. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el paso de lavar dicho polímero termoplástico precipitado y/o copolímero termoplástico precipitado con una segunda parte de no disolvente para obtener polímero termoplástico lavado y/o copolímero termoplástico lavado y una segunda parte de solución de desechos, se selecciona entre lavado por lotes y lavado continuo; opcionalmente, dicho paso es un lavado continuo.

5. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** dicha mezcla comprende dicho polímero termoplástico y/o copolímero termoplástico en una cantidad igual o de menos de aproximadamente el 50% en peso sobre la base del peso total de dicha mezcla; opcionalmente, de aproximadamente el 10% en peso a aproximadamente el 50% en peso; opcionalmente, en una cantidad de aproximadamente el 20% en peso a aproximadamente el 40% en peso; opcionalmente, en una cantidad de aproximadamente el 20% en peso a aproximadamente el 30% en peso; y opcionalmente, en una cantidad de aproximadamente el 25% en peso.

6. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** dichas condiciones ácidas comprenden un pH de menos de 5 o que varía de aproximadamente 2 a aproximadamente 5.

7. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** dicha mezcla se calienta a una temperatura de 60°C a 160°C; opcionalmente, de 60 a 100°C o de 110 a 160°C.

8. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** dicho agente reductor es un metal que es capaz de ser oxidado a un catión divalente o trivalente.

9. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** dicho agente reductor es metal de zinc, metal de aluminio, metal de calcio o metal de magnesio; opcionalmente, dicho agente reductor es metal de zinc.

10. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** dicho sobrenadante se

separa de dicho residuo de desechos sólido por filtración, y dicha filtración comprende:

- tratar un papel de filtro con una solución que comprenda ácido poliacrílico, metanol y agua para obtener un papel de filtro modificado; y
- filtrar dicho sobrenadante a través de dicho papel de filtro modificado.

11. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde el termoplástico es poliestireno y el disolvente adecuado en el paso de disolución de los desechos de polímero termoplástico y/o de los desechos de copolímero termoplástico para obtener una mezcla de líquido y sólidos se selecciona entre cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno y cualquier combinación de los mismos.

12. El proceso de la reivindicación 11, **caracterizado porque** dicha mezcla comprende material insoluble que tiene un tamaño de partícula de 10 micrómetros o más y dicho proceso comprende además filtrar dicha mezcla para eliminar dicho material insoluble antes de calentar dicha mezcla en condiciones ácidas, en donde dicho material insoluble se elige entre polvo, arena, suciedad, metal, madera, papel, pigmento, proteína, adhesivos, y polímeros que son insolubles en el disolvente adecuado, en donde dicha disolución se realiza a una temperatura de menos de 100°C y **porque** los polímeros que son insolubles en cimeno, xileno, tolueno, benceno, etilbenceno o cualquier combinación de los mismos, se eligen entre polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno de alta densidad (HDPE), polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET) y cloruro de polivinilo (PVC); opcionalmente, dicha disolución se realiza a una temperatura de menos de 90°C.

13. El proceso de la reivindicación 11, **caracterizado porque** los desechos de copolímero de poliestireno son desechos de poliestireno de alto impacto (HIPS), desechos de copolímero en bloque de estireno-butadieno, desechos de copolímero aleatorio de estireno-butadieno, desechos de Kraton™, o combinaciones de los mismos.

14. El proceso de la reivindicación 13, **caracterizado porque** los desechos de copolímero de poliestireno son desechos de copolímero en bloque de estireno-butadieno, opcionalmente desechos de copolímero tribloque de estireno-butadieno-estireno (SBS).

15. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, **caracterizado porque** dicha mezcla comprende dicho poliestireno y/o copolímero de poliestireno en una cantidad de aproximadamente el 20% en peso a aproximadamente el 40% en peso, sobre la base del peso total de dicha mezcla.

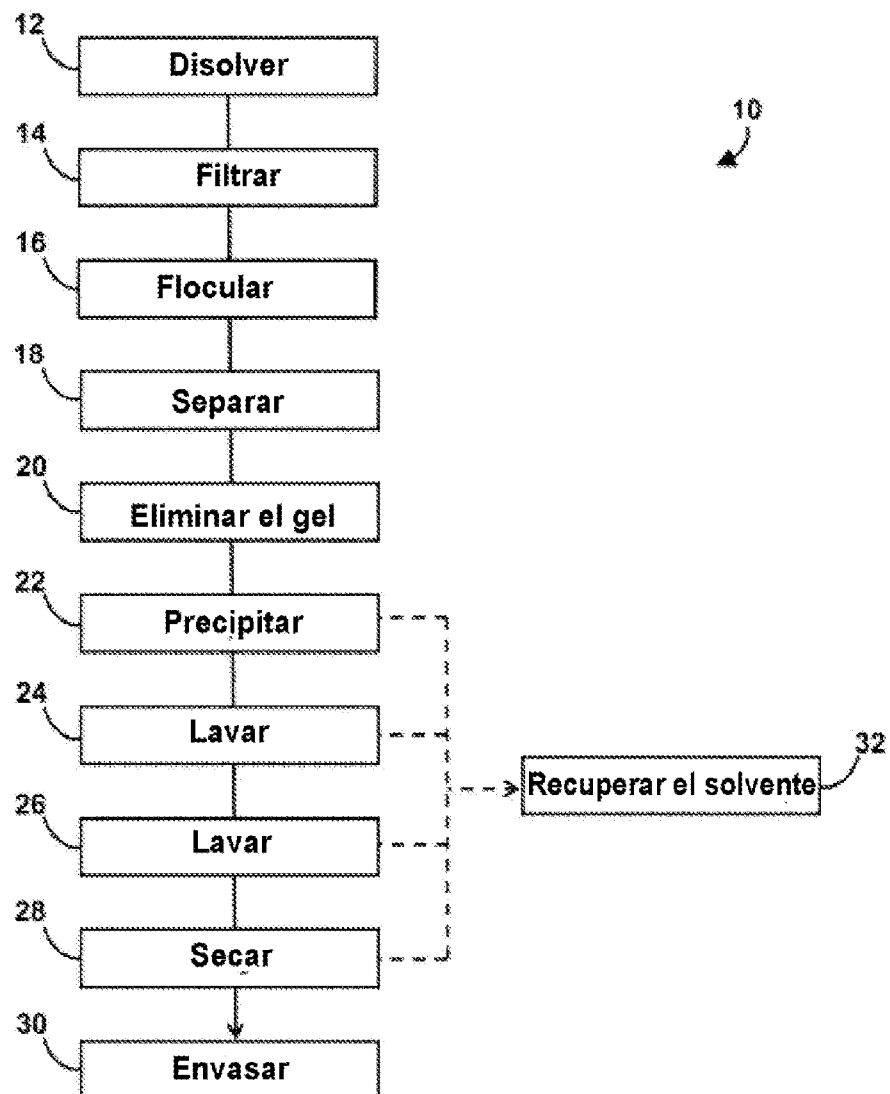


Figura 1

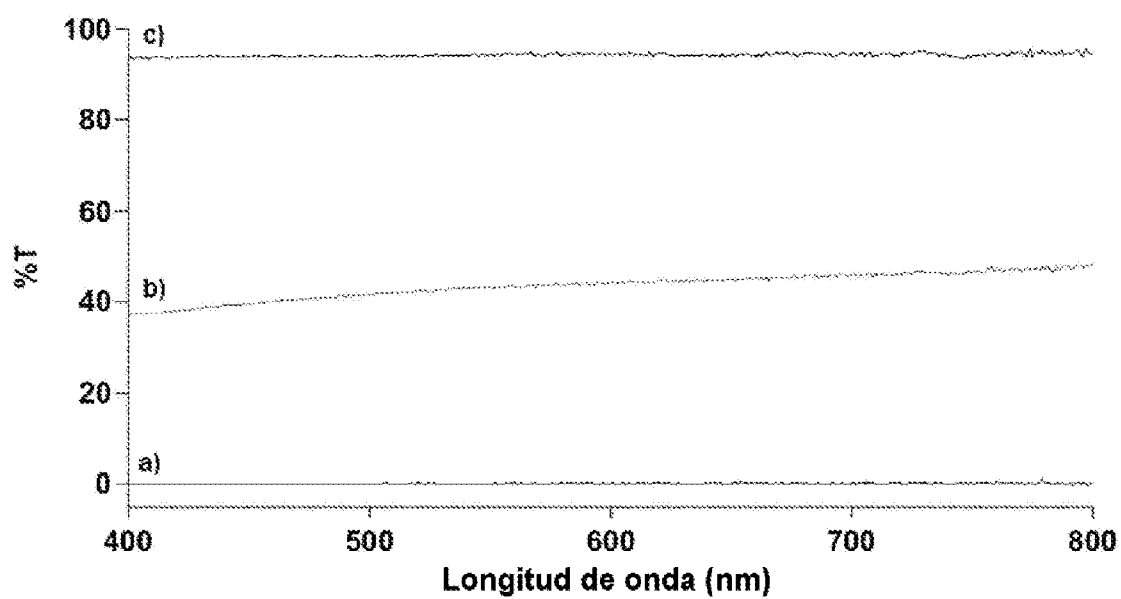


Figura 2

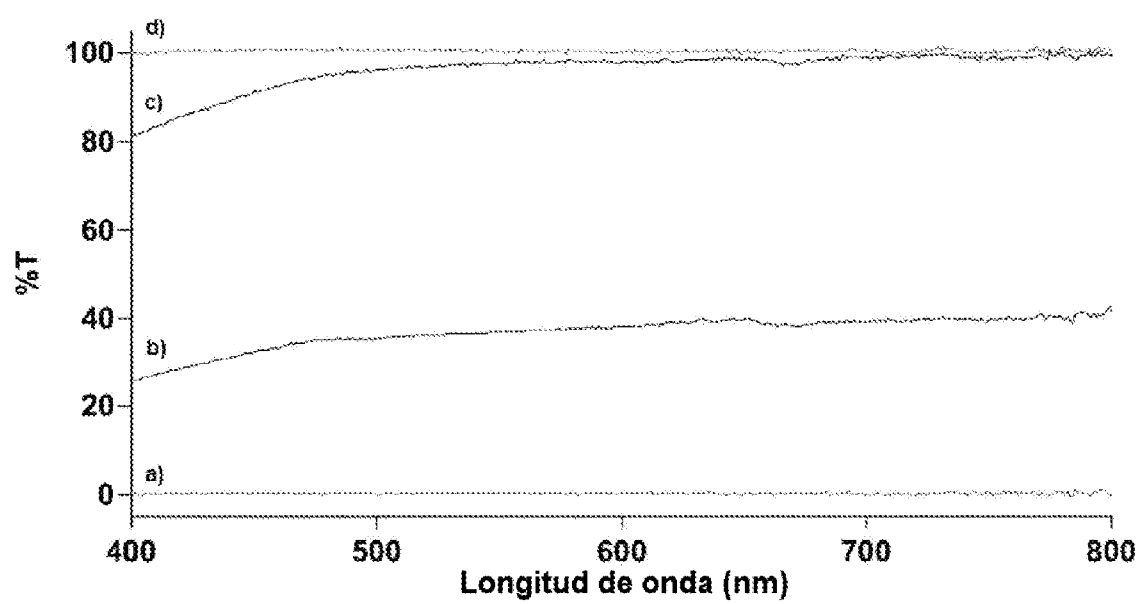


Figura 3

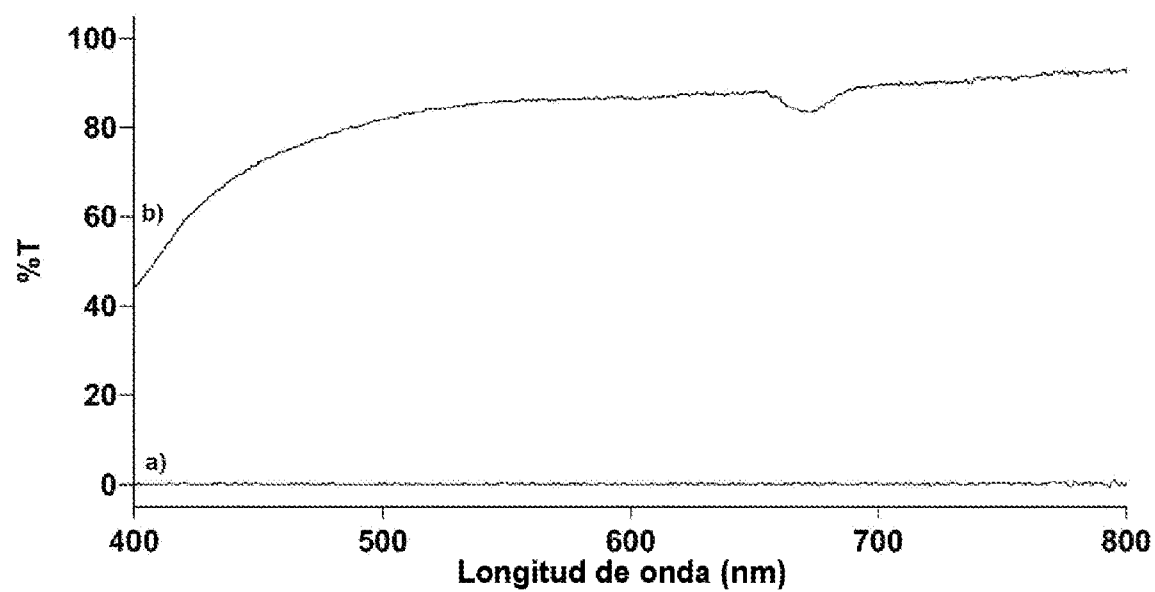


Figura 4

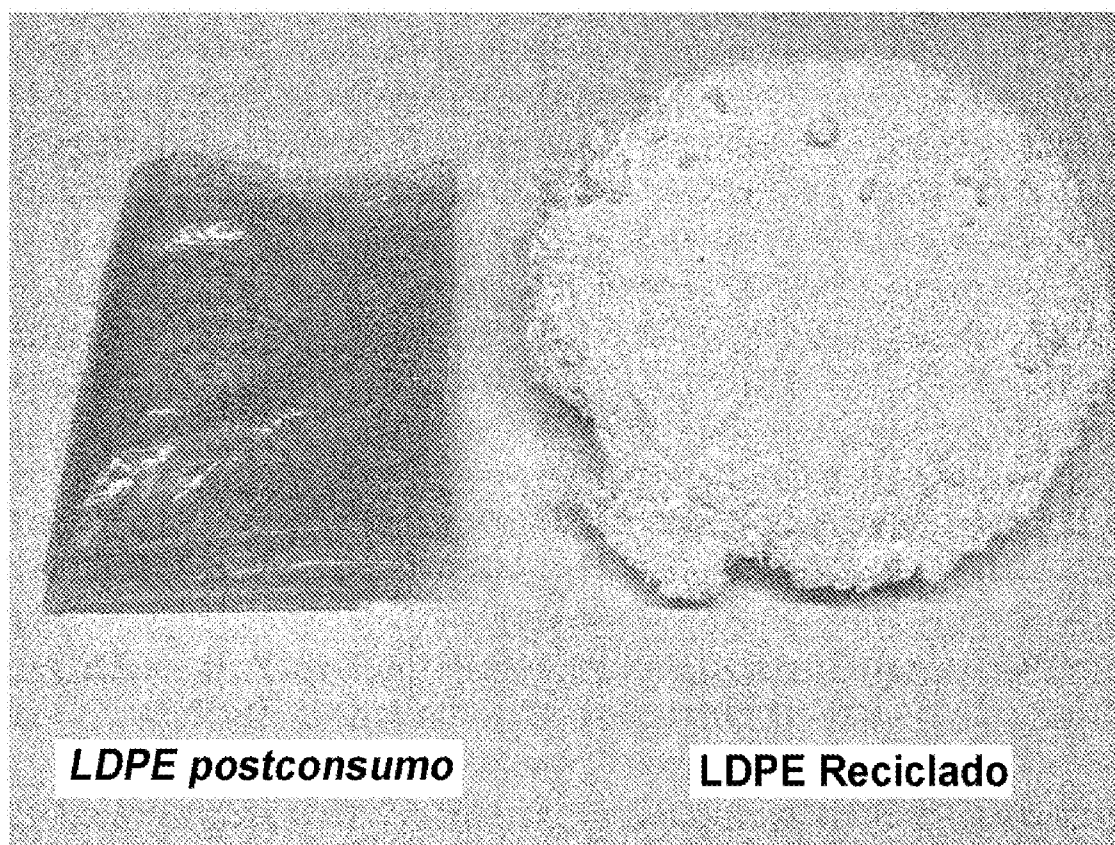


Figura 5