

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 733 126**

51 Int. Cl.:

**C08L 23/08** (2006.01)  
**C08F 210/16** (2006.01)  
**B01J 19/24** (2006.01)  
**C08F 110/02** (2006.01)  
**C08F 4/659** (2006.01)  
**C08F 4/6592** (2006.01)  
**C08J 5/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.05.2015 PCT/US2015/031975**  
 87 Fecha y número de publicación internacional: **18.02.2016 WO16025049**  
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.05.2015 E 15804639 (1)**  
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2019 EP 3145991**

54 Título: **Composiciones de alta claridad y baja turbidez**

30 Prioridad:

**22.05.2014 US 201414284704**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**27.11.2019**

73 Titular/es:

**CHEVRON PHILLIPS CHEMICAL COMPANY LP  
(100.0%)  
10001 Six Pines Drive  
The Woodlands, Texas 77380, US**

72 Inventor/es:

**ST JEAN, GUYLAINE;  
LANIER, ELIZABETH M;  
LANIER, JERRY T;  
YANG, QING y  
GILL, BROOKE A**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 733 126 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

Composiciones de alta claridad y baja turbidez

### Campo

5 La presente descripción se refiere a nuevas composiciones de polímeros y películas hechas a partir de las mismas, más específicamente a composiciones de polietileno para la fabricación de películas de alta claridad y baja turbidez.

### Antecedentes

10 Las poliolefinas son materiales plásticos útiles para preparar una amplia variedad de productos valiosos debido a su combinación de rigidez, ductilidad, propiedades de barrera, resistencia a la temperatura, propiedades ópticas, disponibilidad y bajo coste. En particular, el PE (polietileno) es uno de los polímeros con mayor volumen consumidos en el mundo. Es un polímero versátil que ofrece un alto rendimiento respecto a otros polímeros y materiales alternativos tales como vidrio, metal o papel. Uno de los productos más valiosos son las películas de plástico. Las películas de plástico tales como las películas de PE se usan en su mayor parte en aplicaciones de envasado, pero también encuentran utilidad en los campos agrícola, médico y de ingeniería.

15 Las películas de PE se fabrican en una variedad de grados de polímeros que se diferencian habitualmente en la densidad del polímero tales como las películas de PE se pueden designar por ejemplo, LDPE (polietileno de densidad baja), MDPE (polietileno de densidad media) y HDPE (polietileno de densidad alta), en donde cada intervalo de densidad tiene una combinación única de propiedades que lo hacen adecuado para una aplicación particular. Generalmente hablando, las películas preparadas a partir de MDPE y HDPE muestran propiedades ópticas deficientes en términos de un alto grado de turbidez y baja claridad. Existe una necesidad continua de composiciones poliméricas de MDPE y HDPE que tengan propiedades ópticas mejoradas.

### Compendio

El objeto de la invención se expone en las reivindicaciones adjuntas.

### Breve descripción de las figuras

25 Para una comprensión más completa de la presente descripción y sus ventajas, ahora se hace referencia a la siguiente breve descripción, tomada en relación con los dibujos adjuntos y la descripción detallada, en donde los números de referencia iguales representan partes iguales.

La figura 1 es una capa de cromatografía de exclusión por tamaño de muestras del ejemplo 1.

Las figuras 2 y 3 son cromatografías de exclusión por tamaño deconvoluidas de muestras del ejemplo 1.

30 La figura 4 es un gráfico de la turbidez medida en función de la fracción de menor peso molecular presente para cada muestra del ejemplo 1.

La figura 5 es un gráfico de la turbidez predicha en función de la turbidez medida para las muestras del ejemplo 1.

La figura 6 es un gráfico de la claridad medida en función de la fracción de bajo peso molecular presente para cada muestra del ejemplo 1.

La figura 7 es un gráfico de la claridad predicha en función de la claridad medida para las muestras del ejemplo 1.

### 35 Descripción detallada

En el presente documento se describen los polímeros de PE (polietileno), las películas de PE y los métodos para obtenerlos. Tales métodos pueden comprender preparar un polímero de PE y formar el polímero de PE en una película. El polímero de PE comprende un polímero de PE bimodal y la película preparada a partir del mismo puede mostrar propiedades ópticas mejoradas tales como claridad aumentada y turbidez reducida.

40 Los polímeros de PE (polietileno) de la presente descripción se pueden formar usando cualquier método de polimerización de olefinas adecuado que se puede llevar a cabo usando varios tipos de reactores de polimerización. Como se usa en el presente documento, "reactor de polimerización" incluye cualquier reactor de polimerización capaz de polimerizar monómeros de olefina para producir homopolímeros o copolímeros. Dichos homopolímeros y copolímeros se refieren como resinas o polímeros.

45 Los varios tipos de reactores incluyen aquellos que pueden referirse como reactores discontinuos, de suspensión de sólidos, de fase de gas, de disolución, de alta presión, tubulares o de autoclave. Los reactores en fase de gas pueden comprender reactores de lecho fluidizado o reactores horizontales en etapas. Los reactores de suspensión pueden comprender bucles verticales u horizontales. Los reactores de alta presión pueden comprender reactores de autoclave o tubulares. Los tipos de reactores pueden incluir procesos discontinuos o continuos. Los procesos continuos podrían

usar una descarga de producto intermitente o continua. Los procesos también pueden incluir el reciclado directo parcial o completo de monómero que no ha reaccionado, comonómero que no ha reaccionado y/o diluyente.

5 Los sistemas de reactores de polimerización de la presente descripción pueden comprender un tipo de reactor en un sistema o múltiples reactores del mismo tipo o diferente. La producción de polímeros en reactores múltiples puede incluir varias etapas en al menos dos reactores de polimerización separados interconectados mediante un dispositivo de transferencia, haciendo posible transferir los polímeros producidos resultantes del primer reactor de polimerización al segundo reactor. Las condiciones de polimerización deseadas en uno de los reactores pueden ser diferentes de las condiciones de operación de los demás reactores. Alternativamente, la polimerización en reactores múltiples puede incluir la transferencia manual del polímero de un reactor a reactores siguientes para polimerización continuada. Los sistemas de reactores múltiples pueden incluir cualquier combinación que incluye, pero no se limita a, reactores de bucle múltiple, reactores de gases múltiple, una combinación de reactores de fase gas y de bucle, múltiples reactores a presión elevada o una combinación de reactores a presión elevada con bucle y/o fase gas. Los reactores múltiples se pueden operar en serie o en paralelo.

15 De acuerdo con un aspecto de la descripción, el sistema de reactores de polimerización puede comprender al menos un reactor de suspensión de sólidos en bucle que comprende bucles horizontales y/o verticales. El monómero, diluyente, catalizador y, opcionalmente, cualquier comonómero pueden alimentarse continuamente en un reactor de bucle en el que ocurre la polimerización. Generalmente, los procesos continuos pueden comprender la introducción continua de un monómero, un catalizador y un diluyente en un reactor de polimerización y la retirada continua de este reactor de una suspensión que comprende partículas de polímero y el diluyente. El efluente del reactor puede ser sometido a vaporización instantánea para eliminar el polímero sólido de los líquidos que comprenden el diluyente, monómero y/o comonómero. Se pueden emplear varias tecnologías en esta etapa de separación que incluyen, pero no se limitan a, la vaporización instantánea que puede incluir cualquier combinación de adición de calor y reducción de presión; separación por acción ciclónica ya sea en un separador ciclónico o hidrociclónico; o separación por centrifugación.

20 Un procedimiento de polimerización en suspensión adecuado (también conocido como el procedimiento de formación de partículas) se describe, por ejemplo, en las patentes de Estados Unidos n.º 3 248 179, 4 501 885, 5 565 175, 5 575 979, 6 239 235, 6 262 191 y 6 833 415.

25 Los diluyentes adecuados usados en la polimerización en suspensión incluyen, pero no se limitan a, el monómero que se polimeriza e hidrocarburos que son líquidos bajo las condiciones de reacción. Ejemplos de diluyentes adecuados incluyen, pero se limitan a, hidrocarburos tales como propano, ciclohexano, isobutano, n-butano, n-pentano, isopentano, neopentano y n-hexano. Algunas reacciones de polimerización en bucle pueden ocurrir en condiciones masivas donde no se usa diluyente. Un ejemplo es la polimerización de monómero de propileno como se describe en el documento de patente de Estados Unidos n.º 5 455 314.

30 De acuerdo con otro aspecto más de la presente descripción, el reactor de polimerización puede comprender al menos un reactor de fase gas. Dichos sistemas pueden emplear una corriente de reciclado continua que contiene uno o más monómeros que se hace circular en forma continua a través de un lecho fluidizado en presencia del catalizador bajo condiciones de polimerización. Se puede retirar una corriente de reciclado del lecho fluidizado y reciclarlo de vuelta al reactor. Simultáneamente, se puede retirar el producto polimérico del reactor y se puede añadir un nuevo monómero o monómero fresco para reemplazar el monómero polimerizado. Dichos reactores de fase gas pueden comprender un proceso de polimerización en fase gas de varias etapas de olefinas en el que se polimerizan las olefinas en la fase gas en al menos dos zonas independientes de polimerización de fase gas mientras se alimenta un polímero que contiene catalizador formado en una primera zona de polimerización a una segunda zona de polimerización. Un tipo de reactor en fase gas se describe en las patentes de Estados Unidos n.º 5 352 749, 4 588 790 y 5 436 304.

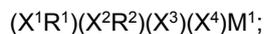
35 De acuerdo con todavía otro aspecto de la descripción, un reactor de polimerización a presión elevada puede comprender un reactor tubular o un reactor autoclave. Los reactores tubulares pueden tener varias zonas donde se añaden monómeros sin procesar, iniciadores o catalizadores. Una corriente gaseosa inerte puede arrastrar el monómero e introducirlo en una zona del reactor. Una corriente gaseosa puede arrastrar iniciadores, catalizadores y/o componentes catalíticos e introducirlos en otra zona del reactor. Las corrientes gaseosas pueden mezclarse para la polimerización. Se puede emplear calor y presión apropiadamente para obtener condiciones de reacción de polimerización óptimas.

40 De acuerdo con otro aspecto más de la descripción, el reactor de polimerización puede comprender un reactor de polimerización en disolución en donde el monómero se pone en contacto con la composición catalítica mediante agitación adecuada u otros medios. Se puede emplear un vehículo que comprende un diluyente orgánico inerte o monómero en exceso. Si se desea, el monómero puede ponerse en contacto en la fase de vapor con el producto de la reacción catalítica, en presencia o ausencia de material líquido. La zona de polimerización se mantiene a temperaturas y presiones que darán como resultado la formación de una disolución del polímero en un medio de reacción. Se puede emplear agitación para obtener mejor control de la temperatura y para mantener uniforme las mezclas de polimerización en toda la zona de polimerización. Se utilizan medios adecuados para disipar el calor exotérmico de polimerización.

- Los reactores de polimerización adecuados para la presente descripción pueden comprender además cualquier combinación de al menos un sistema de alimentación de material sin procesar, al menos un sistema de alimentación para catálisis o componentes catalíticos, y/o al menos un sistema de recuperación de polímeros. Los sistemas reactores adecuados para la presente descripción pueden comprender además sistemas de purificación de materia prima, preparación y almacenamiento catalíticos, extrusión, enfriamiento del reactor, recuperación de polímeros, fraccionamiento, reciclado, almacenamiento, carga, análisis de laboratorio y control de procesos.
- Las condiciones que se controlan para la eficiencia de la polimerización y para proporcionar las propiedades de resina incluyen temperatura, presión y las concentraciones de los distintos reactivos. La temperatura de la polimerización puede afectar la productividad catalítica, el peso molecular del polímero y la distribución del peso molecular. La temperatura de polimerización adecuada puede ser una temperatura por debajo de la temperatura de despolimerización de acuerdo con la ecuación de la energía libre de Gibbs. Normalmente, esto incluye de aproximadamente 60 °C a aproximadamente 280 °C, por ejemplo, y de aproximadamente 70 °C a aproximadamente 110 °C, dependiendo del tipo de reactor de polimerización.
- Las presiones adecuadas también variarán de acuerdo con el tipo de reactor y polimerización. La presión para las polimerizaciones en fase líquida en un reactor de bucle es menor que 6895 kPa (1000 psig). La presión para la polimerización en fase gas es habitualmente de aproximadamente 1379 kPa (200) a aproximadamente 3447 kPa (500 psig). La polimerización a alta presión en reactores tubulares o de autoclave se opera de aproximadamente 137895 kPa (20.000) a aproximadamente 517107 kPa (75.000 psig). Los reactores de polimerización también pueden operar en una región supercrítica que ocurre generalmente a mayores temperaturas y presiones. La operación por encima del punto crítico de un diagrama de presión/temperatura (fase supercrítica) puede ofrecer ventajas.
- La concentración de los varios reactivos puede controlarse para producir resinas con determinadas propiedades físicas y mecánicas. El producto de uso final propuesto que se formará por la resina y el método de formación de ese producto determina las propiedades deseadas de la resina. Las propiedades mecánicas incluyen ensayos de tensión, flexión, impacto, fluencia, relajación de estrés y dureza. Las propiedades físicas incluyen densidad, peso molecular, distribución del peso molecular, temperatura de fusión, temperatura de transición vítrea, temperatura de fusión de cristalización, densidad, estereoregularidad, crecimiento de fisuras, ramificación de cadena larga y medidas reológicas.
- Las concentraciones de monómero, hidrógeno, modificadores y donadores de electrones se puede utilizar en producir estas propiedades resina. El co-monómero se utiliza para controlar la densidad del producto. Se puede usar hidrógeno para controlar el peso molecular del producto. Se pueden usar modificadores para controlar las propiedades del producto y los donadores de electrones afectan la estereoregularidad. Además, la concentración de venenos se minimiza porque los venenos impactan en las reacciones y propiedades del producto. En una realización, se añade hidrógeno al reactor durante la polimerización. Alternativamente, no se añade hidrógeno al reactor durante la polimerización.
- El polímero o la resina se pueden formar en varios artículos, que incluyen, pero no se limitan a tubos, botellas, juguetes, recipientes, utensilios, productos de película, tambores, tanques, membranas y, revestimientos. Se pueden usar varios procesos para formar estos artículos, que incluyen, pero no se limitan a, soplado de película y lámina fundida, modelo por soplado, moldeo por extrusión, modelo rotacional, moldeo por inyección, hilado de fibras, termoconformado, moldeo por fusión y semejantes. Después de la polimerización, pueden añadirse aditivos y modificadores al polímero para proporcionar un mejor procesamiento durante la fabricación y para las propiedades deseadas en el producto final. Los aditivos incluyen modificadores de la superficie tales como agentes deslizantes, antibloqueantes, fijadores; antioxidantes tales como antioxidantes primarios y secundarios; pigmentos; auxiliares de procesamiento tales como ceras/aceites y fluoroelastómeros; y aditivos especiales tales como retardantes del fuego, antiestáticos, secuestrantes, absorbentes, potenciadores del olor y agentes de degradación.
- El polímero de PE (polietileno) puede incluir otros aditivos adecuados. Dichos aditivos se pueden usar individualmente o en combinación y se pueden incluir en la composición polimérica antes, durante o después de la preparación del polímero PE como se describe en el presente documento. Dichos aditivos se pueden añadir mediante técnicas conocidas, por ejemplo durante una etapa de extrusión o composición, tal como durante la granulación o el posterior procesamiento en un artículo de uso final. En el presente documento, la descripción se referirá a un polímero de PE aunque también se contempla una composición polimérica que comprende el polímero de PE y uno o más aditivos.
- Cualquier composición catalítica capaz de producir un polímero de PE del tipo descrito en el presente documento se puede emplear en la producción del polímero. Por ejemplo, una composición catalítica para la producción de un polímero de PE del tipo descrito en el presente documento puede incluir al menos dos metalocenos que se seleccionan de modo que los polímeros producidos a partir de ellos tengan dos pesos moleculares claramente diferentes. El primer metaloceno puede ser un metaloceno de puente estrecho que contiene un sustituyente que incluye una olefina terminal. El segundo metaloceno generalmente no está puenteado y es más sensible a los reactivos de terminación de cadena, como el hidrógeno, que el primer metaloceno. Los metalocenos se pueden combinar con un activador, un compuesto de alquil aluminio, un monómero de olefina y un comonómero de olefina para producir la poliolefina deseada. La actividad y la productividad del catalizador pueden ser relativamente altas. Como se usa en el presente documento, la actividad se refiere a los gramos de polímero producidos por gramo de catalizador sólido cargado por

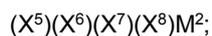
hora, y la productividad se refiere a los gramos de polímero producidos por gramo de catalizador sólido cargado. Dichos catalizadores se describen, por ejemplo, en los documentos de patentes de Estados Unidos n.º 7 312 283 y 7 226 886.

- 5 En una realización, una composición catalítica comprende un primer compuesto de metalloceno, un segundo compuesto de metalloceno, un activador y opcionalmente, un compuesto de organoaluminio. El primer compuesto de metalloceno se puede caracterizar por la fórmula general:



10 en donde ( $X^1$ ) es ciclopentadienilo, indenilo o fluorenilo, ( $X^2$ ) es fluorenilo, y ( $X^1$ ) y ( $X^2$ ) están conectados por un grupo puente disustituido que comprende un átomo unido a ambos ( $X^1$ ) y ( $X^2$ ), en donde el átomo es carbono o silicio. Un primer sustituyente del grupo puente disustituido es un grupo aromático o alifático que tiene de 1 a aproximadamente 20 átomos de carbono. Un segundo sustituyente del grupo puente disustituido puede ser un grupo aromático o alifático que tiene de 1 a aproximadamente 20 átomos de carbono, o el segundo sustituyente del grupo puente disustituido es un grupo alifático insaturado que tiene de 3 a aproximadamente 10 átomos de carbono.  $R^1$  es H, o un grupo alifático insaturado que tiene de 3 a aproximadamente 10 átomos de carbono.  $R^2$  es H, un grupo alquilo que tiene de 1 a aproximadamente 12 átomos de carbono, o un grupo arilo; ( $X^3$ ) y ( $X^4$ ) son independientemente un grupo alifático, un grupo aromático, un grupo cíclico, una combinación de grupos alifáticos y cíclicos, o un derivado sustituido del mismo, que tiene de 1 a aproximadamente 20 átomos de carbono, o un haluro; y  $M^1$  es Zr o Hf. El primer sustituyente del grupo puente disustituido puede ser un grupo fenilo. El segundo sustituyente del grupo puente disustituido puede ser un grupo fenilo, un grupo alquilo, un grupo butenilo, un grupo pentenilo o un grupo hexenilo.

- 20 El segundo compuesto de metalloceno se puede caracterizar por la fórmula general:



25 en donde ( $X^5$ ) y ( $X^6$ ) son independientemente un ciclopentadienilo, indenilo, ciclopentadienilo sustituido o un indenilo sustituido, cada sustituyente en ( $X^5$ ) y ( $X^6$ ) se selecciona independientemente de un grupo alquilo lineal o ramificado, o un grupo lineal o grupo alqueno ramificado, en el que el grupo alquilo o grupo alqueno no está sustituido o está sustituido, cualquier sustituyente en ( $X^5$ ) y ( $X^6$ ) tiene de 1 a aproximadamente 20 átomos de carbono; ( $X^7$ ) y ( $X^8$ ) son independientemente un grupo alifático, un grupo aromático, un grupo cíclico, una combinación de grupos alifáticos y cíclicos, o un derivado sustituido del mismo, que tiene de 1 a aproximadamente 20 átomos de carbono; o un haluro, y  $M^2$  es Zr o Hf.

- 30 En una realización de la presente descripción, la relación del primer compuesto de metalloceno al segundo compuesto de metalloceno puede ser de aproximadamente 1:10 a aproximadamente 10:1. De acuerdo con otros aspectos de la presente descripción, la relación del primer compuesto de metalloceno al segundo compuesto de metalloceno puede ser de aproximadamente 1:5 a aproximadamente 5:1. De acuerdo con aún otros aspectos de la presente descripción, la relación del primer compuesto de metalloceno al segundo compuesto de metalloceno puede ser de aproximadamente 1:2 a aproximadamente 2:1.

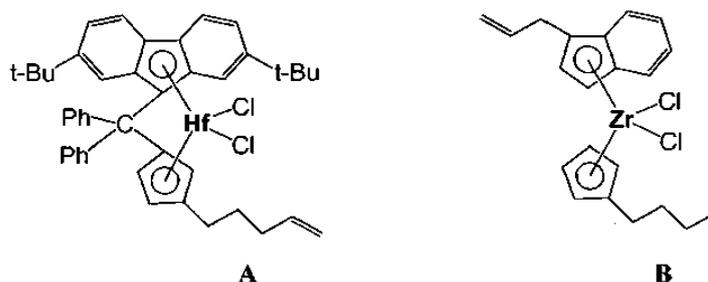
- 35 En una realización de la presente descripción, el activador puede ser un soporte de activador de óxido sólido, un óxido sólido tratado químicamente, un mineral de arcilla, una arcilla pilar, una arcilla exfoliada, una arcilla exfoliada gelificada en otra matriz de óxido, un mineral de silicato en capas, un mineral de silicato no estratificado, un mineral de aluminosilicato estratificado, un mineral de aluminosilicato no estratificado, un aluminóxano, un aluminóxano soportado, un compuesto iónico ionizante, un compuesto de organoboro o cualquier combinación de los mismos. Los términos "óxido sólido tratado químicamente", "soporte activador de óxido sólido tratado", "soporte activador ácido", "soporte activador", "compuesto de óxido sólido tratado" y similares, se usan en el presente documento para indicar un óxido inorgánico sólido de porosidad relativamente alta, el cual muestra comportamiento de ácido de Lewis o de ácido de Brønsted y que ha sido tratado con un componente que retira electrones, típicamente un anión, y que se calcina. El componente aceptor de electrones es típicamente un compuesto fuente de aniones aceptores de electrones. Así, el óxido sólido tratado químicamente puede comprender un producto de contacto calcinado de al menos un óxido sólido con al menos un compuesto fuente de aniones aceptores de electrones. Normalmente, el óxido sólido tratado químicamente comprende al menos un compuesto de óxido sólido ácido, ionizante. Los términos "soporte" y "soporte activador" no suelen implicar que estos componentes sean inertes y no se debería interpretar que dichos componentes sean componentes inertes de la composición catalítica.

- 50 El compuesto de organoaluminio usado con la presente descripción puede tener la fórmula:



en la cual ( $R^3$ ) es un grupo alifático que tiene de 2 a aproximadamente 6 átomos de carbono. En algunos casos, ( $R^3$ ) es etilo, propilo, butilo, hexilo, o isobutilo.

- 55 En una realización, los catalizadores se eligen entre compuestos como los representados por las estructuras químicas A y B con alúmina sulfatada como soporte de activador y con tri-isobutilaluminio (TIBA) como co-catalizador.



El polímero de PE (polietileno) y/o los componentes individuales del polímero de PE pueden comprender un homopolímero, un copolímero o mezclas de los mismos. En una realización, el polímero PE es un polímero de etileno con uno o más comonómeros tales como alfa olefinas. Los ejemplos de comonómeros adecuados incluyen sin limitación hidrocarburos insaturados que tienen de 3 a 20 átomos de carbono tales como propileno, 1-buteno, 1-penteno, 1-hexeno, 3-metil-1-buteno, 4-metil-1-penteno, 1-hepteno, 1-octeno, 1-noneno, 1-deceno, y mezclas de los mismos.

En una realización, el polímero de PE es una resina multimodal. En el presente documento, la "modalidad" de una resina de polímero se refiere a la forma de su curva de distribución de peso molecular, es decir, la apariencia de la gráfica de la fracción en peso del polímero, frecuencia, o número como una función de su peso molecular. La fracción en peso del polímero se refiere a la fracción en peso de las moléculas de un tamaño dado. Una resina polimérica puede tener dos o más componentes que pueden distinguirse entre sí, por ejemplo, en función de su composición individual y/o distribución de peso molecular. Se puede preparar una curva de distribución de peso molecular para cada componente individual de la resina polimérica.

Las curvas de distribución de peso molecular para los componentes individuales pueden superponerse en un gráfico común para formar la curva de distribución de peso para la resina de polímero como conjunto. Tras dicha superposición, la curva resultante para la resina polimérica como conjunto puede ser multimodal o mostrar  $n$  picos distintos correspondientes a  $n$  componentes poliméricos de diferentes distribuciones de peso molecular. Por ejemplo, un polímero que tiene una curva de distribución de peso molecular que muestra un único pico se puede referir como un polímero unimodal, un polímero que tiene una curva que muestra dos picos distintos se puede referir como un polímero bimodal, un polímero que tiene una curva que muestra tres picos distintos se puede referir como un polímero trimodal, etc. Los polímeros que tienen una curva de distribución de peso molecular que muestra más de un pico se puede referir colectivamente como resinas o polímeros multimodales. Además, los picos distintos pueden corresponder a componentes que muestran características distintas. Por ejemplo, una resina de polímero bimodal puede mostrar dos picos distintos que corresponden a dos componentes individuales de diferentes pesos moleculares.

El polímero de PE es una resina bimodal de PE. En tales realizaciones, el polímero de PE comprende un componente HMW (de mayor peso molecular) y un componente LMW (de menor peso molecular). En tales realizaciones, la fracción en peso del componente LMW en el polímero PE varía de aproximadamente 0,25 a aproximadamente 0,45, alternativamente de aproximadamente 0,27 a aproximadamente 0,40, o alternativamente de aproximadamente 0,28 a aproximadamente 0,39 mientras que la fracción en peso del componente HMW en el polímero de PE varía de aproximadamente 0,55 a aproximadamente 0,75, alternativamente de aproximadamente 0,60 a aproximadamente 0,73, o alternativamente de aproximadamente 0,61 a aproximadamente 0,72.

Los polímeros de PE descritos en el presente documento pueden tener una variedad de propiedades y parámetros descritos a continuación, ya sea de forma individual o en combinación. Se puede emplear cualquier metodología adecuada para la determinación de estas propiedades y parámetros.

En una realización, el polímero de PE como conjunto puede tener un peso molecular promedio en peso (de sus siglas en inglés,  $M_w$ ) que varía de aproximadamente 125.000 g/mol a aproximadamente 225.000 g/mol, alternativamente de aproximadamente 130.000 g/mol a aproximadamente 210.000 g/mol, o alternativamente, de aproximadamente 150.000 g/mol a aproximadamente 200.000 g/mol. El  $M_w$  se define por la ecuación 1

$$\bar{M}_w = \frac{\sum N_i M_i^2}{\sum N_i M_i} \quad (1)$$

donde  $N_i$  es el número de moléculas de peso molecular  $M_i$ . Todos los promedios de peso molecular se expresan en gramo por mol (g/mol).

La distribución de peso molecular (de sus siglas en inglés, MWD) del polímero de PE se puede caracterizar mediante la determinación de la relación del  $M_w$  al peso molecular promedio en número ( $M_n$ ), el cual también se refiere al índice de polidispersidad (PDI) o más simplemente polidispersidad. Los polímeros de PE de esta descripción como conjunto pueden mostrar un MWD de aproximadamente 20 a aproximadamente 40, alternativamente de aproximadamente 25 a aproximadamente 37, o alternativamente de aproximadamente 30 a aproximadamente 35. En una realización, el componente LMW (de menor peso molecular) del polímero de PE se caracteriza por un MWD de aproximadamente 4,5 a aproximadamente 10, alternativamente de aproximadamente 4,7 a aproximadamente 9, o alternativamente de

## ES 2 733 126 T3

aproximadamente 5 a aproximadamente 8,5. En una realización, el componente HMW (de mayor peso molecular) del polímero de PE se caracteriza por un MWD de aproximadamente 2 a aproximadamente 4, alternativamente de aproximadamente 2,2 a aproximadamente 3,2, o alternativamente de aproximadamente 2,3 a aproximadamente 3.

5 Los polímeros de PE de esta descripción pueden tener un índice de fusión bajo una fuerza de 5 kg (15) de aproximadamente 0,10 dg/min. a aproximadamente 0,90 dg/min., alternativamente, desde aproximadamente 0,5 dg/min. a aproximadamente 0,85 dg/min, o alternativamente desde aproximadamente 0,55 dg/min. hasta unos 0,80 dg/min.

10 Los polímeros de PE de esta descripción pueden tener un índice de fusión bajo una fuerza de 10 kg (110) de aproximadamente 0,5 dg/min. a aproximadamente 4 dg/min, alternativamente desde aproximadamente 1 dg/min. a aproximadamente 3 dg/min, o alternativamente de aproximadamente 1,5 dg/min. a unos 2,5 dg/min. El índice de fusión (de sus siglas en inglés, MI (15, 110) representa la velocidad de flujo de una resina fundida a través de un orificio de 2,1 mm (0,0825 pulgadas) de diámetro cuando se somete a la fuerza indicada a 190 °C según lo determinado de acuerdo con ASTM D1238.

15 Los polímeros de PE de esta descripción pueden tener un índice de fusión de alta carga (de sus siglas en inglés, HLMI) de aproximadamente 5 dg/min a aproximadamente 15 dg/min, alternativamente menos de aproximadamente 15 dg/min, alternativamente menos de aproximadamente 12 dg/min. o alternativamente menos de aproximadamente 10 dg/min. El HLMI representa la velocidad de flujo de una resina fundida a través de un orificio de 2,1 mm (0,0825 pulgadas) de diámetro cuando se somete a una fuerza de 21,6 kg a 190 °C según lo determinado de acuerdo con ASTM D1238.

20 Los polímeros de PE de esta descripción tienen una densidad mayor de aproximadamente 0,940 g/cc a aproximadamente 0,955 g/cc. La densidad se refiere a la masa por unidad de volumen de polímero y se puede determinar de acuerdo con ASTM D1505.

25 En una realización, un polímero de PE de esta descripción se fabrica en una película. Las películas de esta descripción se pueden producir utilizando cualquier metodología adecuada. En una realización, las resinas de polímero se forman en películas mediante un proceso de película soplada. En un proceso de película soplada, la fusión de plástico se extruye a través de una matriz de hendidura anular, generalmente verticalmente, para formar un tubo de pared delgada. El aire se introduce a través de un orificio en el centro de la matriz para volar el tubo como un globo. Montado en la parte superior de la matriz, un anillo de aire de alta velocidad sopla sobre la película caliente para enfriarla. Después el tubo de película continúa hacia arriba, enfriándose continuamente, hasta que pasa a través de rodillos de presión donde el tubo se aplanan para crear lo que se conoce como un tubo de película plano. Este tubo aplanado o colapsado se devuelve a la torre de extrusión a través de más rodillos. En líneas de salida más altas, el aire dentro de la burbuja también se intercambia. Esto se conoce como refrigeración interna de burbujas (IBC).

30 La película plana se mantiene como tal o los bordes de la capa plana se cortan para producir dos hojas de película planas y se enrollan en rollos. Normalmente, la relación de expansión entre la matriz y el tubo soplado de película sería de 1,5 a 4 veces el diámetro de la matriz. Las películas se extruyen utilizando condiciones de "película HDPE" (polietileno de densidad alta) o "extrusión de tallo alto" con una relación de altura de cuello (altura de la línea de congelación) a diámetro de matriz de aproximadamente 6:1 a 10:1. La reducción entre el grosor de la pared de fusión y el grosor de la película enfriada ocurre tanto en dirección radial como longitudinal y se controla fácilmente al cambiar el volumen de aire dentro de la burbuja y al alterar la velocidad de transporte. Las películas formadas a partir de polímeros de PE (polietileno) de esta descripción (por ejemplo, polietileno) pueden tener cualquier grosor deseado por el usuario. Alternativamente, los polímeros de PE de esta descripción pueden formarse en películas que tienen un espesor de aproximadamente 0,1 mils (2,54 µm) a aproximadamente 2.0 mils (50,8 µm), alternativamente menos de aproximadamente 2 mils (50,8 µm), alternativamente menos de aproximadamente 1,5 mils (38,1 µm), o alternativamente menos de aproximadamente 1 mil (25,4 µm).

35 Las películas formadas a partir de polímeros de PE de esta descripción se pueden caracterizar por un módulo secante del 1% en la dirección transversal (TD) de aproximadamente 100.000 psi (689 MPa) a aproximadamente 300.000 psi (2068 MPa), alternativamente mayor que aproximadamente 100.000 psi (689 MPa), alternativamente mayor que aproximadamente 120.000 psi (825 MPa), o alternativamente mayor que aproximadamente 150.000 psi (1030 MPa) según lo determinado de acuerdo con la norma ASTM D882, usando una muestra de ensayo que tiene un espesor de 1,0 mil (25,4 µm) . En una realización, las películas formadas a partir de polímeros de PE de esta descripción se pueden caracterizar por un módulo secante del 1% en la dirección de la máquina (MD) de aproximadamente 90.000 psi (620 MPa) a aproximadamente 160.000 psi (1103 MPa), alternativamente mayor que aproximadamente 95.000 psi (655 MPa), alternativamente mayor que aproximadamente 100.000 psi (689 MPa), o alternativamente mayor que aproximadamente 120.000 psi (825 MPa) según lo determinado de acuerdo con la norma ASTM D882, usando una muestra de ensayo que tiene un espesor de 25,4 µm (1,0 mil).

45 Las películas formadas a partir de polímeros de PE de esta descripción se pueden caracterizar por un módulo secante del 2% en el TD de aproximadamente 80.000 psi (551 MPa) a aproximadamente 200.000 psi (1379 MPa), alternativamente mayor que aproximadamente 85.000 psi (585 MPa), alternativamente mayor que aproximadamente 100.000 psi (689 MPa), o alternativamente mayor que aproximadamente 140.000 psi (965 MPa) según lo determinado

de acuerdo con la norma ASTM D882, usando una muestra de ensayo que tiene un espesor de 1,0 mil (25,4  $\mu\text{m}$ ). En una realización, las películas formadas a partir de polímeros de PE de esta descripción se pueden caracterizar por un módulo secante del 2% en el MD de aproximadamente 75.000 psi (515 MPa) a aproximadamente 125.000 psi (862 MPa), alternativamente mayor que aproximadamente 75.000 psi (515 MPa), alternativamente mayor que aproximadamente 85.000 psi (585 MPa), o alternativamente mayor que aproximadamente 100.000 psi (689 MPa) según lo determinado de acuerdo con la norma ASTM D882, usando una muestra de ensayo que tiene un espesor de 25,4  $\mu\text{m}$  (1,0 mil).

El módulo secante es una medida de la rigidez o incapaz de doblarse de un material. Es básicamente la tensión de tracción aplicada, basada en la fuerza y el área de la sección transversal, dividida por la tensión observada en ese nivel de tensión. Generalmente es constante antes de que el material se acerque al punto en el que comenzará a ocurrir una deformación permanente.

Las películas formadas a partir de polímeros de PE (polietileno) de esta descripción pueden caracterizarse por un módulo de Young en el TD de aproximadamente 110.000 psi (755 MPa) a aproximadamente 290.000 psi (1999 MPa), alternativamente mayor que aproximadamente 110.000 psi (755 MPa), alternativamente mayor que aproximadamente 135.000 psi (930 MPa), o alternativamente mayor que aproximadamente 150.000 psi (1030 MPa) según lo determinado de acuerdo con la norma ASTM D882, usando una muestra de ensayo que tiene un espesor de 1,0 mil (25,4  $\mu\text{m}$ ). En una realización, las películas formadas a partir de polímeros PE de esta descripción pueden caracterizarse por un módulo de Young en el MD de aproximadamente 100.000 psi (689 MPa) a aproximadamente 180.000 psi (1241 MPa), alternativamente mayor que aproximadamente 100.000 psi (689 MPa), alternativamente mayor que aproximadamente 125.000 psi (860 MPa) o alternativamente mayor que aproximadamente 140.000 psi (965 MPa) según lo determinado de acuerdo con ASTM D882, usando una muestra de ensayo que tiene un espesor de 1,0 mil (25,4  $\mu\text{m}$ ). El módulo de Young, también conocido como módulo de elasticidad, es una medida de la rigidez de un material dado.

En un aspecto, las películas formadas a partir de polímeros PE de esta descripción tienen una resistencia a la caída de dardo, también denominada resistencia al impacto de dardo, que oscila entre aproximadamente 100 g y aproximadamente 500 g, alternativamente mayor que aproximadamente 100 g, alternativamente mayor que aproximadamente 200 g, o alternativamente mayor que aproximadamente 300 g según lo medido de acuerdo con el método A de la norma ASTM D1709 usando una muestra de ensayo que tiene un espesor de 1 mil (25,4  $\mu\text{m}$ ). La resistencia a la caída del dardo se refiere al peso requerido para hacer que el 50% de las películas probadas falle por el impacto de un dardo que caiga en condiciones de ensayo específicas. Específicamente, un método emplea el uso de un dardo que tiene un diámetro de cabeza de 38 mm (1,5 pulgadas) que cae desde una altura de 0,66 m (26 pulgadas).

En una realización, las películas formadas a partir de polímeros de PE de esta descripción tienen una resistencia al rasgado de Elmendorf en el MD que varía de aproximadamente 40 g a aproximadamente 150 g, alternativamente mayor que aproximadamente 40 g, alternativamente mayor que aproximadamente 50 g, o alternativamente mayor que aproximadamente 75 g. En una realización, las películas formadas a partir de polímeros de PE de esta descripción tienen una resistencia al desgarro de Elmendorf en el TD de aproximadamente 500 g a aproximadamente 1200 g, alternativamente mayor que aproximadamente 500 g, alternativamente mayor que aproximadamente 600 g, o alternativamente mayor que aproximadamente 700 g. como medida de acuerdo con la norma ASTM D1922 utilizando una muestra de ensayo que tiene un espesor de 25,4  $\mu\text{m}$  (1,0 mil). La resistencia al desgarro de Elmendorf se refiere a la fuerza promedio requerida para propagar el desgarro a través de una película de plástico de una longitud específica o una lámina no rígida en un medidor de rasgado de tipo Elmendorf. Específicamente, las muestras de ensayo que tienen una hendidura precortada se ponen en contacto con un péndulo con punta de cuchillo. La fuerza promedio requerida para propagar el desgarro se calcula a partir de la energía del péndulo perdida al desgarrar la muestra de ensayo. El desgarro se puede propagar ya sea en el MD o TD.

En una realización, las películas formadas a partir de los polímeros de PE de esta descripción tienen un impacto Spencer de aproximadamente 0,5 J a aproximadamente 1,8 J, alternativamente mayor que aproximadamente 0,5 J, alternativamente mayor que aproximadamente 0,75 J, o alternativamente mayor que aproximadamente 1,0 J como medida de acuerdo con ASTM D3420 usando una muestra de ensayo que tiene un espesor de 25,4  $\mu\text{m}$  (1 mil). El impacto Spencer mide la energía necesaria para reventar y penetrar en el centro de una muestra, montado entre dos anillos con un diámetro de 88,9 mm (3,5 pulgadas). La siguiente ecuación, Ecuación 2, se puede usar para obtener un valor de impacto en julios:

$$E = RC/100 \quad (2)$$

donde E es la energía para la ruptura, Joules, C es la capacidad del aparato y, R es la escala de lectura en una escala de 0 a 100.

En una realización, las películas formadas a partir de los polímeros de PE (polietileno) de esta descripción se caracterizan por un límite elástico TD que varía de aproximadamente 3500 psi (24 MPa) a aproximadamente 6500 psi (45 MPa), alternativamente mayor que aproximadamente 3500 psi (24 MPa), alternativamente mayor que aproximadamente 4000 psi (27 MPa), o alternativamente mayor que aproximadamente 4500 psi (30 MPa). En una

realización, las películas formadas a partir de los polímeros de PE de esta descripción se caracterizan por límite elástico MD que varía de aproximadamente 2500 psi (17 MPa) a aproximadamente 4500 psi (31 MPa), alternativamente mayor que aproximadamente 2500 psi (17 MPa), alternativamente mayor que aproximadamente 3000 psi (20 MPa), o alternativamente mayor que aproximadamente 3100 psi (21 MPa).

- 5 En una realización, las películas formadas a partir de los polímeros de PE de esta descripción se caracterizan por una resistencia a la rotura de TD que varía de aproximadamente 8000 psi (55 MPa) a aproximadamente 10000 psi (69 MPa), alternativamente mayor que aproximadamente 8300 psi (57 MPa), alternativamente mayor que aproximadamente 8500 psi (58 MPa), o alternativamente mayor que aproximadamente 9000 psi (62MPa). En una realización, las películas formadas a partir de los polímeros de PE de esta descripción se caracterizan por una resistencia a la rotura de MD que varía de aproximadamente 9.000 psi (60 MPa) a aproximadamente 12.000 psi (83 MPa), alternativamente mayor que aproximadamente 9000 psi (60 MPa), alternativamente mayor que aproximadamente 10.000 psi (69 MPa), o alternativamente mayor que aproximadamente 11.000 psi (75 MPa). En una realización, las películas formadas a partir de los polímeros PE de esta descripción se caracterizan por una tensión de rotura de TD que varía de aproximadamente 500% a aproximadamente 700%, alternativamente mayor que aproximadamente 500%, alternativamente mayor que aproximadamente 525%, o alternativamente mayor que aproximadamente 550%. En una realización, las películas formadas a partir de los polímeros de PE de esta descripción se caracterizan por una deformación de rotura de MD que varía de aproximadamente 350% a aproximadamente 450%, alternativamente mayor que 350%, alternativamente mayor que aproximadamente 400%, o alternativamente mayor que aproximadamente 440%.
- 20 El límite elástico se refiere a la tensión que un material puede soportar sin una deformación permanente del material, mientras que la deformación en límite elástico se refiere a la cantidad de alargamiento de la deformación que se produce sin una deformación permanente del material. La resistencia a la rotura se refiere al esfuerzo de tracción correspondiente al punto de ruptura mientras que la tensión de rotura se refiere al alargamiento a la tracción en la dirección indicada correspondiente al punto de ruptura. El límite elástico, la deformación en el límite elástico, la resistencia a la tracción y la deformación a la rotura pueden determinarse de acuerdo con la norma ASTM D882.

Las películas formadas a partir de los polímeros de PE de esta descripción se caracterizan por una turbidez inferior a aproximadamente el 40%, o inferior a aproximadamente el 20%. La turbidez es el aspecto turbio de un material causado por la luz dispersada desde el interior del material o desde su superficie. La turbidez de un material se puede determinar de acuerdo con la norma ASTM D1003.

- 30 Una película formada a partir de un polímero de PE de esta descripción muestra una turbidez menor que aproximadamente 40%, alternativamente menor que aproximadamente 20% y se caracteriza además por una fracción en peso del componente LMW (de menor peso molecular) que varía de aproximadamente 0,25 a aproximadamente 0,45, un MWD del componente LMW de aproximadamente 5,1 a aproximadamente 8,3, un MWD del componente HMW (de mayor peso molecular) que varía de aproximadamente 2,3 a aproximadamente 2,6.
- 35 En una realización, las películas formadas a partir de polímeros de PE de esta descripción se caracterizan por una claridad de aproximadamente 40% a aproximadamente 90%, alternativamente mayor que aproximadamente 40%, alternativamente mayor que aproximadamente 60%, o alternativamente mayor que aproximadamente 80% según se determina de acuerdo con la norma ASTM D1746.

- 40 En el presente documento, la turbidez se define como el porcentaje de luz transmitida que se dispersa a más de 2,5° de la dirección del haz incidente, mientras que la claridad se refiere a la nubosidad de la muestra preparada a partir de la composición polimérica.

- 45 En una realización, las películas producidas a partir de polímeros de PE del tipo descrito en el presente documento tienen un brillo de 60° de aproximadamente 20 a aproximadamente 60, o alternativamente mayor que aproximadamente 20, alternativamente mayor que aproximadamente 25, o alternativamente mayor que aproximadamente 50 según se determina de acuerdo con la norma ASTM D2457. El brillo de un material se basa en la interacción de la luz con la superficie de un material, más específicamente la capacidad de la superficie para reflejar la luz en una dirección especular. El brillo se mide midiendo el grado de brillo en función del ángulo de la luz incidente, por ejemplo a un ángulo de incidencia de 60° (también conocido como "brillo 60°").

- 50 En una realización, las películas formadas a partir de los polímeros PE de esta descripción tienen una OTR (tasa de transmisión de oxígeno) de aproximadamente 3,333 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día (215 cc/100 pulgadas<sup>2</sup>/día) a aproximadamente 2.170 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día (140 cc/100 pulgadas<sup>2</sup>/día), alternativamente menos de aproximadamente 3.333 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día (215 cc/100 pulgadas<sup>2</sup>/día), alternativamente menos de aproximadamente 2.713 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día (175 cc/100 pulgadas<sup>2</sup>/día), o alternativamente menos de aproximadamente 2.325 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día (150 cc/100 pulgadas<sup>2</sup>) para una película de 25,4 μm (1-mil) medida de acuerdo con la norma ASTM D3985. OTR es la medida de la cantidad de oxígeno gaseoso que pasa a través de una película durante un período determinado. Los ensayos pueden realizarse bajo un intervalo de condiciones de humedad relativa en un intervalo de temperaturas. Normalmente, un lado de la película está expuesto al permeante de oxígeno. Al solubilizarse en la película y penetrar a través del material de muestra, el nitrógeno barre el lado opuesto de la película y transporta las moléculas de oxígeno transmitidas a un sensor coulométrico. Este valor

se reporta como una tasa de transmisión. Cuando esta tasa se multiplica por el grosor promedio del material, los resultados se consideran una tasa de permeabilidad.

En una realización, las películas formadas a partir de los polímeros PE de esta descripción tienen una MVTR (tasa de transmisión de vapor de humedad) de aproximadamente 9.30 g-0.025 mm/m<sup>2</sup>/día (0.6 g-mil/100 pulgadas<sup>2</sup>/día) a aproximadamente 5.42 g-0.025 mm/m<sup>2</sup>/día (0.35 g-mil/100 pulgadas<sup>2</sup>/día), alternativamente menos de aproximadamente 9.30 g-0.025 mm/m<sup>2</sup>/día (0.60 g-mil/100 pulgadas<sup>2</sup>/día); alternativamente, menos de aproximadamente 7.75 g-0.025 mm/m<sup>2</sup>/día (0.50 g-mil/100 pulgadas<sup>2</sup>/día), o alternativamente menos de aproximadamente 6.98 g-0.025 mm/m<sup>2</sup>/día (0.45 g-mil/100 pulgadas<sup>2</sup>/día) para una película de 25,4 µm (1 mil) medida de acuerdo con la norma ASTM F 1249 a 37.78 °C (100 °F) y 90% de humedad relativa (HR). La MVTR mide el paso de H<sub>2</sub>O gaseoso a través de una barrera. La MVTR también puede referirse como la velocidad de transmisión de vapor de agua (WVTR). Normalmente, la MVTR se mide en una cámara especial, dividida verticalmente por el material sustrato/barrera. Una atmósfera seca está en una cámara y una atmósfera húmeda está en la otra. Se opera un ensayo de 24 horas para ver cuánta humedad pasa a través del sustrato/barrera desde la cámara "húmeda" a la cámara "seca" bajo condiciones que pueden especificar una cualquiera de cinco combinaciones de temperatura y humedad en la cámara "húmeda".

### Ejemplos

Habiéndose descrito generalmente el contenido, los siguientes ejemplos se proporcionan como realizaciones particulares de la descripción y para demostrar la práctica y ventajas de esta. Se entiende que los ejemplos se proporcionan como ilustración y no se pretende que limiten la descripción de las reivindicaciones de ninguna manera.

#### 20 Ejemplo 1

Se prepararon quince resinas experimentales del tipo descrito en la presente memoria, designadas 1-15. Las condiciones de polimerización utilizadas para preparar cada muestra de resina se presentan en la tabla 1.

No todas las resinas experimentales están completamente dentro del alcance de la reivindicación 1 pero sirven para ilustrar la invención.

25

Tabla 1

N.º de muestra	1	2	3	4	5	6	7	8
Activador-SopORTE	Alúmina sulfatada							
Tamaño del alimentador (cc)	0,9			0,35		0,35		
Activador-SopORTE al reactor (vueltas/h)	37	33	34	34	34	33	34	33
Metaloceno A a reactor basado en i-C4 (ppm)	1,36	1,02	124	1,19	0,95	1,26	1,03	1,22
Metaloceno B a reactor basado en i-C4 (ppm)	1,44	1,28	1,31	1,26	0,86	1,33	1,29	1,11
Tiempo de residencia en autoclave (min)	29	31	30	31	31	30	30	30
Tiba a Reactor basado en i-C4 (ppm)	83,7	75,8	72,2	73,7	68,8	77,9	76,8	72,5
Temp Rx °C (°F)	93,9 (201,0)	93,9 (201,1)	88,9 (192,1)	91,5 (196,7)	51,7 (197,1)	88,8 (191,8)	88,9 (192,0)	91,8 (197,2)
Etileno (% en moles)	16,3	13,4	13,4	16,1	12,6	15,8	14,0	14,0

<b>1-hexeno (% en moles)</b>	0,8	0,5	0,4	0,7	0,6	0,8	0,7	0,7
<b>Velocidad de alimentación de H<sub>2</sub> kg/h (lb/h)</b>	0,012 (0,0254)	0,018 0,0258	0,012 0,0261	0,012 0,0259	0,003 0,0155	0,012 (0,0254)	0,012 0,0259	0,0070 (0,0154)
<b>Velocidad de alimentación de etileno kg/h (lb/h)</b>	22,9 (50,4)	23,3 (51,4)	23 (50,7)	23,2 (51,1)	23,3 (51,3)	23,31 (51,4)	23,09 (50,9)	23,3 (51,3)
<b>Velocidad de alimentación de 1-hexeno kg/h (lb/h)</b>	0,77 (1,7)	0,77 (1,7)	0,14 (0,3)	0,77 (1,7)	0,73 (1,6)	0,73 (1,6)	0,82 (1,8)	0,77 (1,7)
<b>Caudal total de i-C4 kg/h (lb/h)</b>	23,8 (52,4)	23,7 (52,3)	23,9 (52,8)	23,6 (52,1)	23,7 (52,3)	23,54 (52,0)	23,7 (52,3)	23,7 (52,3)
<b>Concentración de sólidos (% en peso)</b>	43,1	44,3	44,1	43,7	45,5	44,0	44,0	44,7
<b>Producción de polímero kg/h (lb/h)</b>	20,9 (46,0)	26,6 (47,7)	21,2 (46,8)	21,2 (46,8)	22,1 (48,8)	21,4 (47,1)	21,4 (47,2)	21,8 (48,0)
<b>Densidad (pélet) (g/cc)</b>	0,9419	0,9409	0,9545	0,9464	0,9431	0,9495	0,9491	0,9448
<b>HLMI (pélet)</b>	6,43	5,25	7,57	12,99	3,35	12,09	22,03	5,39

Tabla 1 (continuación)

<b>N.º de muestra</b>	9	10	11	12	13	14	15
<b>Activador-Soporte</b>	Alúmina sulfatada						
<b>Tamaño del alimentador (cc)</b>	0,9	0,9		0,9	0,9	0,9	0,9
<b>Activador-Soporte a reactor (vueltas/h)</b>	42	33	34	37	34	34	34
<b>Metaloceno A a reactor basado en i-C4 (ppm)</b>	1,35	1,26	0,85	1,21	1,17	1,20	1,23
<b>Metaloceno B a reactor basado en i-C4 (ppm)</b>	1,42	1,32	1,07	1,27	1,23	126	1,29
<b>Tiempo de residencia en autoclave (min)</b>	30	30	32	31	30	30	31
<b>Tiba a Reactor basado en i-C4 (ppm)</b>	82,1	74,5	68,2	82,4	72,2	75,9	75,4
<b>Temp Rx °C (°F)</b>	93,8 (200,8)	91,4 (196,5)	91,8 (197,2)	91,6 (196,8)	91,7 (197,1)	91,7 (197,1)	88,8 (191,8)
<b>Etileno (% en moles)</b>	15,2	13,9	12,5	14,1	14,9	14,9	14,5

ES 2 733 126 T3

<b>1-hexeno (% en moles)</b>	0,7	0,7	0,7	0,7	0,3	0,3	0,8
<b>Velocidad de alimentación de H<sub>2</sub> kg/h (lb/h)</b>	0,00699 (0,0154)	0,0070 (0,0155)	0,00699 (0,0154)	0,0070 (0,0155)	0,0071 (0,0157)	0,0071 (0,0157)	0,0070 (0,0155)
<b>Velocidad de alimentación de etileno kg/h (lb/h)</b>	23,1 (51,0)	23,3 (51,4)	23,7 (52,3)	23,2 (51,1)	19,7 (43,4)	23,2 (51,1)	23,2 (51,1)
<b>Velocidad de alimentación de 1-hexeno kg/h (lb/h)</b>	0,77 (1,7)	0,73 (1,6)	0,73 (1,6)	0,77 (1,7)	0,14 (0,3)	0,18 (0,4)	0,73 (1,6)
<b>Caudal total de i-C4 kg/h (lb/h)</b>	23,7 (52,3)	23,6 (52,0)	23,7 (52,2)	23,7 (52,3)	24,1 (53,2)	24,7 (53,1)	23,6 (52,0)
<b>Concentración de sólidos (% en peso)</b>	43,8	44,3	45,3	44,3	39,6	43,8	44,3
<b>Producción de polímero kg/h (lb/h)</b>	21,3 (47,0)	21,5 (47,4)	22,2 (49,0)	21,5 (47,5)	19,9 (39,0)	21,2 (46,7)	21,5 (47,3)
<b>Densidad (pélet) (g/cc)</b>	0,9453	0,9482	0,9479	0,9481	0,9493	0,9579	0,9513
<b>HLMI (pélet)</b>	5,42	11,3	11,8	10,71	6,36	5,95	41,45

La resina M<sub>w</sub>, M<sub>w</sub>/M<sub>n</sub>, el índice de fusión (I5 e I10), HLMI, MFR y la densidad de estas resinas se presentan en la tabla 2.

Tabla 2

<b>ID muestra</b>	<b>M<sub>w</sub> (kg/mol)</b>	<b>M<sub>w</sub>/M<sub>n</sub></b>	<b>I5 (dg/min)</b>	<b>I10 (dg/min)</b>	<b>HLMI (dg/min)</b>	<b>MFR (121,6/110)</b>	<b>Densidad (g/cc)</b>
1	178,9	30,8	0,64	1,63	6,4	3,9	0,9419
2	199,2	32,7	0,56	1,84	5,3	2,9	0,9409
3	190,7	34,4	0,79	1,86	7,6	4,1	0,9545
4	181,9	33,2	0,59	2,36	13,0	5,5	0,9464
5 *	284,4	28,8	0,14	0,77	3,4	4,4	0,9431
6 *	172,2	31,7	0,87	2,63	12,1	4,6	0,9495
7 *	185,5	34,7	0,70	3,78	22,0	5,8	0,9491
8 *	271,5	33,4	0,14	0,61	5,4	8,8	0,9448
9 *	263,3	26,1	0,18	0,97	5,4	5,6	0,9453
10 *	256,5	29,0	0,18	1,33	11,3	8,5	0,9482
11 *	259,0	27,0	0,35	1,64	11,8	7,2	0,9479
12 *	242,1	29,8	0,27	1,20	10,7	8,9	0,9481
13 *	268,2	30,2	0,32	0,75	6,4	8,5	0,9493
14 *	270,1	31,1	0,25	0,92	6,0	6,5	0,9579
15 *	221,2	29,1	0,58	3,36	41,5	12,3	0,9513

\* = ejemplos de referencia

5 Las quince resinas de la tabla 2 se formaron en películas sopladas utilizando una película soplada Davis-Standard de 1,5 "con una boquilla de 5,08 cm (2 pulgadas), un hueco de boquilla de 0089 cm (0.035 pulgadas), a una velocidad de salida de 13,15 kg/h (29 libras/hora) una relación de soplado 4:1 (BUR), una altura de línea de congelación (cuello) de 14 pulgadas (35,56 cm) y un perfil de temperatura de extrusión de 205 °C a 210 °C a través de la extrusora y la boquilla y calibre de 1,0 mil. El espesor de la película también se puede referir como el calibre de la película. Las propiedades de la película fueron evaluadas y se presentan en la tabla 3.

Tabla 3

ID muestra	Dardo (g)	Impacto Spencer (J)	Desgarro MD (n)	Desgarro TD (n)	Turbidez %	Transparencia %
1	481	1,22	119	964	14,0	85,3
2	371	1,52	100	677	15,6	80,9
3	189	0,62	55	968	23,6	81,4
4	311	1,04	56	987	40,7	58,6
5 *	409	2,04	32	448	71,8	13,9
6 *	N/A	N/A	N/A	N/A	78,0	22,5
7 *	217	0,90	38	832	84,0	10,7
8 *	590	2,08	34	606	85,5	8,5
9 *	592	2,07	31	585	88,6	7,5
10 *	499	2,04	36	617	91,8	6,4
11 *	360	1,44	42	607	93,0	6,6
12 *	N/A	N/A	N/A	N/A	93,2	6,4
13 *	399	1,25	58	450	93,3	6,5
14 *	366	1,56	59	471	93,4	6,2
15 *	189	0,87	27	734	95,4	5,8

\* = ejemplos de referencia

10 En la figura 1 se muestra la comparación de la cromatografía de exclusión por tamaño de un ejemplo de baja turbidez (muestra 2) y un ejemplo de alta turbidez (muestra 7). La desconvolución de la SEC de las muestras 1-15 proporcionó la fracción del componente LMW (de menor peso molecular) presente en cada muestra en la adición al MWD de los componentes LMW y HMW (de mayor peso molecular). Estos datos se presentan en la tabla 4 y se muestran en las figuras 2 y 3.

15

Tabla 4

Número ID	Fracción LMW	LMW MWD	HMW MWD
1	0,34	5,20	2,35
2	0,39	8,25	209
3	0,39	6,42	2,55
4	0,45	5,13	2,40
5 *	0,50	4,59	2,00
6 *	0,56	5,89	2,35
7 *	0,56	5,89	233
8 *	0,51	5,18	201
9 *	0,52	4,67	2,03
10 *	0,61	4,38	2,00

(continuación)

11 *	0,65	5,28	200
12 *	0,60	4,24	2,07
13 *	0,55	4,76	2,26
14 *	0,56	4,64	2,11
15 *	0,70	4,42	200
* = ejemplos de referencia			

5 La turbidez y la transparencia determinadas experimentalmente para las muestras 1-15 se compararon con la turbidez y la transparencia determinadas usando las ecuaciones 3 y 4, respectivamente. La tabla 5 presenta la fracción del componente LMW (de menor peso molecular), MWD de los componentes de LMW y HMW (de mayor peso molecular) y la turbidez medida y predicha. Los datos se representan en las figuras 4 y 5. La tabla 6 presenta la fracción de peso del componente LMW, MWD de los componentes LMW y HMW y la transparencia medida y predicha. Los datos se representan en las figuras 6 y 7.

Tabla 5

ID de la muestra	Fracción LMW	LMW MWD	HMW MWD	Turbidez	
				Medido (%)	Predicho (%)
1	0,34	5,20	2,35	14,0	14,1
2	0,39	8,25	2,09	15,6	15,8
3	0,39	6,42	2,55	23,6	18,2
4	0,45	5,13	2,40	40,7	43,9
5	0,50	4,59	2,00	93,0	93,3
6	0,56	5,89	2,35	85,5	88,2
7	0,56	5,89	2,33	88,6	86,9
8	0,51	5,18	2,01	93,3	79,9
9	0,52	4,67	2,03	93,4	88,8
10	0,61	4,38	2,00	78,0	91,3
11	0,65	5,28	2,00	71,8	73,2
12	0,60	4,24	2,07	91,8	93,7
13	0,55	4,76	2,26	93,2	80,9
14	0,56	4,64	2,11	84,0	86,6
15	0,70	4,42	2,00	95,4	85,2

10

Tabla 6

Muestra	Fracción de LMW	LMW MWD	HMW MWD	Transparencia (%)	
				Medido	Predicho
1	0,34	5,2	2,4	85	80
2	0,39	8,3	2,1	81	80
3	0,39	6,4	2,6	81	88
4	0,45	5,1	2,4	59	51
5	0,50	4,6	2,0	14	3

(continuación)

6	0,56	5,9	2,4	23	10
7	0,56	5,9	2,3	11	3
8	0,51	5,2	2,0	9	10
9	0,52	4,7	2,0	8	10
10	0,61	4,4	2,0	6	12
11	0,65	5,3	2,0	7	6
12	0,60	4,2	2,1	6	3
13	0,55	4,8	2,3	6	10
14	0,56	4,6	2,1	6	3
15	0,70	4,4	2,0	6	15

5 Los datos demuestran que los polímeros PE de densidad media a alta con una arquitectura bimodal característica de esta descripción muestran las propiedades típicas de película de las resinas PE HMW (de mayor peso molecular) de densidad media a alta (p. ej., La resistencia al desgarro Elmendorf y dardo) pero de manera no característica muestran una transparencia elevada y una turbidez baja, generalmente asociado con materiales de menor densidad.

Los términos comprenden, incluye y tiene deberían entenderse que proporcionan soporte para términos más restringidos, como consiste en, consiste esencialmente en y comprende sustancialmente.

10 De acuerdo con esto, el alcance de la protección no está limitado por la descripción mostrada anteriormente sino que solo está limitado por las reivindicaciones que siguen, incluyendo ese alcance todos los equivalentes de a materia-objeto de las reivindicaciones. Cada una y todas las reivindicaciones se incorporan en la memoria descriptiva como una realización de la presente invención. Así, las reivindicaciones son una descripción adicional y son una adición a las realizaciones de la presente invención.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Un polímero bimodal que tiene una fracción en peso de un componente de peso molecular más bajo (LMW) que varía de aproximadamente 0,25 a aproximadamente 0,45, una fracción en peso de un componente HMW (de mayor peso molecular) que varía de aproximadamente 0,55 a aproximadamente 0,75 y una densidad de más de 0,940 g/cc a aproximadamente 0,955 g/cc, que cuando se ensaya de acuerdo con la norma ASTM D1003 tiene un porcentaje de turbidez inferior a aproximadamente 40%.
2. El polímero de la reivindicación 1, que cuando se ensaya de acuerdo con la norma ASTM D1746, muestra una transparencia de aproximadamente 40% a aproximadamente 90%.
- 10 3. El polímero de la reivindicación 1 que tiene una distribución de peso molecular de aproximadamente 20 a aproximadamente 40.
4. El polímero de la reivindicación 1, en donde el componente LMW tiene una distribución de peso molecular de aproximadamente 4,5 a aproximadamente 10 o en donde el componente HMW tiene una distribución de peso molecular de aproximadamente 2 a aproximadamente 4.
- 15 5. El polímero de la reivindicación 1 que tiene un índice de fusión de alta carga de aproximadamente 5 dg/min a aproximadamente 15 dg/min.
6. El polímero de la reivindicación 1, que cuando se ensaya de acuerdo con ASTM D882 tiene un módulo secante al 1% en la dirección transversal de aproximadamente 689 MPa (100.000 psi) a aproximadamente 2068 MPa (300.000 psi) o que cuando se ensaya de acuerdo con ASTM D882 tiene un módulo secante al 1% en la dirección de la máquina de aproximadamente 620 MPa (90.000 psi) a aproximadamente 1103 MPa (160.000 psi).
- 20 7. El polímero de la reivindicación 1, que cuando se ensaya de acuerdo con la norma ASTM D1709, tiene una resistencia a la caída de dardo que varía de aproximadamente 100 g a aproximadamente 500 g, o que cuando se ensaya de acuerdo con la norma ASTM D1922 tiene una resistencia al desgarro de Elmendorf en la dirección de la máquina que varía de aproximadamente 40 g a aproximadamente 150 g.
- 25 8. El polímero de la reivindicación 1, que cuando se ensaya de acuerdo con la norma ASTM D1922 tiene una resistencia al desgarro de Elmendorf en la dirección transversal que varía de aproximadamente 500 g a aproximadamente 1200 g, o que cuando se ensaya de acuerdo con la norma ASTM D3420 tiene un impacto Spencer de aproximadamente 0,5 J a 1,8 J.
- 30 9. El polímero de la reivindicación 1, que cuando se ensaya de acuerdo con ASTM D882 tiene un límite elástico en la dirección transversal que varía de aproximadamente 24 MPa (3500 psi) a 45 MPa (6500 psi) o que cuando se ensaya de acuerdo con ASTM D882 tiene un límite elástico en la dirección de la máquina desde aproximadamente 17 MPa (2500 psi) hasta aproximadamente 31 MPa (4500 psi).
- 35 10. El polímero de la reivindicación 1, que cuando se ensaya de acuerdo con ASTM D882 tiene una resistencia a la tracción en la dirección transversal que varía de aproximadamente 55 MPa (8000 psi) a aproximadamente 69 MPa (10000 psi) o que cuando se ensaya de acuerdo con ASTM D882 tiene una resistencia a la tracción en la dirección de la máquina varía desde aproximadamente 62 MPa (9000 psi) hasta aproximadamente 83 MPa (12000 psi).
11. El polímero de la reivindicación 1, que cuando se ensaya de acuerdo con ASTM D882, tiene una deformación de rotura en la dirección transversal que varía de aproximadamente 500% a aproximadamente 700%.
12. El polímero de la reivindicación 1, que cuando se ensaya de acuerdo con la norma ASTM D882, tiene una deformación de rotura en la dirección de la máquina que varía de aproximadamente 350% a aproximadamente 450%.
- 40 13. El polímero de la reivindicación 1, que cuando se ensaya de acuerdo con ASTM D3985, tiene una velocidad de transmisión de oxígeno de aproximadamente 3,333 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día (215 cc/100 pulgadas<sup>2</sup>/día) a aproximadamente 2,170 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día (140 cc/100 pulgadas<sup>2</sup>/día).
- 45 14. El polímero de la reivindicación 1, que cuando se ensaya de acuerdo con ASTM F1249 tiene una velocidad de transmisión de vapor de humedad de aproximadamente 9,30 g-0,025mm/m<sup>2</sup>/día (0,6 g-mil/100 pulgadas<sup>2</sup>/día) a aproximadamente 5,42 g-0,025mm/m<sup>2</sup>/día (0,35 g-mil/100 pulgadas<sup>2</sup>/día).
15. El polímero de la reivindicación 1, que cuando se ensaya de acuerdo con ASTM D2457 tiene un brillo a 60° de aproximadamente 20 a aproximadamente 60.

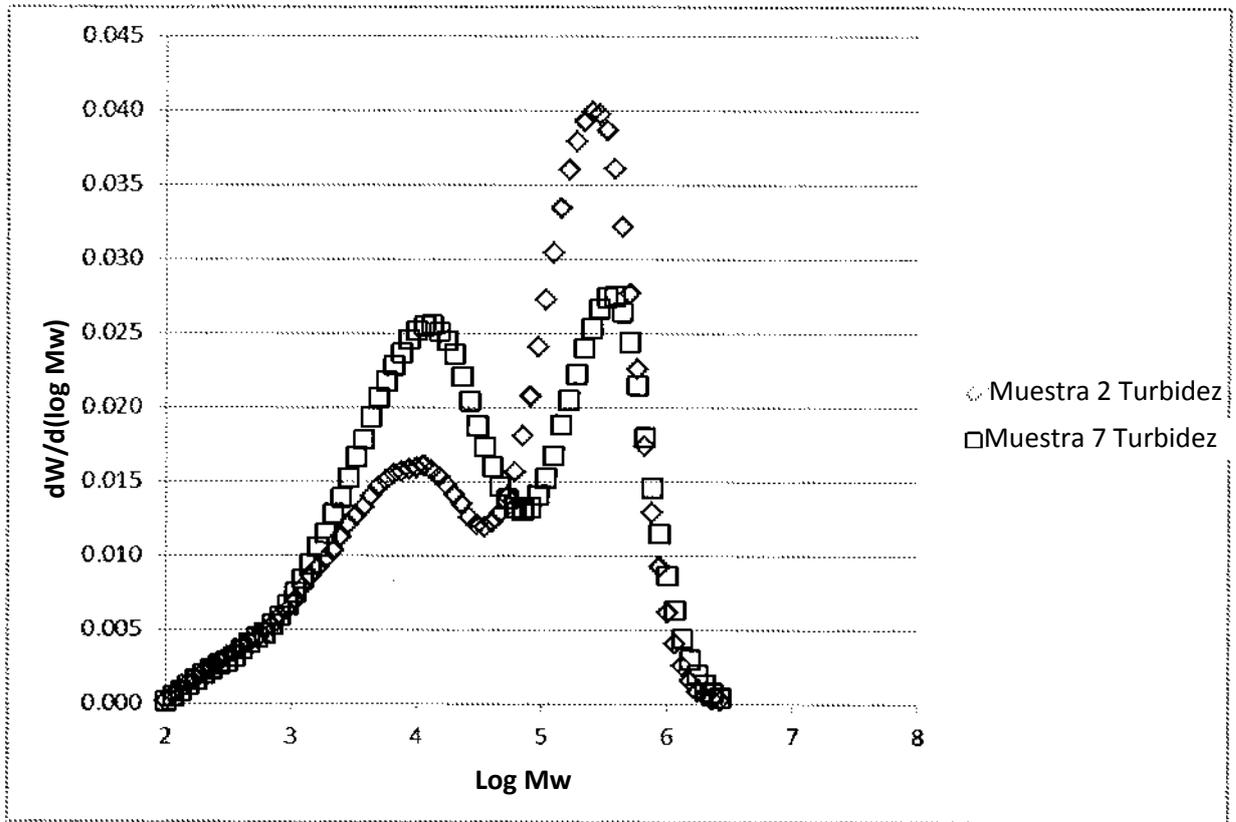


FIG. 1

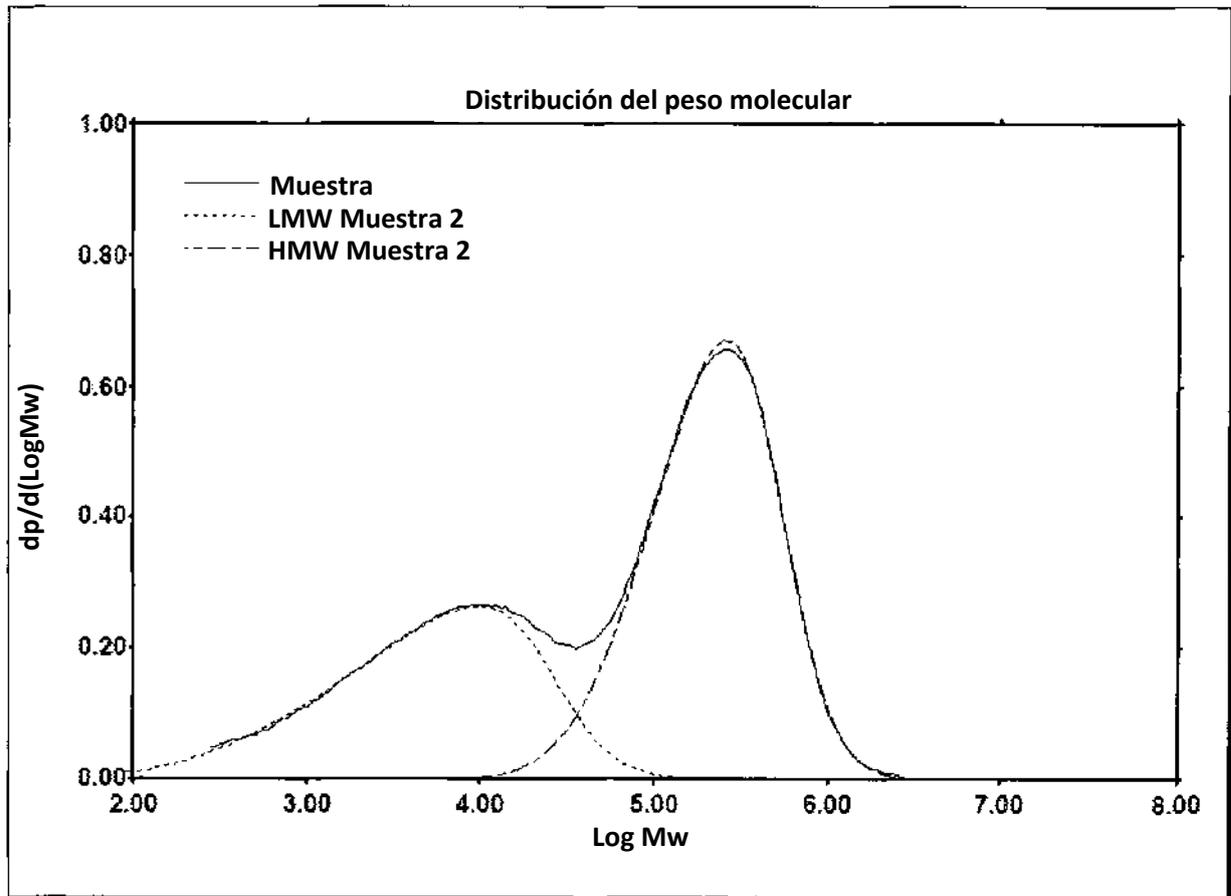


FIG. 2

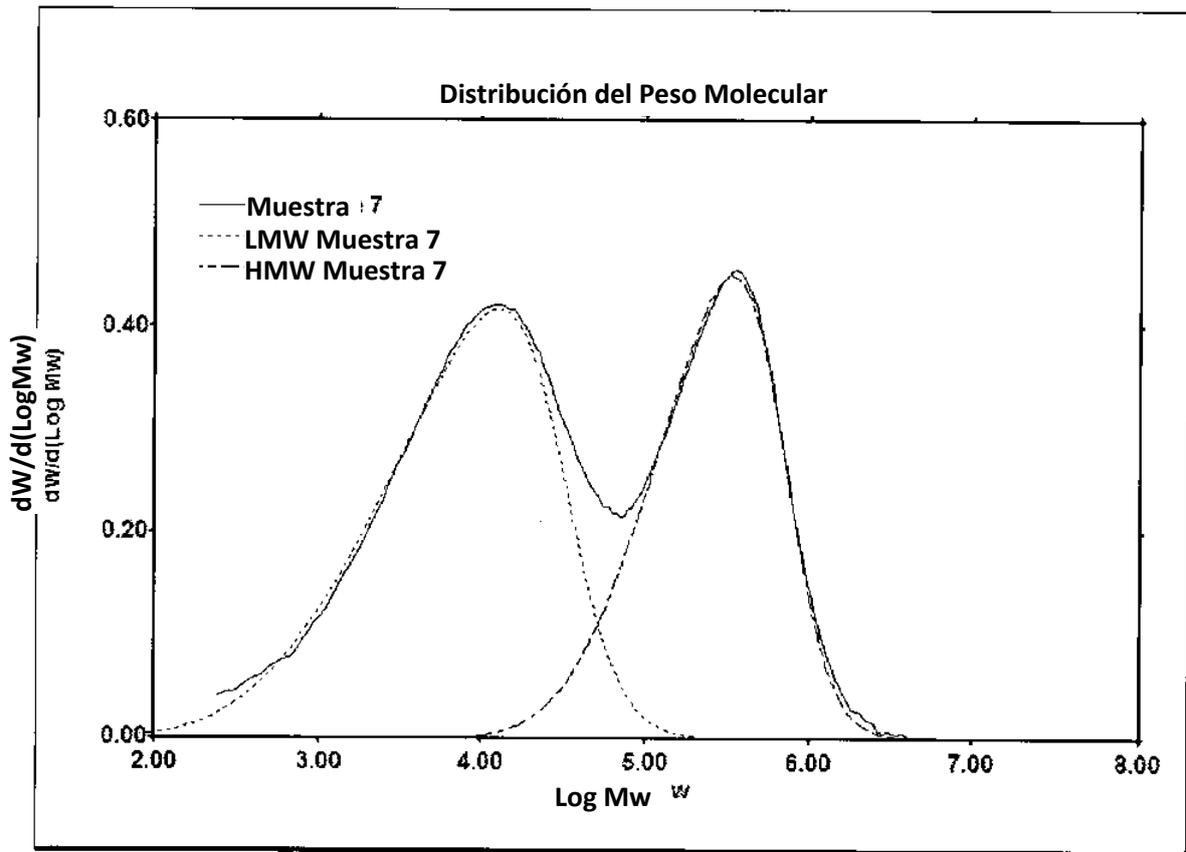


FIG. 3

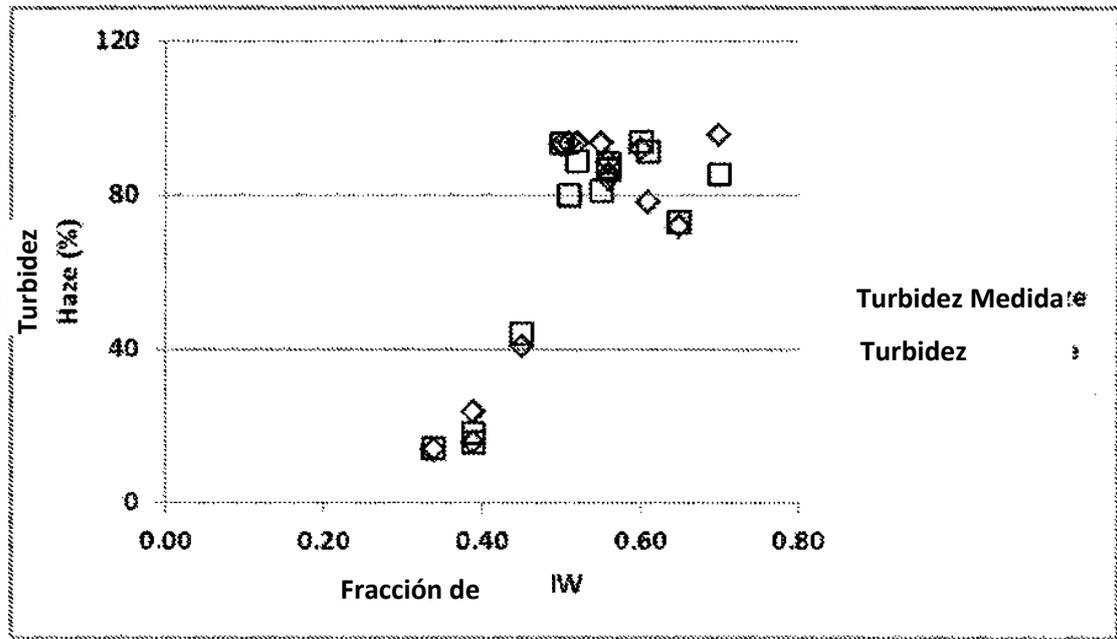


FIG. 4

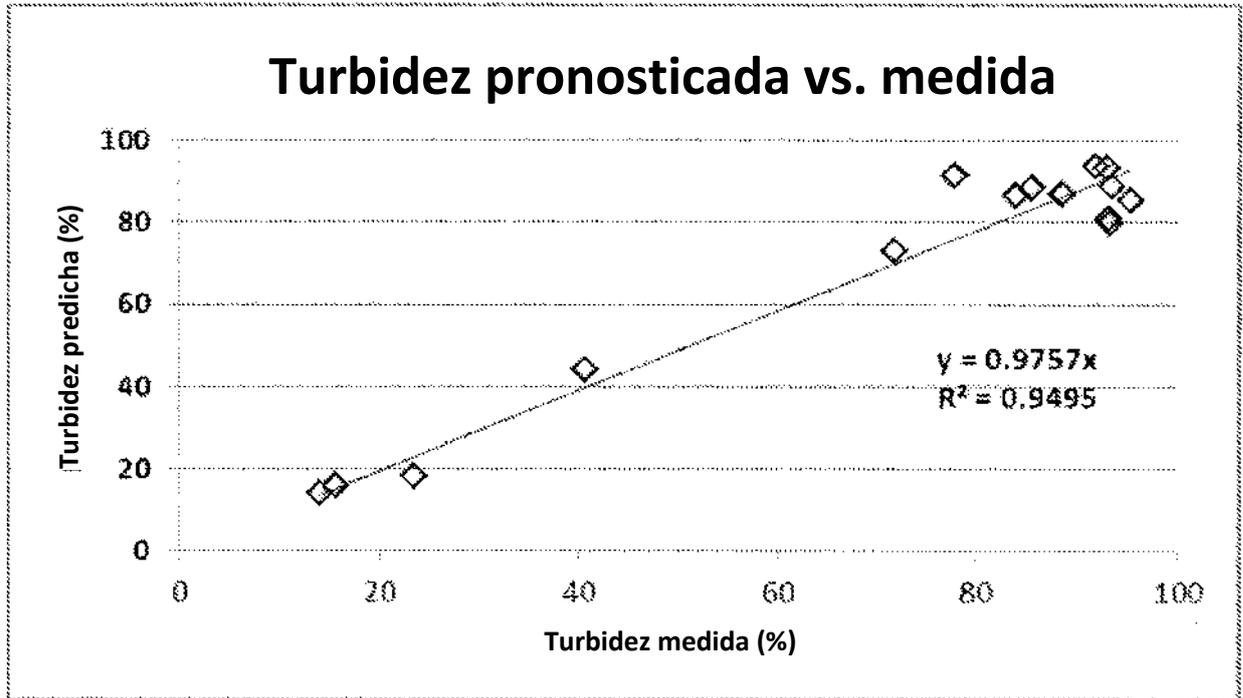


FIG. 5

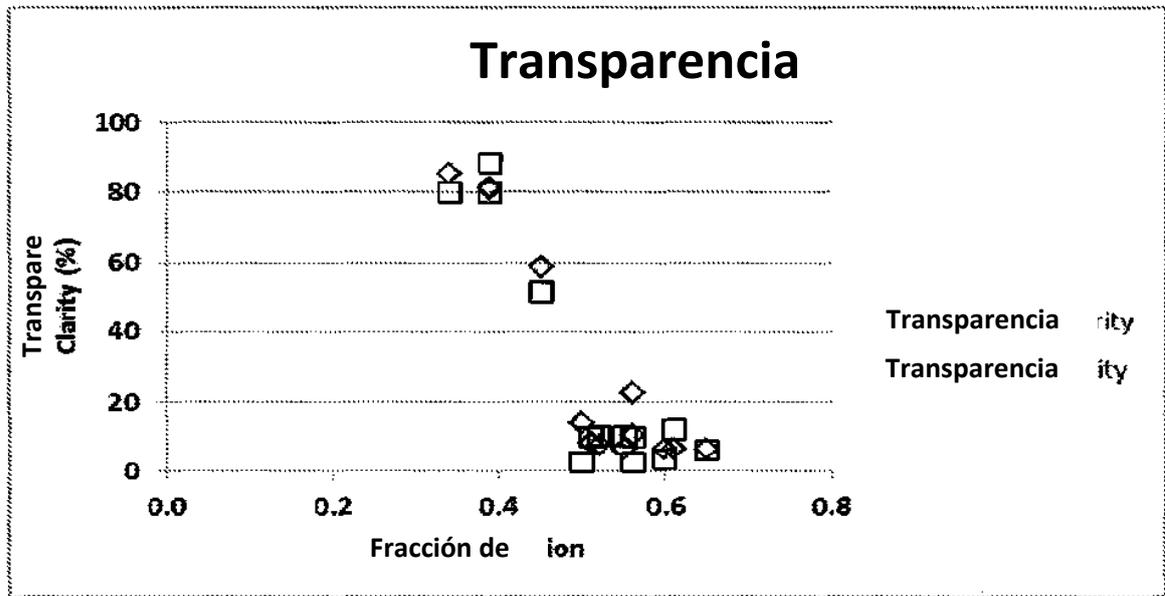


FIG. 6

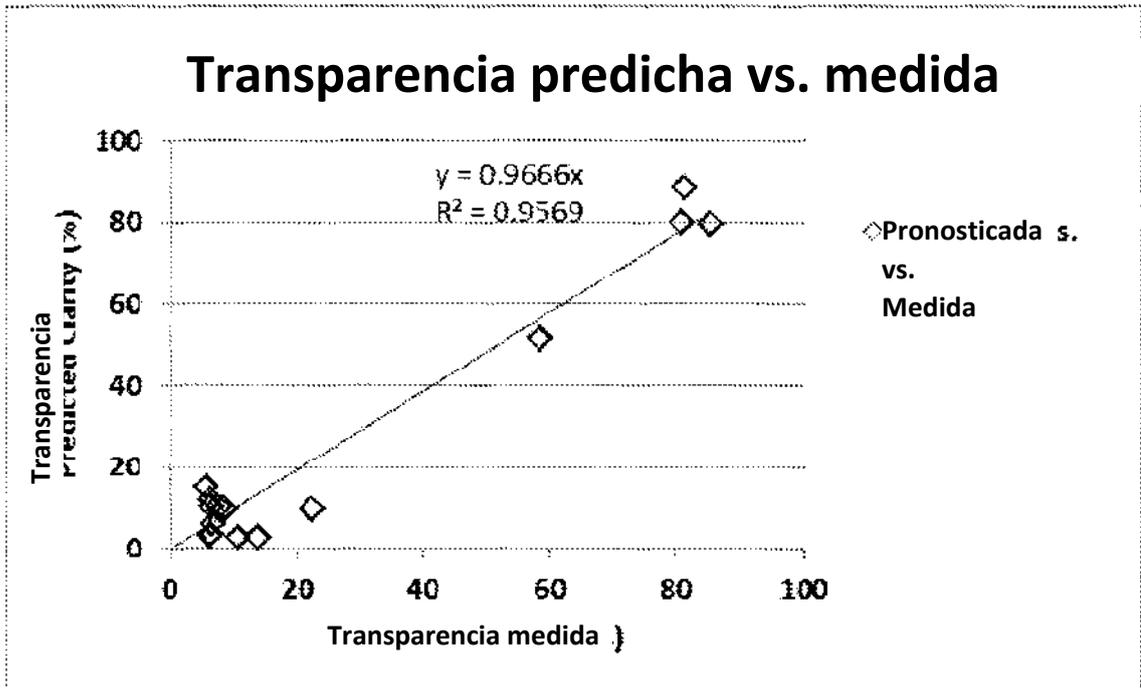


FIG. 7