(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 702 663**

(51) Int. CI.:

B01J 19/24 (2006.01)
C08F 2/01 (2006.01)
C08F 2/12 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.05.2015 PCT/US2015/030384**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **26.11.2015 WO15179176**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.05.2015 E 15725463 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.09.2018 EP 3140033**

(54) Título: **Configuraciones en codo y horizontales en un reactor de bucle**

(30) Prioridad:

21.05.2014 US 201414283717
17.08.2014 US 201414461430

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.03.2019

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

KUFELD, SCOTT E;
MUTCHLER, JOEL A;
ROMIG, RALPH;
STEWART, JOHN D;
GILL, CATHERINE M;
KREISCHER, BRUCE E. y
HOTTOVY, JOHN D

(74) Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

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

Configuraciones en codo y horizontales en un reactor de bucle

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

La presente invención se refiere en general a un sistema de reactor para polimerización de olefinas, y más particularmente a un sistema de reactor para optimizar la producción de polímeros de poliolefina en un reactor de bucle de alta eficacia.

Técnica relacionada

Esta sección introduce información de la técnica que puede estar relacionada con, o proporcionar un contexto para, algunos aspectos de los métodos descritos en la presente memoria, que se reivindican a continuación, o ambos. Esta información constituye los antecedentes que facilitan una mejor comprensión de lo que se divulga en la presente memoria. Esto es un análisis de la técnica "relacionada". Que dicha técnica esté relacionada no implica de ninguna manera que también sea técnica "relacionada". La técnica relacionada puede o no ser técnica anterior. El análisis debe hacerse bajo esta perspectiva, y no como admisión de la técnica anterior.

A medida que las tecnologías químicas y petroquímicas han avanzado, los productos de estas tecnologías se han vuelto cada vez más frecuentes en la sociedad. En particular, a medida que han avanzado las técnicas para unir bloques de construcción moleculares sencillos en cadenas más largas (o polímeros), los productos de polímeros, típicamente en forma de diversos plásticos, se han incorporado cada vez más en artículos cotidianos. Los polímeros de poliolefina, tales como el polietileno, el polipropileno, y sus copolímeros, se utilizan para tuberías, envases al por menor y farmacéuticos, envases de alimentos y bebidas, bolsas de plástico, juguetes, alfombras, diversos productos industriales, componentes de automóviles, electrodomésticos y otros artículos para el hogar, y demás.

Un beneficio de producir poliolefina es que generalmente no es reactiva con bienes o productos con los que está en contacto. Esto permite que los productos de poliolefina se utilicen en contextos residenciales, comerciales, e industriales, que incluyen el almacenamiento y transporte de alimentos y bebidas, electrónica de consumo, agricultura, transporte, y construcción de vehículos. La amplia variedad de usos residenciales, comerciales e industriales para las poliolefinas se ha traducido en una demanda sustancial de poliolefina en bruto que pueda extruirse, inyectarse, soplarse o conformarse de otro modo en un producto o componente consumible final.

Para satisfacer esta demanda, existen diversos procedimientos mediante los cuales se pueden polimerizar olefinas para formar poliolefinas. Estos procedimientos se pueden realizar en, o cerca de, las instalaciones petroquímicas, que brindan acceso fácil a las moléculas de olefinas de cadena corta (monómeros y co-monómeros), tales como etileno, propileno, buteno, penteno, hexeno, octeno, deceno, y otros bloques de construcción de los polímeros de poliolefina mucho más largos. Estos monómeros y co-monómeros se pueden polimerizar en procedimientos que comprenden un reactor de polimerización en fase líquida, un reactor de polimerización en fase gaseosa, o combinaciones de los mismos. A medida que se desarrollan las cadenas de polímeros durante la polimerización en el reactor, las partículas sólidas conocidas como "pelusa", "copo" o "polvo" se producen en el reactor.

Pronto se descubrió que una forma más eficaz de producir dichas partículas sólidas de polímeros era llevar a cabo el procedimiento de polimerización en condiciones de suspensión continua en un reactor de bucle de tubería con el producto extraído de varias ramas de sedimentación unidas a las partes horizontales inferiores del reactor de bucle de tubería. Se instalan y operan múltiples ramas de sedimentación en un reactor discontinuo para recuperar productos poliméricos sólidos. Esta técnica ha tenido éxito internacional obteniéndose miles de millones de kilogramos/libras de polímeros de etileno que se producen anualmente. Con este éxito ha llegado la conveniencia de construir reactores grandes en lugar de un gran número de reactores pequeños para una capacidad de planta determinada.

Sin embargo, el uso de múltiples ramas de sedimentación presenta al menos dos problemas. Primero, impone una técnica de recuperación de productos "discontinuo" en un procedimiento básico que requiere la circulación continua de una suspensión dentro de una zona de reacción en bucle. Por lo tanto, surgen problemas cuando una rama de sedimentación alcanza una etapa predeterminada en la que "suelta" o "descarga" la suspensión de polímero acumulada. Cada vez que funcione una única rama de sedimentación para recuperar la suspensión del reactor de bucle, causaría una interferencia con el flujo de la suspensión que circula aguas arriba dentro del reactor de bucle y la operación de un sistema de recuperación de reactante conectado aguas abajo. Además, los mecanismos de válvula que conectan las ramas de sedimentación al reactor de bucle aguas arriba y al sistema de recuperación de reactantes aguas abajo tienen que ser grandes en sus diámetros, por lo que requiere el cierre frecuente de estas válvulas. Hay una dificultad significativa para mantener un sellado hermético. Las ramas de sedimentación también pueden taparse de vez en cuando. Por lo tanto, el tiempo de inactividad frecuente del reactor para el mantenimiento programado es inevitable, reduciendo así la eficacia de la producción e incurriendo en altos costes de producción.

En segundo lugar, a medida que los reactores de bucle se han vuelto más grandes, el uso de múltiples ramas de sedimentación ha presentado inevitablemente muchos problemas logísticos. En un reactor de bucle, si el diámetro de una tubería se duplica, el volumen del reactor de bucle aumenta cuatro veces. Sin embargo, debido a los mecanismos de válvula involucrados, el tamaño de las ramas de sedimentación no se puede aumentar fácilmente. Por lo tanto, es necesario un mayor número de ramas de sedimentación para cumplir con la configuración de gran huella, que a su vez comienza a exceder el espacio físico del terreno disponible para configurar estos reactores de bucle a gran escala y de alta capacidad de producción.

A pesar de estas limitaciones, las ramas de sedimentación han seguido siendo empleadas donde los polímeros de olefina se forman como una suspensión en un diluyente líquido. Esto se debe a que, a diferencia de las polimerizaciones en suspensión en masa (es decir, sin diluyente inerte) donde se obtienen rutinariamente concentraciones de sólidos superiores al 60 por ciento, las suspensiones de polímeros de olefinas en un diluyente generalmente se limitan a menos del 50 por ciento de sólidos. Por lo tanto, se cree que las ramas de sedimentación son necesarias para dar un producto de suspensión final que tenga una mayor concentración de sólidos. Esto se debe a que, como su nombre lo indica, la sedimentación se produce en las ramas y, por lo tanto, la concentración de las partículas sólidas finalmente recuperadas de la suspensión sedimentada dentro de las ramas de sedimentación es mayor. Otro factor que afecta la concentración máxima de sólidos dentro de estos reactores de bucle es la velocidad de circulación, en donde una mayor velocidad para un diámetro de reactor dado permite una mayor concentración de los sólidos producidos, ya que un factor limitante en una operación de bucle circulante es el ensuciamiento debido a la acumulación de polímero en las paredes del reactor de bucle. Sin pretender limitación alguna por ninguna teoría particular, tal ensuciamiento puede deberse al funcionamiento a concentraciones de partículas sólidas por encima de un nivel en el que los sólidos pueden permanecer suspendidos sin asentarse dentro del reactor (es decir, la salación).

Una forma de mejorar la eficacia de producción en comparación con el uso de múltiples ramas de sedimentación es emplear una línea de tomas continuas de productos u otro mecanismo similar para extraer continuamente productos en suspensión del reactor de bucle. Además, existe la necesidad de reducir la huella de un reactor de bucle que ocupa menos espacio terrestre (al menos en la dimensión horizontal) y ahorra costes de producción, al mismo tiempo que se mantiene una alta capacidad de producción y eficacia. Por ejemplo, una sola línea de tomas continuas del producto puede reemplazar múltiples etapas de sedimentación, lo que da como resultado una productividad similar al mismo tiempo que se reduce la huella del reactor y se simplifican los mecanismos de control del reactor.

Compendio

La presente invención está dirigida a resolver, o al menos reducir, uno o todos los problemas anteriormente mencionados. Varias realizaciones de la presente invención incluyen un reactor de bucle para la polimerización de olefinas. El reactor de bucle incluye secciones verticales y secciones de codo que conectan las secciones verticales con una sección horizontal u otra sección de codo. Estas secciones dentro del reactor de bucle están configuradas en al menos una zona de reacción de bucle para polimerizar un monómero de olefina en presencia de un diluyente líquido para formar una suspensión que comprende partículas de un polímero de poliolefina.

En un aspecto, se describe al menos una sección de codo que tiene un diámetro interno (d) y un radio (R_c) de una curvatura interna, en donde la al menos una sección de codo está configurada para mantener un número de Dean (D_n) de la suspensión que fluye por el mismo mayor que 3.000.000, donde $D_n = \rho Vd/\mu * (d/2R_c)^{1/2}$ y donde ρ es una densidad de la suspensión, V es una velocidad de circulación de la suspensión, y μ es una viscosidad dinámica de la suspensión. En otro aspecto, la longitud horizontal (L_H) de la sección horizontal es menor que aproximadamente 0,9 metros (3 pies). En otro aspecto más, el reactor de bucle podría incluir además uno o más conjuntos de ramas de sedimentación que se extienden desde la sección horizontal. En otra realización, el reactor de bucle podría incluir además uno o más ensambles de tomas continuas (CTO) que se extienden desde al menos una de las secciones de codo o la sección horizontal.

Adicionalmente, una realización de la invención hace posible que una longitud de cuerda (W) de al menos una sección de codo sea de 640 centímetros (250 pulgadas) o menos. Otra realización de la invención hace posible que el radio (R_c) de la curvatura interna sea de 180 centímetros (72 pulgadas) o menos de acuerdo con lo determinado por $R_c = H/2 + W^2/8H$, en la que H es una altura de al menos una sección de codo. En otra realización, la velocidad de circulación (V) de la suspensión dentro de al menos una zona de reacción de bucle se mantiene a aproximadamente 9 metros por segundo (m/s) o más. Alternativamente, la velocidad de circulación (V) de la suspensión dentro de al menos una zona de reacción de bucle se mantiene a aproximadamente 9 metros por segundo o menos. En otra realización más, un número de Reynolds de la suspensión dentro de al menos una sección de codo se mantiene en aproximadamente 11.000.000 o más. En otra realización más, un sistema de reactor para polimerización de olefinas incluye uno o más reactores configurados en serie o en paralelo para procesar poliolefina y un reactor de bucle.

En otra realización, se proporciona un procedimiento para la polimerización de olefinas en un reactor de bucle e incluye la polimerización de un monómero de olefina en presencia de un diluyente líquido para formar una suspensión que comprende partículas de un polímero de poliolefina dentro de al menos una zona de reacción de

bucle de un reactor de bucle. El procedimiento puede incluir además retirar continuamente la suspensión de uno o más conjuntos de despegue continuo de al menos una zona de reactor de bucle. En otra realización, el procedimiento puede incluir además retirar periódicamente la suspensión de la al menos una zona del reactor de bucle, tal como retirar de uno o más ensambles de ramas de sedimentación que se extienden desde la sección horizontal.

Los párrafos anteriores presentan un resumen simplificado del objeto de estudio actualmente divulgado para proporcionar una comprensión básica de algunos de sus aspectos. El resumen no es una visión general exhaustiva, ni tiene la intención de identificar elementos clave o críticos para delinear el alcance del objeto de estudio descrito a continuación. Su único fin es presentar algunos conceptos en forma simplificada como un preludio a la descripción más detallada que se presenta a continuación.

Breve descripción de los dibujos

Las siguientes figuras forman parte de la presente memoria descriptiva y se incluyen para demostrar aún más ciertos aspectos de la presente invención. Las ventajas de la invención pueden ser evidentes para un experto en la técnica al leer la siguiente descripción detallada y al hacer referencia a los siguientes dibujos.

La Figura 1 ilustra un diagrama de flujo de bloques que representa un ejemplo de sistema de producción de poliolefina que tiene uno o más reactores de bucle para producir poliolefina de acuerdo con realizaciones de las presentes técnicas.

La Figura 2 ilustra un ejemplo de sistema de reactor que se puede usar en el sistema de producción de poliolefina de la Figura 1 de acuerdo con realizaciones de las presentes técnicas.

La Figura 3A ilustra un reactor de bucle que se puede usar en una parte del sistema de producción de poliolefina de la Figura 1 de acuerdo con realizaciones de las presentes técnicas.

La Figura 3B ilustra un reactor de bucle que se puede usar en una parte del sistema de producción de poliolefina de la Figura 1 de acuerdo con realizaciones alternativas de las presentes técnicas.

La Figura 3C ilustra una parte de un reactor de bucle dentro del sistema de producción de poliolefina de la Figura 1 de acuerdo con realizaciones alternativas de las presentes técnicas.

La Figura 3D ilustra un arco con su longitud de cuerda (W) y altura (H), donde el arco está formado por las curvaturas internas de dos secciones de codo idénticas.

La Figura 4 ilustra un ejemplo de diagrama de flujo de procedimiento de un método para operar un sistema de fabricación de poliolefina de acuerdo con realizaciones de las presentes técnicas.

Descripción detallada

Ahora se darán a conocer realizaciones ilustrativas del objeto de estudio descrito a continuación. En aras de la claridad, no todas las características de una implementación real se describen en esta memoria descriptiva. Se apreciará que en el desarrollo de cualquier realización real, se deben tomar numerosas decisiones específicas de implementación para lograr los objetivos específicos de los desarrolladores, tal como el cumplimiento de las restricciones relacionadas con el sistema y relacionadas con el negocio, que variarán de una implementación a otra. Además, se apreciará que dicho esfuerzo de desarrollo, incluso si es complejo y requiere mucho tiempo, sería una tarea rutinaria para los expertos en la técnica que obtienen el beneficio de esta divulgación.

Las realizaciones particulares de la invención se pueden describir a continuación con referencia a diagramas de bloques y/o ilustraciones operativas de métodos. Se entenderá que cada bloque de los diagramas de bloques y/o ilustraciones operativas, y combinaciones de bloques en los diagramas de bloques y/o ilustraciones operacionales, se pueden implementar mediante soporte físico analógico y/o digital, y/o instrucciones de programas informáticos. Dichas instrucciones del programa informático se pueden proporcionar a un procesador de un ordenador de uso general, ordenador de uso especial, ASIC y/u otro sistema de procesamiento de datos programable. Las instrucciones ejecutadas pueden crear estructuras y funciones para implementar las acciones especificadas en los diagramas de bloques y/o ilustraciones operativas. En algunas implementaciones alternativas, las funciones/acciones/estructuras destacadas en las figuras pueden tener lugar fuera del orden indicado en los diagramas de bloques y/o ilustraciones operativas. Por ejemplo, las operaciones que se muestran tienen lugar consecutivamente, de hecho, se pueden ejecutar de manera simultánea o las operaciones se pueden ejecutar en orden inverso, dependiendo de las funcionalidades/actos/estructura involucrados.

En la siguiente descripción, a menos que se especifique lo contrario, todos los compuestos descritos en la presente memoria pueden estar sustituidos o no sustituidos, y la lista de compuestos incluye derivados de los mismos. Además, diversos intervalos y/o limitaciones numéricas se pueden indicar expresamente a continuación. Se debe reconocer que, a menos que se indique lo contrario, se pretende que los puntos finales sean intercambiables.

Además, cualesquiera intervalos incluyen intervalos iterativos de magnitud similar que se sitúan dentro de los intervalos o limitaciones expresamente establecidos.

Las realizaciones descritas en la presente memoria incluyen la reducción de la huella de uno o más reactores de bucle en un sistema de producción de poliolefina a gran escala, al tiempo que se maximiza la concentración de sedimentación de la producción de suspensión recuperada y se mantiene el caudal y la velocidad de la suspensión que circula dentro de los reactores de bucle, lo que reduce significativamente el coste de capital para la producción de poliolefina. En una realización, se proporciona una mejora significativa de la configuración de al menos una zona de reacción de bucle dentro de un reactor de bucle, de modo que la dimensión vertical (por ejemplo, el eje Z o el eje paralelo a la gravedad de la tierra) del reactor de bucle sigue siendo una configuración eficaz para la producción de poliolefinas a gran escala y de alta capacidad, mientras que la dimensión horizontal (por ejemplo, el plano X-Y de una propiedad física terrestre que ocupan los reactores de bucle) se reduce significativamente para ahorrar espacio de terreno y costes de capital. En otra realización, se reduce y optimiza al menos una sección horizontal del reactor de bucle con el fin de reducir la huella del reactor y el coste de capital, al tiempo que se mantiene la circulación de las suspensiones en la sección de codo.

La Figura 1 representa un ejemplo de un sistema de producción de poliolefina 100 para producir polímeros, tales como poliolefina y similares. El sistema de producción de poliolefina 100 puede incluir generalmente un extremo de reacción en húmedo 42 y un extremo de acabado en seco 44, que están conectados a un sistema de control 46 para transformar una o más materias primas 14 (por ejemplo, reactantes monómeros, diluyentes, catalizadores y/u otros compuestos químicos) en productos de reacción (por ejemplo, una suspensión, una pelusa de poliolefina, un gránulo de poliolefina 38, y similares). Las materias primas 14 se pueden proporcionar desde diversos medios de suministro 12 (por ejemplo, a través de tuberías, barcos, camiones, cilindros, tambores, etc.), y se pueden suministrar al sistema de producción de poliolefina 100 a través de instalaciones fuera del sitio y/o en el sitio, (por ejemplo, plantas de olefinas, refinerías, plantas de catalizadores, y similares).

El extremo de reacción en húmedo 42 del sistema de producción de poliolefina 100 incluye generalmente un sistema de alimentación 16, un sistema de reactor 20, un sistema de recuperación 24 y un sistema de fraccionamiento 30 y está adaptado para transformar las materias primas 14 en una suspensión y/o una corriente de pelusa de poliolefina 28 en fase húmeda o líquida. El extremo de acabado en seco 44 está conectado o en comunicación fluida con el extremo de reacción en húmedo 42, y puede incluir un sistema de extrusión 36 y un sistema de descarga 39 para transformar la pelusa de poliolefina 28 en fase seca en un gránulo de poliolefina 38. A continuación, el gránulo de poliolefina 38 se suministra a uno o más clientes 40.

El sistema de alimentación 16 está adaptado para suministrar las materias primas 14 al sistema reactor 20 a través de una o más líneas de alimentación 18. El sistema de alimentación 16 está configurado para medir y controlar la velocidad de adición de las materias primas 14 a las líneas de alimentación 18 para mantener la estabilidad deseada del reactor y lograr las propiedades de poliolefina o la velocidad de producción deseadas. El sistema de alimentación 16 también se puede configurar para recibir, almacenar, tratar y medir uno o más monómeros o diluyentes, que se recuperan como corrientes de efluentes del reactor desde el sistema de recuperación 24 y se reciclan al sistema de reactor 20. Se puede usar una pluralidad de líneas de alimentación 18 para alimentar varias corrientes de monómero, comonómero, diluyente, catalizadores, co-catalizadores, hidrógeno, aditivos, o combinaciones de los mismos al sistema de reactor 20. Las líneas de alimentación 18 pueden golpear la pared del reactor de bucle de polimerización dentro del sistema 20 del reactor. En general, se puede destinar un solo sistema de alimentación a un reactor de bucle particular. Alternativamente, se puede usar una pluralidad de los sistemas de alimentación 16 en el sistema de reactor y acoplar a uno o más reactores de bucle dispuestos y operados en serie o en paralelo. Además, el sistema de alimentación 16 puede recibir opcionalmente componentes no poliméricos reciclados de uno o más sistemas de procesamiento aguas abajo.

Los materiales de alimentación ilustrativos 14 pueden incluir, pero no se limitan a, monómeros de olefinas, comonómeros, diluyentes, catalizadores, co-catalizadores, activadores, agentes de transferencia de cadena, agentes de control de peso molecular, co-reactantes, aditivos y combinaciones de los mismos. Los monómeros y comonómeros de olefinas adecuados pueden incluir etileno, propileno, buteno, hexeno, octeno, deceno y combinaciones de los mismos, entre otros. Los monómeros y comonómeros de olefina pueden estar presentes en una fase líquida, gaseosa o supercrítica, dependiendo del tipo de sistema de reactor 20 utilizado. Dichos monómeros y comonómeros de olefinas son generalmente 1-olefinas que tienen hasta 10 átomos de carbono por molécula y pueden incluir una ramificación más cercana al doble enlace que la posición 4, tal como 1-penteno, 1-hexeno, 1-octeno, y 1-deceno.

Los diluyentes adecuados pueden incluir propano, isobutano, n-butano, n-pentano, i-pentano, neopentano, ciclopentano, metilciclopentano, etilciclopentano, n-hexano, ciclohexano, n-heptano, y combinaciones de los mismos, entre otros.

La expresión "agente de transferencia de cadena", o alternativamente "agente de control del peso molecular", como se usa en la presente memoria, debe entenderse como un agente que proporcionará un hidrógeno activo o halógeno que puede extraerse durante una reacción de polimerización. Las reacciones de transferencia de cadena detienen una cadena radical en crecimiento durante la polimerización y comienzan una nueva en su lugar. Por lo tanto, la

transferencia de cadena da como resultado cadenas más cortas, grados más bajos de polimerización, y pesos moleculares más bajos. Un ejemplo de un agente de transferencia de cadena o agente de control de peso molecular adecuado es hidrógeno; sin embargo, se pueden usar otros agentes de transferencia de cadena en los métodos y procedimientos de la presente invención, ya que los agentes de transferencia de cadena pueden variar con el tipo de polimerización involucrada. Otros ejemplos de agentes de transferencia de cadena incluyen, entre otros, mercaptanos, compuestos aromáticos con hidrógenos bencílicos, haluros de alquilo e hidrocarburos halogenados (tales como el tetracloruro de carbono y el tetrabromuro de carbono).

Los catalizadores adecuados pueden incluir catalizadores de Ziegler-Natta, catalizadores de cromo, catalizadores de metaloceno, y combinaciones de los mismos, entre otros. El uno o más catalizadores alimentados en el sistema de reactor 20 pueden ser heterogéneos, homogéneos, soportados y/o no soportados. Los co-catalizadores adecuados pueden incluir boratos, tri-etilboro, metil aluminoxano, trietilboro, metil aluminoxano, boratos, compuestos de organoaluminio (tales como tri-etilaluminio y triisobutilaluminio, trietilaluminio), y combinaciones de los mismos, entre otros. Los activadores o co-catalizadores adecuados pueden incluir superácidos sólidos, aditivos, y combinaciones de los mismos, entre otros.

En la Figura 1, el sistema de alimentación 16 puede incluir depósitos, recipientes, cilindros, y otros envases de almacenamiento para almacenar las materias primas 14 en su interior. El sistema de alimentación 16 también puede incluir lechos de tratamiento, tales como lechos de tamices moleculares, envases de aluminio, etc., para procesar o tratar las materias primas de alimentación 14 antes de introducirse en las líneas de alimentación 18. Cualquier componente no deseado presente dentro de las materias primas 14 se puede retirar después del tratamiento. Los ejemplos de componentes no deseados dentro de las materias primas 14 incluyen venenos catalizadores, tales como agua, oxígeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, y compuestos orgánicos que contienen azufre, oxígeno y/o halógenos, entre otros. En otra realización, los materiales de alimentación 14 se pueden alimentar directamente al sistema de reactor 20 sin estar almacenados en el sistema de alimentación 16. Por ejemplo, el monómero de etileno se puede alimentar directamente al sistema de reactor 20 sin almacenamiento intermedio en el sistema de alimentación 16.

El sistema de alimentación 16 se puede configurar para preparar o acondicionar las materias primas 14, tal como catalizadores, antes de alimentarse al sistema de reactor 20. Por ejemplo, un catalizador se puede preparar en depósitos de preparación de catalizador para mezclarse con un diluyente (por ejemplo, isobutano o hexano) o aceite mineral. Además, en funcionamiento, el sistema de alimentación 16 también puede almacenar, tratar, y medir el efluente del reactor recuperado para su reciclaje al reactor. De hecho, las operaciones en el sistema de alimentación 16 reciben generalmente tanto materia prima 14 como corrientes de efluente del reactor recuperadas.

El sistema de reactor 20 puede incluir uno o más reactores de bucle conectados entre sí y está adaptado para llevar a cabo una reacción de polimerización en el mismo. Por ejemplo, una reacción de polimerización puede ser la adición y polimerización de monómeros y comonómeros de olefina en un compuesto polimérico de poliolefina de cadena larga en presencia de diluyentes, catalizadores y/u otros productos químicos. En una realización, los reactores de bucle dentro del sistema de reactor 20 están diseñados y configurados de forma única para aumentar la capacidad de producción de poliolefinas, la flexibilidad y la eficacia de la operación, y reducir la huella del sistema y el coste de producción.

En un ejemplo, el sistema de reactor 20 dentro del sistema de producción de poliolefinas 100 está configurado para operar una pluralidad de reactores de polimerización de bucle conectados y operados en serie y/o en paralelo, como una operación acoplada del reactor de bucle y/o como una operación desacoplada o independiente. Esta capacidad para cambiar la operación de un conjunto de reactores de bucle de polimerización entre una operación en serie y una operación en paralelo proporciona flexibilidad para producir polímeros de poliolefina mono-modales y/o multimodales (por ejemplo, bimodales), y para programar la parada del reactor y la flexibilidad del mantenimiento. En ciertas realizaciones, al menos dos reactores de bucle de suspensión se hacen funcionar en serie y luego se desacoplan para hacerlos funcionar en paralelo o se desacoplan para dejar funcionando un reactor mientras que el otro reactor está inactivo por mantenimiento. Esto le da a la planta flexibilidad para producir productos poliméricos de poliolefina bimodales y cambiar a un producto polimérico de poliolefina individual para condiciones cambiantes de mercado. Los reactores en paralelo podrían funcionar en líneas de alimentación paralelas y sistemas de recuperación periféricos separados o sistemas de alimentación y sistemas de recuperación compartidos.

En una realización, el sistema de reactor 20 puede incluir uno o más reactores de polimerización en suspensión. Los reactores de polimerización pueden ser del mismo tipo o de tipos diferentes, y estar dispuestos en serie o en paralelo, para producir un producto particulado de poliolefina, tal como la pelusa de poliolefina 28, denominada genéricamente "pelusa" en la presente memoria. Para facilitar la explicación, los siguientes ejemplos están limitados en su alcance a tipos de reactores específicos que se cree son familiares para los expertos en la técnica y para combinaciones. Sin embargo, para un experto en la técnica que utilice esta descripción, las presentes técnicas son aplicables a disposiciones de reactores más complejas, tales como las que implican reactores adicionales, diferentes tipos de reactores y/u ordenamiento alternativo de los reactores o tipos de reactores, así como diversos sistemas y equipos de recuperación de diluyentes y monómeros dispuestos entre los reactores, y así sucesivamente. Dichas disposiciones se consideran completamente dentro del alcance de la presente invención.

Un tipo de reactor incluye reactores dentro de los cuales se produce la polimerización dentro de una fase líquida. Los ejemplos de dichos reactores en fase líquida incluyen autoclaves, reactores de mezcla líquida en ebullición, reactores de suspensión en bucle (vertical u horizontal), etc. Para simplificar, un reactor de suspensión en bucle para producir poliolefina, tal como polietileno o polipropileno, se analiza en el presente contexto, aunque debe entenderse que las presentes técnicas pueden ser similares a otros tipos de reactores en fase líquida.

En otra realización, el sistema de reactor 20 puede incluir uno o más reactores de bucle conectados entre sí en al menos una zona de reacción de bucle para llevar una reacción de polimerización. Cada reactor de bucle puede incluir cuatro secciones verticales, cuatro secciones horizontales, y ocho secciones de codo. En otro ejemplo, cada reactor de bucle puede incluir seis secciones verticales, seis secciones horizontales, y doce secciones de codo. En otro ejemplo más, un reactor de bucle puede incluir dos zonas de reacción de bucle, donde al menos una zona de reacción de bucle está formada por cuatro secciones verticales, cuatro secciones horizontales, y ocho secciones de codo, mientras que otra zona de reacción de bucle está formada por otra combinación adecuada de secciones verticales y secciones horizontales que están conectadas por secciones de codo. Los ejemplos de configuraciones de sistemas de reactores, reactores de bucle y zonas de reacción de bucle para la polimerización en suspensión incluyen los descritos en la patente de EE. UU. nº. 6.239.235, patente de EE. UU. nº. 7.033.545, y solicitud de patente de EE. UU. publicada nº. 2011/0288247, cada una de los cuales se incorpora en su totalidad en la presente memoria como referencia para su descripción de los reactores de bucle y sus diámetros, longitudes, equipo, y operación.

La Figura 2 muestra un sistema de reactor 200 como un ejemplo de uno o más reactores de bucle dentro del sistema de reactor 20. El sistema de reactor 200 puede incluir dos o más reactores de bucle 50A, 50B conectados entre sí en una o más zonas de reacción de bucle y puede conmutarse de manera flexible entre operaciones en serie o en paralelo para producir poliolefina. Los reactores de bucle 50A, 50B pueden incluir una pluralidad de secciones verticales 210 y secciones horizontales 220 (por ejemplo, secciones horizontales superiores y secciones horizontales inferiores, etc., donde estos segmentos horizontales superiores e inferiores definen las zonas superior e inferior de flujo horizontal). Por ejemplo, los reactores de bucle 50A, 50B pueden incluir de ocho a dieciséis u otro número de secciones verticales 210, como ramas de tubería verticales con camisa, de aproximadamente 61 centímetros (24 pulgadas) de diámetro y aproximadamente 60 metros (200 pies) de longitud.

Como se muestra en la Figura 2, la sección vertical 210 y la sección horizontal 220 están conectadas por una curva suave (por ejemplo, una sección de codo 230), proporcionando así un recorrido de flujo continuo sustancialmente libre de obstrucciones internas entre una o más zonas de reacción de bucle dentro de los reactores de bucle 50A, 50B del sistema de reactor 200. En un ejemplo, se puede usar una sección de codo para conectar un extremo terminal de una sección horizontal a un extremo terminal de la sección vertical más cercana (para mayor comodidad y claridad, sólo algunas de las secciones verticales, secciones horizontales y secciones de codo están numeradas en la Figura 2). Por ejemplo, se pueden usar dos secciones de codo 230 para conectar las partes superior e inferior de cada sección vertical 210 con otra sección horizontal 220 u otra sección de codo 230. Como otro ejemplo, se pueden usar dos secciones de codo 230 para conectar ambos extremos de una sección horizontal 220 con dos secciones verticales 210. En general, dos secciones de codo idénticas forman un arco (de un círculo hipotético, donde una curvatura interna 238 de cada sección de codo 230 forma la mitad del arco del círculo hipotético, y el círculo hipotético tiene un radio (R_c) como se muestra en la Figura 3C). Cada sección vertical 210 tiene una longitud vertical (L_V), y cada sección horizontal 220 tiene una longitud horizontal (L_H). Cabe destacar que las longitudes verticales (L_V) y las longitudes horizontales (L_H) respectivas no tienen que ser las mismas.

En general, la reacción de polimerización dentro del sistema de reactor 200 es exotérmica y se requiere la eliminación del calor de reacción. Los reactores de bucle 50A, 50B se pueden enfriar por medio de un intercambiador de calor. Por ejemplo, cada rama o sección vertical 210 puede estar protegida y rodeada por un intercambiador de calor, tal como una camisa de enfriamiento 52 u otro intercambiador de calor adecuado en forma de tubo, configurado para rodear las secciones verticales 210 y/o otras secciones. La Figura 2 ilustra dos reactores de cuatro ramas, cada uno con 4 secciones verticales dispuestas verticalmente. La sección vertical 210 rodeada con la camisa de refrigeración 52 también podría estar dispuesta horizontalmente. Las camisas de refrigeración 52 están configuradas con un medio de refrigeración (por ejemplo, agua, y otros refrigerantes) que fluye en ellas para eliminar el calor.

Se utilizan una o más líneas de alimentación 58A, 58B para introducir monómeros (y/o comonómeros, si los hay), uno o más diluyentes y/u otros componentes químicos en los reactores de bucle 50A, 50B, respectivamente. Las líneas de alimentación 58A, 58B se pueden conectar a los reactores de bucle 50A, 50B directamente por uno o más sitios o se pueden combinar y alimentar en una sola línea, tal como una línea de reciclaje de diluyente condensado. Además, se utilizan una o más líneas de alimentación 60 para introducir catalizadores y otros aditivos en los reactores de bucle 50A, 50B. Las líneas de alimentación 58A, 58B, 60 corresponden generalmente a la línea de alimentación 18 de la Figura 1.

Las condiciones de reacción, tal como la temperatura, la presión, y las concentraciones de reactantes, en cada reactor de bucle 50A, 50B se regulan para facilitar las propiedades deseadas y la velocidad de producción de los productos poliméricos de poliolefina generados en el mismo, y controlar la estabilidad de los reactores de bucle 50A, 50B. Normalmente, la temperatura se mantiene por debajo de un nivel en el que el producto polimérico se disuelve,

se expande, se ablanda, o se vuelve pegajoso. Debido a la naturaleza exotérmica de la reacción de polimerización, se puede hacer circular un fluido refrigerante a través de las camisas de enfriamiento 52 alrededor de las porciones del reactor de suspensión en bucle 50A, 50B para eliminar el exceso de calor, manteniendo así la temperatura dentro de un intervalo deseado, generalmente entre aproximadamente 150ºF y aproximadamente 250ºF (aproximadamente de 65ºC a aproximadamente 121ºC). Del mismo modo, la presión en cada reactor de bucle 50A, 50B se puede regular dentro de un intervalo de presión deseado, generalmente en un intervalo entre aproximadamente 0,8 MPa (100 psig) y aproximadamente 5,6 MPa (800 psig), tal como desde aproximadamente 3,2 MPa (450 psig) a unos 4,9 MPa (700 psig). En un ejemplo, se pueden polimerizar un monómero de etileno y un comonómero de 1-hexeno a una temperatura de reacción para formar un polímero poliolefínico de polietileno, que es sustancialmente insoluble en un medio fluido, formando así una suspensión de partículas sólidas en el mismo.

Además, los reactores de bucle 50A, 50B también pueden incluir otros mecanismos o instrumentos para medir y/o controlar variables del procedimiento, tales como temperatura, presión, caudal de la materia prima, densidad de la suspensión, velocidad del fluido, velocidad de la suspensión en circulación, etcétera. Dicha instrumentación puede incluir uno o más sensores o elementos sensores, transmisores, etc., situados dentro o fuera de los reactores 50A, 50B, según sea más adecuado. Para un mecanismo de control de presión, se puede usar un elemento sensor, por ejemplo, un diafragma. Para un instrumento de control de temperatura, se puede usar un elemento sensor, como un termopar, un detector de temperatura de resistencia (RTD), y similares, que se pueden alojar en un termopozo, por ejemplo.

Varios instrumentos pueden tener indicación local de las variables de procedimiento detectadas. Por ejemplo, un instrumento de control de presión puede tener un manómetro local, y un instrumento de control de temperatura puede ser o tener un indicador de temperatura local, ambos de los cuales pueden ser leídos localmente por un operario o ingeniero, y controlados por el sistema de control 46, por ejemplo. Los transmisores se pueden usar para convertir una señal analógica recibida desde un elemento sensor en una señal digital para alimentación o transmisión a un sistema de control, por ejemplo, al sistema de control 46.

Los reactores de bucle 50A, 50B se utilizan para llevar a cabo la polimerización de poliolefina (por ejemplo, polietileno (PE), polipropileno (PP)) en condiciones de suspensión en la que se forman partículas insolubles de polímeros poliolefínicos en un medio fluido y se suspenden como en fase de suspensión. Los monómeros, los co-monómeros, de olefina y similares se pueden polimerizar en presencia de catalizadores, diluyentes líquidos, y similares para formar una mezcla de una suspensión de fluido. La suspensión de fluido puede incluir partículas sólidas de uno o más polímeros poliolefínicos, los monómeros, los diluyentes líquidos, los diluyentes y similares.

La mezcla de la suspensión de fluido polimerizante se hace circular por medio de un impulsor (no mostrado), que generalmente está situado dentro del interior de los reactores en bucle 50A, 50B para crear una zona de mezclamiento turbulento dentro de la suspensión de fluido y mantener una velocidad de suspensión relativamente constante y/o flujo de masa en los mismos. Los impulsores dentro de los reactores de bucle 50A, 50B pueden ser accionados por uno o más motores 56A, 56B, que están acoplados a una bomba de alto rendimiento, tal como la bomba 54A, 54B. La bomba 54A, 54B está conectada a los impulsores dentro de los reactores de bucle 50A, 50B, respectivamente. Los ejemplos de bombas incluyen bombas de flujo axial en línea y bombas de flujo mixto. Los impulsores también pueden ayudar a impulsar la suspensión de fluido a través de la zona de reacción de bucle dentro de cada reactor de bucle a una velocidad suficiente para mantener partículas sólidas, tales como catalizadores o partículas de producto polimérico poliolefínico, suspendidas dentro del medio fluido.

Como se muestra en la Figura 2, la suspensión líquida se puede descargar desde los reactores de bucle 50A, 50B, a través de una línea de suspensión de producto 27, una línea de transferencia de suspensión 21, o una línea de producto de suspensión de pelusa 22, que están conectadas o configuradas como uno o más ramas de sedimentación, mecanismos de válvulas (por ejemplo, válvulas Ram, válvulas moduladoras) y/o ensambles de tomas continuas (CTO) (junto con una o más válvulas Ram, válvulas moduladoras u otras configuraciones de válvulas), entre otros.

La línea de transferencia de suspensión 21 está configurada para descargar la suspensión de fluido desde el reactor de bucle 50A directamente (por ejemplo, a través de una o más líneas de suspensión de producto 27) o en el reactor de bucle 50B (por ejemplo, a través de una línea de transferencia 21L) a través de una rama de sedimentación, una válvula de aislamiento (por ejemplo, una válvula Ram), una válvula de tomas continuas (que incluye una válvula de aislamiento (Ram) y una válvula moduladora), u otra configuración de válvula. El flujo de fluido dentro de la línea de transferencia de suspensión 21 puede ser regulado por uno o más mecanismos de válvula y/o ensambles de CTO acoplados a la misma. Alternativamente, la línea de transferencia de suspensión 21 puede no estar modulada y puede funcionar como una línea de transferencia de suspensión continua. En ciertas realizaciones, la línea de transferencia de suspensión 21 se desvía hacia una de las líneas de suspensión de producto 27. En realizaciones alternativas, una línea de suspensión de producto 27 se conecta al reactor de bucle 50A, por ejemplo, cerca de una de las secciones de codo 230, y puede cerrarse la línea de transferencia de suspensión 21.

En un ejemplo, la suspensión de fluido descargada desde la línea de transferencia de suspensión 21 del reactor de bucle 50A es continua y no está directamente modulada. No se emplea CTO o rama de sedimentación. En su lugar, la línea de transferencia de suspensión 21 se acopla a una válvula Ram de paso completo mantenida en una

posición completamente abierta, y no adicionalmente a través de una válvula moduladora. En otro ejemplo, la línea de transferencia de suspensión 21 se acopla a una válvula de aislamiento (por ejemplo, una válvula Ram o similar) colocada en la pared del reactor y sin una válvula moduladora. La válvula Ram se proporciona para aislar la línea de transferencia de suspensión 21 del reactor de bucle 50A, si así se desea. En otro ejemplo más, un CTO con una válvula moduladora se puede situar en la línea de transferencia de suspensión 21 del reactor de bucle 50A. Si se incluye así, la válvula moduladora puede controlar el caudal de la suspensión de fluido transferida allí y facilitar el control de la presión dentro del reactor de bucle 50A.

En otro ejemplo (no ilustrado), se puede colocar una válvula moduladora aguas abajo sobre la línea de transferencia de suspensión 21. En otro ejemplo más, se puede colocar una válvula Ram en la salida de la línea de transferencia de suspensión 21 conectada a la pared del reactor de bucle 50B para proporcionar el aislamiento de la línea de transferencia de suspensión 21 desde el reactor de bucle 50B, cuando se desee dicho aislamiento. Puede desearse aislar la línea de transferencia de suspensión 21 de los reactores de bucle 50A, 50B durante el mantenimiento o el tiempo de inactividad del sistema de reactor 200, o cuando una línea de descarga o transferencia alternativa del reactor de bucle 50A se pone en servicio, y así sucesivamente. El funcionamiento de las válvulas Ram puede ser controlado manualmente, asistido hidráulicamente, asistido por aire, controlado a distancia, automatizado, etc. La línea de transferencia 21L se puede retirar manualmente del servicio (por ejemplo, cerrando manualmente las válvulas Ram) o retirar automáticamente (por ejemplo, mediante un sistema de control que cierra automáticamente las válvulas Ram) del servicio.

La línea de productos de suspensión de pelusa 22 está configurada para descargar la suspensión de fluido desde el reactor de bucle 50B, a través de una válvula de control de flujo 25 (por ejemplo, una válvula de modulación), al sistema de recuperación 24 (que también se muestra en la Figura 1). La línea de productos de suspensión de pelusa 22 se puede conectar, directa o indirectamente, a una rama de sedimentación, a un ensamble de tomas continuas (CTO), u otras configuraciones de válvula para descargar la suspensión de fluido. La suspensión de fluido se puede descargar de forma intermitente, por ejemplo, a través de una configuración de ramas de sedimentación. Alternativamente, la suspensión líquida se puede descargar continuamente, tal como a través de un ensamble de CTO. Se contemplan una variedad de configuraciones de descarga para una descarga continua. Por ejemplo, se puede usar una válvula de aislamiento (por ejemplo, una válvula Ram de paso completo) sin una válvula moduladora acompañante para la descarga continua de la suspensión de fluido de los reactores de bucle 50A o 50B.

Los elementos o instrumentos de presión se pueden colocar en los reactores de bucle 50A, 50B y en la línea de transferencia de suspensión 21. En algunos ejemplos, la presión en el reactor de bucle 50A puede flotar sobre la presión en el reactor de bucle 50B. Los reactores de bucle 50A, 50B se pueden mantener a la misma, similar o diferente presión. La posición de entrada de la línea de transferencia de suspensión 21 se puede acoplar al reactor de bucle 50A en el lado de descarga de la bomba 54A en el reactor de bucle 50A. La posición de salida de la línea de transferencia de suspensión 21 se puede acoplar al reactor de bucle 50B en el lado de succión de la bomba 54B en el reactor de bucle 50B. Dicha configuración puede proporcionar un diferencial de presión positivo (es decir, una fuerza impulsora) para la suspensión de fluido que fluye a través de la línea de transferencia de suspensión 21, desde el reactor de bucle 50A al reactor de bucle 50B. En un ejemplo, un diferencial de presión (proporcionado desde la descarga de la bomba 54A hasta la succión de la bomba 54B) es de aproximadamente 140 kilopascales kPa (20 libras por pulgada cuadrada (psi)).

Una realización de la invención hace posible que una reacción de polimerización se lleve a cabo en una zona de reacción de bucle único dentro del sistema de producción de poliolefina 100 y la suspensión de fluido se suministre continuamente a través de los reactores de bucle 50A, 50B y se descargue en la línea de productos de suspensión de pelusa 22. En otra realización, la reacción de polimerización dentro del sistema de producción de poliolefina 100 se lleva a cabo en dos zonas de reacción de bucle dentro de los reactores de bucle 50A, 50B, respectivamente, y la suspensión de fluido se transfiere desde una zona de reacción de bucle dentro del reactor de bucle 50A a otra zona de reacción de bucle dentro del reactor de bucle 50B, teniendo cada zona de reacción sus variables de procedimiento individuales.

Una realización adicional de la invención proporciona una mejora significativa de la configuración de las secciones verticales 210, las secciones horizontales 220, y las secciones de codo 230 dentro de la zona de reacción de bucle de los reactores de bucle 50A, 50B del sistema de producción de poliolefina 100. La huella del sistema y la estructura de soporte de al menos un reactor de bucle se reducen, lo que aumenta la eficacia de producción y ahorra costes de capital, al tiempo que se mantiene una alta capacidad de procesamiento. En una realización, una longitud horizontal (L_H) de al menos una sección horizontal se reduce considerablemente. En otra realización, al menos una sección de codo del sistema de reactor está configurada para mantener un número de Dean (D_n) de la suspensión que fluye en el mismo para que sea mayor que 3.000.000. Al mismo tiempo, las secciones verticales de los reactores de bucle 50A, 50B en el sistema de producción de poliolefina 100 están configuradas para mantener su capacidad para un volumen de procesamiento total del reactor de bucle medido en más de aproximadamente 40.000 litros (10.000 galones), tal como en aproximadamente 80.000 litros (20.000 galones) o más, en aproximadamente 150.000 litros (40.000 galones) o más, o en aproximadamente 190.000 litros (50.000 galones) o más. Un ejemplo de capacidad nominal para un ejemplo de sistema de producción 10 es de aproximadamente 320-730 millones de kilogramos (700-1.600 millones de libras) de poliolefina producida por año. Las tasas de diseño por hora a modo de ejemplo son de aproximadamente 30.000 a 90.000 kilogramos (de 70.000 a 200.000 libras) de poliolefina

polimerizada/extruida por hora. Sin embargo, debe enfatizarse que las técnicas actuales se aplican a los procedimientos de fabricación de poliolefinas, que incluyen los sistemas de producción de polietileno que tienen capacidades nominales y tasas de diseño fuera de estos intervalos ilustrativos.

Las figuras 3A y 3B representan ejemplos de reactores 300, 310 de bucle que se pueden usar en dicho sistema de producción de poliolefina para la polimerización de olefinas. En un aspecto, se contempla configurar al menos una de las secciones de codo 230 y mantener un número Dean (D_n) de la suspensión que fluye dentro de la sección de codo 230 para que sea mayor de 3.000.000, donde la sección de codo 230 contiene un diámetro interno (d) y un radio (R_c) de una curvatura interna. En una realización, el número de Dean se mide como $\rho Vd/\mu * (d/2R_c)^{1/2}$, donde ρ es una densidad de la suspensión de fluido medida en una unidad de, por ejemplo, libras/pies3, donde V es el velocidad de circulación de la suspensión en la sección de codo medida en una unidad de, por ejemplo, metros por segundo, donde d es el diámetro interno de la sección de codo 230 medida en una unidad de, por ejemplo, centímetros o pies o pulgadas, donde μ es una viscosidad dinámica de la suspensión de fluido medida en una unidad de, por ejemplo, libras/pies/segundos, donde R_c es un radio de una curvatura interna de una sección de codo 230 medida en una unidad de, por ejemplo, metros o pies. En otro aspecto, la dimensión vertical (por ejemplo, el eje Z o el eje paralelo a la gravedad de la tierra) de los reactores de bucle sigue siendo una configuración eficaz para la producción de poliolefinas a gran escala y alta capacidad, mientras que la dimensión horizontal (por ejemplo, el plano X-Y de una propiedad física de terreno que ocupan los reactores de bucle) se reduce significativamente para ahorrar espacio en terreno y costes de capital.

Como se muestra en las figuras 3A-3D, una realización de la invención hace posible que los reactores de bucle 300, 310 se puedan configurar para incluir una longitud vertical (L_V) de al menos una de las secciones verticales 210 para que sea mucho más larga que una longitud horizontal (L_H) de al menos una de las secciones horizontales 220. Por ejemplo, la longitud vertical (L_V) de al menos una de las secciones verticales 210 en una zona de reacción en bucle de los reactores en bucle 50A, 50B, 300, 310, puede ser 3 veces (3X), o mayor que, la longitud horizontal (L_H) de al menos una de las secciones horizontales 220, tal como 60 veces (60X) o más, 80 veces (80X) o más, 100 veces (100X) o más, 150 veces (150X) o más, o 250 veces (250X)) o más. En un ejemplo, la longitud vertical (L_V), medida desde el valor más bajo del eje Z de una sección vertical 210 hasta el valor más alto del eje Z de las secciones verticales 210, puede ser de aproximadamente 20 metros (60 pies) o más, tal como de aproximadamente 30 metros (100 pies) o más, de aproximadamente 45 metros (150 pies) o más, o de aproximadamente 90 metros (300 pies) o más. En algunas realizaciones, la longitud vertical (L_V) está entre aproximadamente 60 metros (190 pies) y 70 metros (225 pies), entre aproximadamente 70 metros (225 pies) y 80 metros (260 pies), o entre aproximadamente 80 metros (260 pies) y 90 metros (300 pies). La sección vertical 210 se puede conectar a la sección horizontal 220 a través de al menos una sección de codo 230.

En otro aspecto, está contemplado que la longitud horizontal (L_H) de al menos una de las secciones horizontales 220, junto a la sección vertical 210 y conectada por una sección de codo contigua, se reduzca significativamente. Como ejemplo, la longitud horizontal (L_H) de la sección horizontal 220 de los reactores de bucle 50A, 50B, 300, 310, de acuerdo con lo dispuesto en la presente memoria y medida desde un extremo terminal a otro extremo terminal de la sección horizontal 220 en el plano X-Y de una propiedad física de terreno, puede ser de aproximadamente 1,8 metros (6 pies) o menor, tal como de aproximadamente 3 pies o menor, tal como entre aproximadamente 0,3 metros (1 pie) y aproximadamente 0,9 metros (3 pies), por ejemplo, de aproximadamente 46 centímetros (18 pulgadas), de aproximadamente 61 centímetros (24 pulgadas). Como otro ejemplo, la longitud horizontal (L_H) de al menos una sección horizontal se puede configurar para que sea cero, donde el reactor de bucle no contiene ninguna sección horizontal y las secciones verticales 210 están conectadas a las secciones de codo 230, donde dos secciones de codo forman un arco que tiene una longitud de cuerda (W) y una altura (H), que forma un ángulo perpendicular α. Como se usa en la presente memoria, la longitud de cuerda (W) se define como la distancia entre dos extremos terminales de un arco, donde el arco está formado por dos secciones de codo idénticas, es decir, dos curvaturas internas 238a, 238b de dos secciones de codo (como se ilustra con detalle en la figura 3D). En dicho caso, se proporciona una sección de codo para conectar una sección vertical a otra sección de codo.

En la Figura 3A, el reactor de bucle 300 incluye uno o más ensambles de tomas continuas (CTO) 234. Cada ensamble de CTO 234 se puede conectar a una línea asociada de productos de suspensión en forma de pelusa 22, como se muestra en las figuras 1-2. Otras configuraciones, por ejemplo, una configuración en la que múltiples ensambles de CTO alimentan una única línea de producto de suspensión en forma de pelusa 22 están contempladas dentro del alcance de la presente divulgación. Los ensambles de CTO 234 se pueden configurar para extenderse desde al menos una de las secciones de codo 230, como se muestra en la Figura 3A. Alternativamente, los conjuntos de CTO 234 pueden configurarse para extenderse desde al menos una de la sección horizontal 220.

Los ensambles de CTO 234 pueden incluir uno o más mecanismos de válvula, como una válvula de aislamiento (por ejemplo, una válvula Ram), una válvula de modulación (por ejemplo, una válvula de bola en V), u otra configuración de válvula. En un ejemplo, los ensambles de CTO 234 pueden incluir una válvula moduladora para controlar la descarga continua de la suspensión de fluido desde el reactor de bucle. En otro ejemplo, los ensambles de CTO 234 pueden incluir una válvula de aislamiento (por ejemplo, una válvula Ram) y una válvula moduladora acompañante (por ejemplo, una válvula de bola en V) para la descarga continua de la suspensión de fluido. Una válvula Ram en una posición cerrada puede proporcionar beneficiosamente una superficie que esté al ras de la pared interna del

reactor para evitar la presencia de una cavidad, espacio, o vacío donde se acumule el polímero cuando la válvula Ram esté en la posición cerrada.

Los ensambles de CTO 234 pueden estar situados en, o adyacentes a, un extremo aguas abajo de la sección horizontal inferior o bien de la sección de codo contigua. En una configuración, los ensambles de tomas continuas (CTO) 234 se acoplan a la línea de productos de suspensión en forma de pelusa 22 y se conectan para extenderse desde al menos una de las secciones de codo 230 para ayudar a recuperar partículas sólidas de productos de poliolefina, sin afectar la velocidad de circulación de la suspensión de fluido. En otra configuración, el ensamble de CTO 234 puede ser un apéndice hueco alargado acoplado a la línea de suspensión de transferencia 21 y estar configurado para extraer continuamente una suspensión de producto intermedio.

Además, se pueden colocar uno o más ensambles de CTO 234 en un área cerca del último punto dentro de la zona de reacción del bucle, donde el flujo de la suspensión se vuelve hacia arriba. En otra configuración, los ensambles de CTO 234 se pueden colocar antes de una línea de alimentación de catalizador, tal como la línea de alimentación 60, con el fin de permitir un tiempo de retención máximo posible para un catalizador recién introducido en el reactor de bucle 300 antes de que el catalizador pase por un punto de toma (es decir, el lugar del ensamble de CTO 234) por primera vez.

En general, los ensambles de tomas continuas 234 se pueden colocar en cualquier sección horizontal, vertical o de codo dentro del reactor de bucle 300. Además, la sección del reactor de bucle 300, a la que se anexa el apéndice de CTO, puede ser de un diámetro mayor para ralentizar el flujo de la suspensión de fluido que fluye en su interior y, por lo tanto, permitir la estratificación del flujo de fluido para que el producto que salga pueda tener una concentración aún mayor de sólidos.

En funcionamiento, dependiendo de la posición de la válvula de descarga en el reactor de bucle, por ejemplo, una suspensión de fluido descargada que tiene una mayor concentración de sólidos que la suspensión de fluido que circula dentro del reactor de bucle, se puede realizar con una configuración de descarga que tenga una sola válvula de aislamiento (Ram válvula), o que tenga una configuración CTO con una válvula de aislamiento (válvula Ram) y una válvula moduladora. Los ejemplos de configuraciones de CTO y otras configuraciones de descarga se pueden encontrar en la solicitud de patente de EE. UU. publicada nº. 2011/0288247, y en la patente de EE. UU. nº. 6.239.235. Ambas se incorporan en su totalidad en la presente invención como referencia. En ciertos ejemplos, los ensambles de CTO 234 pueden tener una válvula de Ram conectada a la pared del reactor de bucle, y una válvula de control de flujo de modulación (por ejemplo, válvula de control de bola en v) conectada a la línea de fluido de descarga (por ejemplo, la línea de producto de suspensión en forma de pelusa 22, la línea de suspensión de transferencia, etc.). En una realización alternativa, la suspensión de pelusa producto se puede descargar a través de una configuración de rama de sedimentación en lugar de un ensamble de CTO.

En la Figura 3B, el reactor de bucle 310 incluye uno o más ensambles de ramas de sedimentación 232 configurados para extenderse desde al menos una de las secciones horizontales 220 y acoplados a la línea de producto de suspensión de pelusa 22. Cada sección horizontal 220 puede incluir una sola rama de sedimentación o múltiples ramas de sedimentación, siempre que el espacio horizontal lo permita. Las ramas de sedimentación están generalmente conectadas a la dimensión horizontal reducida de la sección horizontal 220.

Alternativamente, los ensambles de ramas de sedimentación 232 se pueden configurar para extenderse desde las secciones de codo 230. Los ensambles de ramas de sedimentación 232 pueden incluir uno o más mecanismos de válvula, tales como una válvula de aislamiento (por ejemplo, una válvula Ram) u otras configuraciones de válvula. Las válvulas dentro de los ensambles de ramas de sedimentación 232 están configuradas para sedimentar continuamente y retirar periódicamente la suspensión de fluido. Además, las válvulas dentro de los ensambles de ramas de sedimentación 232 se pueden usar para acumular la suspensión de fluido sedimentada en su interior y retirar periódicamente la suspensión de fluido por medio de la línea de suspensión de transferencia 21 y/o la línea de producto de suspensión de pelusa 22.

Como se muestra en las figuras 3A-3B, los reactores de bucle 300, 310 pueden incluir al menos una zona de reacción de bucle formada por cuatro secciones verticales 210, cuatro secciones horizontales 220, y ocho secciones de codo 230 conectadas entre sí. Alternativamente, la zona de reacción del bucle está formada por seis secciones verticales, seis secciones horizontales, y doce secciones de codo conectadas entre sí. Las zonas de reacciones de bucle con más de seis secciones verticales y horizontales y más de doce secciones de codo también están dentro del alcance de esta invención. Lo más importante es que la configuración de los reactores 300, 310 de bucle está diseñada para aprovechar la tracción vertical por gravedad, una o más bombas de circulación de alto rendimiento acopladas a los mismos (por ejemplo, los motores 56A, 56B, la bomba 54A, 54B u otras bombas adecuadas, y el ensamble de CTO 134 (o ramas de sedimentación continua) para ayudar a aumentar el caudal y la velocidad de la suspensión de fluido que circula dentro de los reactores de bucle 300, 310, lo que da lugar a una alta concentración de la suspensión en circulación, y finalmente un alto rendimiento de los productos en partículas sólidos que son extraídos de la suspensión circulante.

La Figura 3C representa un ejemplo de parte de un reactor de bucle y la sección de codo adyacente 230 dentro del sistema de producción de poliolefina 100. El reactor de bucle puede ser cualquiera de los reactores de bucle 50A,

50B, 300, 310. El reactor de bucle puede incluir una pluralidad de secciones de codo 230, teniendo cada sección de codo 230 un diámetro interno (d) y un radio (R_c) de una curvatura interna 238. El flujo de la suspensión de fluido dentro de la sección del codo 230 se indica mediante una flecha "F". Suponiendo que dos curvaturas internas de dos secciones de codo 230 forman un arco, según se ilustra en la Figura 3D como una curvatura interna 238a y una curvatura interna 238b, cada sección de codo 230 tiene una altura (H) medida desde un punto medio del arco. Además, cada una de la curvatura interna 238a y la curvatura interna 238b tienen una longitud, que es la mitad de la longitud de la cuerda (W) del arco, es decir, W/2. Por consiguiente, una curvatura interna 238 de la sección de codo 230 como se muestra en la Figura 3C tiene una longitud de W/2.

Como se muestra en el ejemplo de la Figura 3C, la sección de codo 230 (por ejemplo, al menos una sección de codo dentro de cualquiera de los reactores de bucle 50A, 50B, 300, 310) se puede conectar a un medidor de flujo de codo 370 (a veces denominado un Smart Ell). Por ejemplo, se pueden posicionar una llave de presión interna 362 y una llave de presión externa 364 alrededor de las paredes interior y exterior de la sección de codo 230 para detectar y medir un diferencial de presión entre las paredes interior y exterior de la sección de codo 230.

En un ejemplo, la llave de presión interna 362 y la llave de presión externa 364 se lavan continuamente con un diluyente (por ejemplo, isobutano o, en algún caso, isobuteno reciclado) a una velocidad relativamente alta para evitar que la mezcla de polímero obstruya los componentes del medidor de flujo del codo 370. En otro ejemplo, la llave de presión interna 362 y la llave de presión externa 364 pueden incluir un diafragma interno 352 y un diafragma externo 354, respectivamente, en las paredes interna y externa de la sección de codo 230, de tal manera que la llave de presión interna 362 y la llave de presión externa 364 se puedan proteger para que no se obstruyan o ensucien con suspensión polimérica. Con el uso del diafragma interno 352 y el diafragma externo 354, puede que no sea necesario un lavado con diluyente. La eliminación del lavado con diluyente puede reducir la demanda de un diluyente libre de olefinas. Además, la eliminación del lavado con diluyente de la llave de presión interna 362 y la llave de presión externa 364 puede generalmente mejorar la consistencia de las mediciones de presión obtenidas del medidor de flujo del codo 370.

En una realización, al menos una sección de codo dentro de la zona de reacción de bucle del reactor de bucle está configurada para minimizar la pérdida por fricción. Con referencia a la Figura 3C, por ejemplo, el radio (R_c) y el diámetro interno (d) de la sección de codo 230 se pueden configurar para minimizar la pérdida por fricción de la suspensión de fluido dentro de la sección de codo 230. En un ejemplo, una relación (R_c/d) del radio (R_c) y el diámetro interno (d) de la sección de codo 230 se mantiene entre aproximadamente 1 y aproximadamente 10, o entre aproximadamente 2 y aproximadamente 4. Un experto en la materia entendería, particularmente a la luz de la presente descripción, que los parámetros medidos utilizados para calcular los valores del radio (R_c) y el diámetro interno (d) de la sección de codo 230 y la relación R_c/d mencionadas en la presente memoria deben convertirse a unidades similares o consistentes antes de realizar el cálculo, incluso cuando las unidades se cancelan entre sí para dar como resultado la relación R_c/d.

En otra realización de la presente invención, el reactor de bucle mantiene una alta velocidad de circulación (V) y un alto caudal (por ejemplo, un alto número de Reynolds, un alto número de Dean (D_n), etc.) para la suspensión de fluido circulante, especialmente dentro de la sección de codo 230. La velocidad de circulación (V) se puede medir, por ejemplo, mediante el medidor de flujo de codo 370 que se puede acoplar a la llave de presión interna 362 y a la llave de presión externa 364 en las paredes interior y exterior, respectivamente, de la sección de codo 230. En un ejemplo, la velocidad de circulación (V) de la suspensión en la sección de codo 230 es de aproximadamente 6 metros por segundo (6 m/s) o más, tal como de aproximadamente 9 m/s o más. En otro ejemplo, el número de Dean se mantiene por encima de 3.000.000, donde $D_n = \rho Vd/\mu * (d/2R_c)^{1/2}$ y donde ρ es una densidad de la suspensión de fluido, medida en una unidad de, por ejemplo, libras/pies3, donde V es la velocidad de circulación de la suspensión en la sección de codo, medida en una unidad de, por ejemplo, metros por segundo, donde d es el diámetro interno de la sección de codo 230, medido en una unidad de, por ejemplo, centímetros o pies o pulgadas, y donde μ es una viscosidad dinámica de la suspensión de fluido, medida en una unidad de, por ejemplo, libras/pies/segundos. En otro ejemplo, un número de Reynolds (N_{RE}) de la suspensión de fluido dentro de al menos una sección de codo, donde $N_{RE} = \rho Vd/\mu$, se puede mantener a aproximadamente 11.000.000 o más.

Tanto los números de Dean como los de Reynolds son números adimensionales. Un experto en la materia entendería, particularmente a la luz de la presente divulgación, que los parámetros medidos utilizados para calcular los números adimensionales a los que se hace referencia en la presente memoria, deben convertirse a unidades similares o consistentes antes de realizar el cálculo de manera que las unidades se cancelen entre sí para obtener el número adimensional.

En la Figura 3C, una parte del arco de la curvatura interna de la sección de codo 230 se muestra en una línea punteada curvada. En una realización, se contempla reducir la longitud de cuerda (W) del arco de la curvatura interna 238 en la sección de codo 230. En una realización, la longitud de cuerda (W) de la curvatura interna 238 en la sección de codo 230 está configurada para ser de aproximadamente 640 centímetros (250 pulgadas) o menos. En otra realización, el radio (R_c) de la curvatura interna en la sección de codo 230 está configurado para ser de aproximadamente 180 centímetros (72 pulgadas) o menos, medido como $R_c = H/2 + W^2/8H$.

Además, se contempla ajustar la dimensión, diversos parámetros, y la configuración de la sección de codo 230 y reducir la pérdida por fricción de la suspensión que fluye en su interior. En una realización, una relación (R_c/d) del radio (R_c) de la curvatura interna y el diámetro interno (d) de la sección de codo 230 está configurada para mantenerse entre aproximadamente 1 y aproximadamente 10, o entre aproximadamente 2 y aproximadamente 4 para reducir la pérdida por fricción.

Además, la velocidad de circulación (V) de la suspensión que fluye a través de la zona de reacción del bucle dentro de los reactores 300, 310 generalmente no encuentra interferencia dentro de las secciones verticales; por consiguiente, se contempla configurar la dimensión de la sección de codo 230 para mantener la velocidad de circulación (V) de la suspensión que fluye a través de la sección de codo 230, donde la velocidad de circulación (V) de la suspensión se correlaciona con el diámetro interno (d) y el radio (R_c) de la curvatura interna de la sección de codo 230. Por ejemplo, la velocidad de circulación (V) de la suspensión que fluye a través de la sección de codo 230 se puede ajustar de acuerdo con V es igual a $\mu * D_n$ dividido por $\rho * d*(d/2R_c)^{1/2}$,

$$V = \frac{\mu D_n}{\rho d\left(\frac{d}{2R_c}\right)^{1/2}}$$

donde μ es la viscosidad dinámica de la suspensión, D_n es el número de Dean de la suspensión, ρ es la densidad de la suspensión, d es el diámetro interno de la sección de codo 230, y R_c es el radio de la curvatura interna 238 de la sección de codo 230. En un ejemplo, la velocidad de circulación (V) de la suspensión dentro de al menos una zona de reacción de bucle se mantiene a aproximadamente 9 metros por segundo o más. En otro ejemplo, la velocidad de circulación (V) de la suspensión dentro de al menos una zona de reacción de bucle se mantiene a aproximadamente 9 metros por segundo o menos. En aún otro ejemplo, un número de Reynolds (N_{RE}) de la suspensión que fluye en la sección de codo 230 también se puede mantener ajustando la dimensión, diversos parámetros y la configuración de la sección de codo. En un ejemplo, el número de Reynolds de la suspensión dentro de la sección de codo 230 se mantiene en aproximadamente 11.000.000 o más.

La Figura 4 ilustra un procedimiento 400 de hacer funcionar un sistema de fabricación de poliolefinas, tal como el sistema de producción de poliolefinas 100 como se muestra en la Figura 1. El procedimiento 400 se proporciona para la polimerización de olefinas en una zona de reacción en bucle de un sistema de reactor, tal como el sistema reactor 20, 200 con uno o más reactores de bucle 50A, 50B, 300, 310. En el sistema de producción de poliolefina 100, uno o más monómeros de olefina y, opcionalmente, comonómeros se polimerizan para formar partículas de polímero producto, típicamente llamadas pelusa o gránulos. La pelusa puede poseer una o más propiedades de interés de fusión, físicas, reológicas y/o mecánicas, tales como densidad, índice de fluidez (MI), peso molecular, contenido de copolímero o comonómero, módulo, y similares. Las condiciones de reacción, tales como la temperatura, la presión, el caudal, la agitación mecánica, la extracción de producto, las concentraciones de componentes, el tipo de catalizador, la velocidad de producción de polímero, etc., se seleccionan para lograr las propiedades deseadas de la pelusa.

En la etapa 410, se introducen un monómero de olefina y un diluyente en un sistema de reactor de bucle que tiene una zona de reacción de bucle en su interior. Por ejemplo, los monómeros y los diluyentes suministrados a partir de las cargas de alimentación 14 se alimentan a través del sistema de alimentación 16 al sistema reactor 20 a través de las líneas de alimentación 18. En un ejemplo, el monómero es etileno y el comonómero es 1-hexeno. En otro ejemplo, el monómero es propileno y el comonómero es etileno.

En el caso de un monómero de etileno, se puede suministrar una carga de alimentación de etileno a través de una línea de alimentación a aproximadamente 5,6-10,1 megapascales (MPa) (800-1.450 libras por pulgada cuadrada (psig)) a una temperatura entre aproximadamente 45ºF y aproximadamente 65ºF (aproximadamente 7ºC y aproximadamente 18ºC). Se puede suministrar una carga de alimentación de hidrógeno a través de una línea de alimentación separada, pero a aproximadamente 6,3-7 MPa (900-1.000 psig) a una temperatura entre aproximadamente 90ºF y aproximadamente 110ºF (aproximadamente 32ºC y aproximadamente 43ºC). Obviamente, se puede usar una variedad de condiciones de suministro para suministrar etileno, hidrógeno, y otras materias primas 14.

Además de los monómeros y comonómeros de olefinas, se añade al reactor de bucle un catalizador que facilita la polimerización del monómero de etileno. El catalizador puede ser una partícula suspendida en un medio fluido dentro del reactor de bucle. En general, se pueden usar catalizadores de Ziegler, catalizadores de Ziegler-Natta, catalizadores de metaloceno, catalizadores de cromo, y otros catalizadores de poliolefina bien conocidos, así como cocatalizadores. Típicamente, un diluyente exento de olefinas o aceite mineral, por ejemplo, se usa en la preparación y/o suministro del catalizador a una línea de alimentación (por ejemplo, la línea de alimentación 18) que se conecta con la pared del reactor de polimerización. Además, se puede alimentar un diluyente al reactor de bucle, típicamente un reactor de bucle de fase líquida.

En la etapa 420, el monómero de olefina, que se suministra a un reactor de bucle, tal como los reactores de bucle 50A, 50B, 300 310, se polimeriza luego en presencia de un diluyente líquido en una suspensión de pelusa que

contiene poliolefina. La suspensión de pelusa puede contener partículas sólidas de un polímero de poliolefina. El diluyente puede ser un hidrocarburo inerte, tal como isobutano, propano, n-butano, n-pentano, i-pentano, neopentano, n-hexano, ciclohexano, ciclopentano, metilciclopentano, etilciclohexano, combinaciones de los mismos y similares, que está en su fase líquida en condiciones de reacción. La utilidad del diluyente es suspender las partículas de catalizador y la pelusa de polímero en una mezcla de suspensión dentro del reactor de bucle. El diluyente, como su nombre lo indica, también se puede usar para lavar el volumen interno del reactor de bucle o las líneas de fluido, para mitigar el taponamiento o el ensuciamiento, para facilitar el flujo de la suspensión polimérica en conductos y líneas dentro del sistema de producción, etc. Además, en ejemplos de la producción de polipropileno, el propio monómero de propileno puede actuar como un diluyente.

Cada reactor de bucle puede incluir una pluralidad de secciones verticales y una pluralidad de secciones de codo que conectan las secciones verticales a una sección horizontal o bien a otra sección de codo. Además, al menos una sección de codo puede tener un diámetro interno (d) y un radio (R_c) de una curvatura interna, que se puede ajustar para mantener un número de Dean (D_n) de la suspensión que fluye en su interior para que sea superior a 3.000.000, donde $D_n = \rho Vd/\mu * (d/2R_c)^{1/2}$ y donde ρ es una densidad de la suspensión, V es una velocidad de circulación de la suspensión, y μ es una viscosidad dinámica de la suspensión. Los ejemplos de dimensiones de la sección vertical, la sección horizontal y la sección de codo se muestran en las tablas 1-2.

Tabla 1: Longitud de cuerda (W), altura (H) y radio de curvatura (R_c) de ejemplos de secciones de codo.

W (centímetros) ((pulgadas))	H (centímetros) ((pulgadas))	R_c (centímetros) ((pulgadas))	R_c (metros) ((pie))
180 (72)	91 (36)	91 (36)	0,9 (3,0)
180 (72)	61 (24)	99 (39)	1,0 (3,3)
180 (72)	30 (12)	150 (60)	1,5 (5,0)
180 (72)	15 (6)	280 (111)	2,8 (9,3)
150 (60)	91 (36)	78 (30,5)	0,8 (2,5)
150 (60)	61 (24)	78 (30,8)	0,8 (2,6)
150 (60)	30 (12)	110 (43,5)	1,1 (3,6)
150 (60)	15 (6)	198 (78,0)	2,0 (6,5)
120 (48)	91 (36)	66 (26,0)	0,7 (2,2)
120 (48)	61 (24)	61 (24,0)	0,6 (2,0)
120 (48)	30 (12)	76 (30,0)	0,8 (2,5)
120 (48)	15 (6)	130 (51,0)	1,3 (4,3)
91 (36)	91 (36)	58 (22,5)	0,6 (1,9)
91 (36)	61 (24)	48 (18,8)	0,5 (1,6)
91 (36)	30 (12)	50 (19,5)	0,5 (1,6)
91 (36)	15 (6)	76 (30,0)	0,8 (2,5)
61 (24)	91 (36)	51 (20,0)	0,5 (1,7)
61 (24)	61 (24)	38 (15,0)	0,4 (1,3)

W (centímetros) ((pulgadas))	H (centímetros) ((pulgadas))	R_c (centímetros) ((pulgadas))	R_c (metros) ((pie))
61 (24)	30 (12)	30 (12,0)	0,3 (1,0)
61 (24)	15 (6)	38 (15,0)	0,4 (1,3)
30 (12)	91 (36)	47 (18,5)	0,5 (1,5)
30 (12)	61 (24)	33 (12,8)	0,3 (1,1)
30 (12)	30 (12)	19 (7,5)	0,2 (0,6)
30 (12)	15 (6)	15 (6,0)	0,2 (0,5)

Tabla 2: Diámetro (d), radio de curvatura (R_c), relación R_c/d, caudal del fluido (V), valores del número de Reynolds ((N_{RE}), y del número de Dean (D_n) de ejemplos de secciones de codo.

d (metro)	d (pulgada)	d (pie)	R_c (metro) ((pulgada))	R_c (pie)	R_c/d	V (m/s)	V (pie/s)	N_{RE}	D_n
0,61	24,0	2,0	1,8 (72)	6	3	12,2	40	15.053.763	6.145.673
0,61	24,0	2,0	1,8 (72)	6	3	11,0	36	13.548.387	5.531.106
0,61	24,0	2,0	1,8 (72)	6	3	10,4	34	12.795.699	5.223.822
0,61	24,0	2,0	1,8 (72)	6	3	9,8	32	12.043.011	4.916.539
0,61	24,0	2,0	1,8 (72)	10	5,0	9,1	30	11.290.323	3.570.313
0,61	24,0	2,0	1,8 (72)	8	4,0	9,1	30	11.290.323	3.991.732
0,61	24,0	2,0	1,8 (72)	6	3,0	9,1	30	11.290.323	4.609.255
0,61	24,0	2,0	1,5 (60)	5	2,5	9,1	30	11.290.323	5.049.186
0,61	24,0	2,0	1,2 (48)	4	2,0	9,1	30	11.290.323	5.645.161
0,61	24,0	2,0	0,91 (36)	3	1,5	9,1	30	11.290.323	6.518.471
0,61	24,0	2,0	0,61 (24)	2	1,0	9,1	30	11.290.323	7.983.464
0,61	24,0	2,0	0,30 (12)	1	0,5	9,1	30	11.290.323	11.290.323
0,61	24,0	2,0	0,15 (6)	0,5	0,3	9,1	30	11.290.323	15.966.927
0,51	20,0	1,67	1,5 (60,0)	5,0	3,0	12,2	40	12.544.803	5.121.394
0,53	21,0	1,75	1,6 (63,0)	5,3	3,0	12,2	40	13.172.043	5.377.464
0,56	22,0	1,83	1,7 (66,0)	5,5	3,0	12,2	40	13.799.283	5.633.534
0,58	23,0	1,92	1,8 (69,0)	5,8	3,0	12,2	40	14.426.523	5.889.603

d (metro)	d (pulgada)	d (pie)	R_c (metro) ((pulgada))	R_c (pie)	R_c/d	V (m/s)	V (pie/s)	N_{RE}	D_n
0,61	24,0	2,00	1,8 (72,0)	6,0	3,0	12,2	40	15.053.763	6.145.673
0,64	25,0	2,08	1,9 (75,0)	6,3	3,0	12,2	40	15.681.004	6.401.743
0,66	26,0	2,17	2,0 (78,0)	6,5	3,0	12,2	40	16.308.244	6.657.813
0,69	27,0	2,25	2,1 (81,0)	6,8	3,0	12,2	40	16.935.484	6.913.882
0,71	28,0	2,33	2,1 (84,0)	7,0	3,0	12,2	40	17.562.724	7.169.952
0,74	29,0	2,42	2,2 (87,0)	7,3	3,0	12,2	40	18.189.964	7.426.022
0,76	30,0	2,50	2,3 (90,0)	7,5	3,0	12,2	40	18.817.204	7.682.091
0,76	30,0	2,50	1,5 (60,0)	5,00	2,00	15,2	50	23.521.505	11.760.753

El funcionamiento de los reactores de bucle 50A, 50B puede incluir la alimentación de la misma cantidad de monómero o comonómero y/o la misma cantidad de hidrógeno en cada reactor de bucle. Un funcionamiento alternativo puede incluir alimentar una mayor cantidad de un comonómero al primer reactor de polimerización que al segundo reactor de polimerización, o viceversa. La etapa de alimentación se puede realizar de forma concurrente o secuencial. El funcionamiento también puede incluir alimentar una mayor cantidad de hidrógeno al segundo reactor de polimerización que el primer reactor de polimerización, o viceversa. Además, se puede mantener una concentración de comonómero igual o diferente en cada reactor 50A, 50B. De manera similar, se puede mantener una concentración de hidrógeno igual o diferente en cada reactor 50A, 50B. Además, la primera poliolefina (es decir, la poliolefina polimerizada en el primer reactor 50A) puede tener una primera serie de propiedades físicas, y la segunda poliolefina (es decir, la poliolefina polimerizada en el segundo reactor 50B) puede tener una segunda serie de propiedades físicas. La primera serie y la segunda serie de propiedades físicas pueden ser iguales o diferentes. Los ejemplos de propiedades físicas incluyen, entre otras, la densidad de poliolefina, el porcentaje de comonómero, la cantidad de ramificación de cadena corta, el peso molecular, la viscosidad, el índice de fusión, caudal de fusión, la cristalinidad, y similares.

En la etapa 430, la suspensión se retira de la zona del reactor de bucle. En un ejemplo, la suspensión se extrae continuamente a partir de uno o más ensambles de tomas continuas que se extienden desde al menos una de las secciones de codo o las secciones horizontales. En otro ejemplo, la suspensión se retira periódicamente de uno o más ensambles de ramas de sedimentación que se extienden desde la sección horizontal 220.

Además, se puede producir una cantidad diferente de poliolefina y retirar de los reactores de bucle 50A, 50B. Por ejemplo, el primer producto de poliolefina producido a partir del reactor de bucle 50A puede ser del 30% en peso al 70% en peso del segundo producto de poliolefina producido a partir del reactor de bucle 50B, o viceversa. La diferente cantidad de producción de poliolefina en los reactores de bucle 50A, 50B se puede acomodar y ajustar con diferentes condiciones de procedimiento y/o configuraciones del sistema y así sucesivamente.

En la etapa 440, los diluyentes y los monómeros de olefina dentro de la suspensión de fluido se separan de las partículas poliméricas de poliolefina. Por ejemplo, los diluyentes y los monómeros de olefina se pueden separar y recuperar dentro del sistema de recuperación 24, como se describe a continuación. En la etapa 450, se obtiene un polímero de poliolefina a partir del sistema de producción de poliolefina 100, como se describe a continuación.

Con referencia de nuevo a la Figura 1, el sistema de reactor 20 que tiene uno o más reactores de bucle acoplados al mismo está conectado al sistema de recuperación 24 a través de la línea de producto de suspensión de pelusa 22. El sistema de recuperación 24 está configurado para recibir la suspensión de fluido descargada del sistema de reactor 20 y separar la suspensión de fluido en una corriente de pelusa de poliolefina 28 y componentes no poliméricos. Por ejemplo, el líquido en la suspensión de fluido se puede tratar dentro del sistema de recuperación 24 para que se vaporice parcial o totalmente en una línea de evaporación instantánea (no se muestra). El vapor de los componentes no poliméricos (por ejemplo, diluyente y monómero sin reaccionar) se puede separar de la corriente de pelusa de poliolefina 28. Los ejemplos de componentes no poliméricos presentes en la pelusa de poliolefina pueden incluir diluyentes, monómero/comonómero sin reaccionar, y catalizadores residuales.

Se puede usar una línea de evaporación instantánea con un calentador de línea de evaporación instantánea acoplado a la misma para vaporizar y volatilizar los diluyentes y aumentar la entalpía de la suspensión de fluido. La

línea de evaporación instantánea y el calentador de línea de evaporación instantánea se pueden configurar como parte del sistema de reactor, parte del sistema de recuperación 24, o alternativamente, colocar entre el sistema de reactor 20 y el sistema de recuperación 24.

Los componentes no poliméricos se pueden recuperar desde una fase de vapor a una fase líquida dentro del sistema de recuperación 24. Además, el sistema de recuperación 24 se puede configurar para eliminar cadenas pesadas y ligeras no deseables de los componentes no poliméricos. Por ejemplo, el diluyente exento de olefinas se puede recuperar del sistema de recuperación 24 y reutilizar, al enviarlo al sistema de alimentación 16 y/o al sistema de reactor 20.

Los componentes no poliméricos se pueden suministrar a través de una o más líneas de flujo no poliméricas 26 al sistema de fraccionamiento 30 para ser fraccionados y/o tratados en fraccionamientos del diluyente no polimérico, monómero y/o componentes de catalizador recuperados. Por lo tanto, los fraccionamientos de los componentes no poliméricos se recuperan y reutilizan al enviar las fracciones al sistema del reactor 20, directamente o a través de una línea de alimentación de fraccionamiento 32, que está conectada al sistema de alimentación 16. Se puede usar una alimentación de línea de derivación 34 para enviar los componentes no poliméricos desde el sistema de recuperación 24 (por ejemplo, a través de la línea de flujo no polimérico 26) a la línea de alimentación 16 (por ejemplo, a través de la línea de alimentación de fraccionamiento 32) sin pasar por el sistema de fraccionamiento 30.

La corriente de pelusa de poliolefina 28 descargada desde el sistema de recuperación 24 se envía luego al sistema de extrusión 36 y se extruye en forma de gránulo de poliolefina 38 con las características mecánicas, físicas, y de fusión deseadas. El sistema de extrusión 36 puede incluir una extrusora (por ejemplo, un granulador), que está configurado para agregar aditivos a una alimentación de la corriente de pelusa de poliolefina 28 para impartir las características deseadas de los gránulos de poliolefina 38 finalmente obtenidos. La extrusora calienta y funde la alimentación de la corriente de pelusa de poliolefina 28, y extruye la alimentación (por ejemplo, mediante una extrusora de doble tornillo) a través de una boquilla de granulación a presión para obtener los gránulos de poliolefina 38. Dichos gránulos se pueden enfriar en un sistema de agua dispuesto en, o cerca de, la descarga del granulador. Los aditivos adecuados introducidos en la alimentación de la corriente de pelusa de poliolefina 28 para formar los gránulos de poliolefina 38 pueden incluir modificadores de la superficie (por ejemplo, agentes de deslizamiento, agentes antibloqueo, agentes de adherencia), inhibidores de UV, antioxidantes (por ejemplo, compuestos fenólicos, fosfitos, tioésteres, aminas, etc.).), colorantes, pigmentos, auxiliares de procesamiento (por ejemplo, promotores de flujo como ceras y aceites y fluoroeslastómeros), peróxidos, y otros aditivos. Se pueden combinar diferentes aditivos en diferentes paquetes de aditivos para ser dispensados en uno o más depósitos de alimentación de extrusión y extrusoras para obtener gránulos de poliolefina 38 de diferentes características deseadas.

Como se muestra en la Figura 1, el extremo de acabado en seco 44 del sistema de producción de poliolefina 100 también incluye el sistema de descarga 39 configurado para preparar los gránulos de poliolefina 38 para su envío a los clientes 40. En general, los gránulos de poliolefina 38 se pueden transportar a un área de descarga para ser almacenados, mezclados con otros gránulos, y/o cargados en vagones, camiones, bolsas, etc. Sin embargo, los gránulos de poliolefina 38 generalmente no son alterados por el sistema de descarga 39 antes de ser enviados al cliente 40.

Los gránulos de poliolefina 38 generados a partir del sistema de producción de poliolefina 100 pueden incluir polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), polietileno de densidad media (MDPE), polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno mejorado, polipropileno isotáctico (iPP), polipropileno sindiotáctico (sPP), incluidos varios copolímeros, y así sucesivamente. Los gránulos de poliolefina 38 se pueden usar en la fabricación de una variedad de productos, componentes, artículos para el hogar y otros artículos, que incluyen, entre otros, adhesivos (por ejemplo, aplicaciones de adhesivo de fusión en caliente), cables y alambres eléctricos, películas agrícolas, películas retráctiles, películas estiradas, películas para envasado de alimentos, envases flexibles de alimentos, envases de leche, envases de alimentos congelados, revestimientos de latas y contenedores de basura, bolsas de la compra, sacos de alta resistencia, botellas de plástico, equipos de seguridad, alfombras, revestimientos, juguetes y una variedad de recipientes y productos de plástico.

Los tipos específicos de poliolefinas, tal como el polietileno de alta densidad (HDPE), tienen aplicaciones particulares en la fabricación de productos moldeados por soplado y moldeados por inyección, tales como envases de alimentos y bebidas, películas, y tuberías de plástico. Otros tipos de poliolefinas, tales como el polietileno de baja densidad (LDPE), el polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), el polipropileno isotáctico (iPP), y el polipropileno sindiotáctico (sPP) también son adecuados para aplicaciones similares. Los requisitos mecánicos de la aplicación, tales como la resistencia a la tracción y la densidad, y/o los requisitos químicos, tales como la estabilidad térmica, el peso molecular, y la reactividad química, suelen determinar qué tipo de poliolefina es adecuado.

Para fabricar los productos finales, los gránulos de poliolefina 38 se someten generalmente a procesamiento, tal como moldeo por soplado, moldeo por inyección, moldeo por rotación, película soplada, película fundida, extrusión (por ejemplo, extrusión de láminas, extrusión de tubos y corrugados, extrusión de revestimiento/laminación, etc.), y así sucesivamente. En última instancia, los productos y componentes fabricados a partir de los gránulos de poliolefina 38 se pueden procesar y ensamblar posteriormente para su distribución y vender a los consumidores. Por ejemplo, se puede envasar la tubería o película extruida para su distribución al cliente, o se puede ensamblar un

depósito de combustible que contiene polietileno en un vehículo automotor para su distribución y vender a los consumidores.

Las variables y los parámetros del procedimiento en el sistema de producción de poliolefina 100 se pueden controlar de forma automática y/o manual a través de varias configuraciones de válvulas, sistemas de control, etc. En general, un sistema de control basado en el procesador, tal como el sistema de control 46 como se muestra en la Figura 1, puede facilitar la gestión de una serie de operaciones en el sistema de producción de poliolefina 100. Una instalación de fabricación de poliolefinas puede incluir una sala de control central, así como un sistema de control central, tal como un sistema de control distribuido (DCS) y/o un controlador lógico programable (PLC). Por ejemplo, el sistema de reactor 20 puede emplear un sistema basado en procesador, tal como un DCS, u otros sistemas avanzados de control de procedimientos conocidos en la técnica. El sistema de control 46 puede incluir uno o más DCS para controlar el sistema de alimentación 16, el sistema de reactor 20, el sistema de recuperación 24 y/o el sistema de fraccionamiento 30. En el extremo en seco 44 de una planta de producción de poliolefina, el sistema de extrusión 36 y/o el sistema de descarga de gránulos 39 también se pueden controlar a través de un sistema basado en procesador (por ejemplo, DCS o PLC). Además, los medios legibles por ordenador pueden almacenar códigos ejecutables del sistema de control para ser ejecutados por procesadores asociados, que incluyen las unidades centrales de procesamiento, y similares. El medio legible por ordenador se puede referir a cualquier medio de almacenamiento que se pueda usar junto con las instrucciones legibles por ordenador. En un ejemplo de realización ilustrativa y no limitativa, el medio legible por ordenador puede incluir un medio de almacenamiento legible por ordenador. El medio de almacenamiento legible por ordenador puede tener muchas formas, que incluyen, pero no se limitan a, medios no volátiles y medios volátiles, disquetes, discos flexibles, discos duros, cintas magnéticas, otros medios magnéticos, CD-ROM, DVD, o cualquier otro medio de almacenamiento óptico, tarjetas perforadas, cinta de papel, o cualquier otro medio físico con patrones de orificios. Los medios de almacenamiento legibles por ordenador pueden incluir además RAM, PROM, EPROM, EEPROM, FLASH, combinaciones de los mismos (por ejemplo, PROM EPROM), o cualquier otra tarjeta de memoria con microprocesador o tarjeta de memoria flash. El medio legible por ordenador puede incluir además medios de transmisión legibles por ordenador. Dichos medios de transmisión pueden incluir cables coaxiales, cables de cobre y fibra óptica. Los medios de transmisión también pueden tomar la forma de ondas acústicas o de luz, tales como las generadas durante la radiofrecuencia, infrarrojos, inalámbricos, u otros medios que comprenden ondas eléctricas, magnéticas, o electromagnéticas.

Por consiguiente, el DCS y el(los) sistema(s) de control asociado(s) en el sistema de producción de poliolefina 100 pueden incluir soporte físico, lógica y códigos de programas informáticos apropiados, para interactuar con los diversos equipos de procedimiento, válvulas de control, conductos e instrumentación, para facilitar la medición y el control de variables de procedimiento, implementar esquemas de control, realizar cálculos, etc. Se puede proporcionar una variedad de instrumentos conocidos por los expertos en la técnica para medir variables de procedimiento, tales como presión, temperatura, caudal, etc., y para transmitir una señal al sistema de control 46, donde los datos medidos pueden ser leídos por un operador y/o utilizados como datos de entrada en varias funciones de control. Dependiendo de la aplicación y otros factores, la indicación de las variables de procedimiento puede ser leída de forma local o a distancia por un operario, y usarse para una variedad de fines de control a través del sistema de control.

Un director de planta, ingeniero, técnico, supervisor y/o operario puede monitorear y controlar el procedimiento en la sala de control. Cuando se utiliza un DCS, la sala de control puede ser el centro de actividad, facilitando el monitoreo y control eficaz del procedimiento o instalación. La sala de control y el DCS pueden contener una interfaz de máquina humana (HMI), que puede ser un ordenador, con un programa informático especializado para proporcionar una interfaz de usuario para el sistema de control. El HMI puede variar según el proveedor y presentar al usuario una versión gráfica del procedimiento de fabricación realizado dentro del sistema de producción de poliolefina 100. Puede haber múltiples consolas o estaciones de trabajo HMI, con diversos grados de acceso a los datos.

Por lo tanto, la presente invención está bien adaptada para alcanzar los fines y ventajas mencionados, así como aquellos que son inherentes a ellos. Las realizaciones particulares descritas anteriormente son sólo ilustrativas, ya que la presente invención se puede modificar y poner en práctica de maneras diferentes, pero equivalentes, evidentes para los expertos en la técnica que tienen el beneficio de las enseñanzas de la presente memoria. Además, no se pretende limitar los detalles de construcción o diseño que se muestran en la presente memoria, a excepción de lo que se describe en las reivindicaciones a continuación. Por lo tanto, es evidente que las realizaciones ilustrativas particulares descritas anteriormente se pueden alterar, combinar, o modificar y todas estas variaciones se consideran dentro del alcance y espíritu de la presente invención.

La invención descrita ilustrativamente en la presente memoria de manera adecuada se puede llevar a la práctica en ausencia de cualquier elemento que no se describa específicamente en la presente memoria y/o cualquier elemento opcional descrito en la presente memoria. Mientras que las composiciones y los métodos se describen en términos de "que comprenden", "que contienen" o "que incluyen" varios componentes o etapas, las composiciones y los métodos también pueden "consistir esencialmente en" o "consistir en" los diversos componentes y etapas. Todos los números e intervalos descritos anteriormente pueden variar en cierta cantidad. Siempre que se describa un intervalo numérico con un límite inferior y un límite superior, cualquier número y cualquier intervalo incluido que se encuentren dentro del intervalo se describen específicamente. En particular, cada intervalo de valores (de la forma, "desde aproximadamente a hasta aproximadamente b", o, de manera equivalente, "desde aproximadamente a hasta b," o,

de manera equivalente, "desde aproximadamente a-b") descritos en la presente memoria deben entenderse como explicativos de cada número e intervalo comprendidos dentro del intervalo más amplio de valores.

El alcance de la invención se define en las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Un reactor de bucle para la polimerización de olefinas, que comprende:

una pluralidad de secciones verticales;

una pluralidad de secciones de codo que conectan las secciones verticales a una sección horizontal o bien a otra sección de codo, al menos una sección de codo que tiene un diámetro interno (d) y un radio (R_c) de una curvatura interna; y

al menos una zona de reacción en bucle configurada para polimerizar un monómero de olefina en presencia de un diluyente líquido para formar una suspensión que comprende partículas de un polímero de poliolefina, en donde la al menos una sección de codo está configurada para mantener un número de Dean (D_n) de la suspensión que fluye en su interior para que sea mayor que 3.000.000, donde $D_n = \rho Vd/\mu * (d/2R_c)^{1/2}$ y donde ρ es una densidad de la suspensión, V es una velocidad de circulación de la suspensión, y μ es una viscosidad dinámica de la suspensión.

2. El reactor de bucle de acuerdo con la reivindicación 1, en donde una longitud horizontal (L_H) de la sección horizontal es inferior a 0,9 metros (3 pies).

3. El reactor de bucle de acuerdo con la reivindicación 1, en donde una longitud horizontal (L_H) de la sección horizontal está entre 0,2 metros (0,5 pies) y 0,6 metros (2,0 pies).

4. El reactor de bucle de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la al menos una sección de codo conecta una sección vertical con la sección horizontal, o en el que la al menos una sección de codo conecta una sección vertical con la otra sección de codo.

5. El reactor de bucle de acuerdo con la reivindicación 1, comprende además uno o más ensambles de ramas de sedimentación que se extienden desde la sección horizontal, o comprende además uno o más ensambles de tomas continuas (CTO) que se extienden desde al menos una de las secciones de codo o la sección horizontal, preferiblemente en donde al menos uno de los ensambles de tomas continuas (CTO) comprende una válvula.

6. El reactor de bucle de acuerdo con la reivindicación 1, en donde una relación (R_c/d) del radio (R_c) de la curvatura interna y el diámetro interno (d) de al menos una sección de codo se mantiene entre 1 y 10.

7. El reactor de bucle de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la al menos una sección de codo comprende una altura (H) y una longitud de cuerda (W), en donde la longitud de cuerda es de 635 centímetros (250 pulgadas) o menos, y en donde el radio (R_c) de la curvatura interna, medido como $R_c = H/2 + W^2/8H$, es de 180 centímetros (72 pulgadas) o menos.

8. El reactor de bucle de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la velocidad de circulación (V) de la suspensión dentro de la al menos una zona de reacción en bucle se mantiene a 9 metros por segundo o más, o en donde la velocidad de circulación (V) de la suspensión dentro de la al menos una zona de reacción en bucle se mantiene a 9 metros por segundo o menos, o en donde la velocidad de circulación se mide con un medidor de flujo de codo acoplado a al menos una sección de codo.

9. El reactor de bucle de acuerdo con la reivindicación 1, en donde un número de Reynolds de la suspensión dentro de la al menos una sección de codo se mantiene en 11.000.000 o más.

10. El reactor de bucle de acuerdo con la reivindicación 1, en donde al menos una zona de reacción en bucle está formada por cuatro secciones verticales, cuatro secciones horizontales, y ocho secciones de codo, o en donde al menos una zona de reacción en bucle está formada por seis secciones verticales, seis secciones horizontales, y doce secciones de codo.

11. El reactor de bucle de acuerdo con la reivindicación 1, en donde se forman dos zonas de reacción en bucle, cada zona de reacción en bucle está formada por cuatro secciones verticales, cuatro secciones horizontales, y ocho secciones de codo, preferiblemente en donde las dos zonas de reacción en bucle están conectadas para transferir continuamente la suspensión.

12. El reactor de bucle de acuerdo con la reivindicación 1, en donde un volumen del reactor de bucle se mide a más de 40.000 litros (10.000 galones), o en donde el polímero de poliolefina se selecciona del grupo que consiste en polipropileno, polietileno, y combinaciones de los mismos.

13. Un sistema de reactor para la polimerización de olefinas, comprendiendo el sistema de reactor:

uno o más reactores configurados para procesar poliolefina; y

un reactor de bucle, que comprende:

una pluralidad de secciones verticales;

una pluralidad de secciones de codo que conectan las secciones verticales a una sección horizontal o bien a otra sección de codo, teniendo al menos una sección de codo un diámetro interno (d) y un radio (R_c) de una curvatura interna; y

al menos una zona de reacción en bucle configurada para polimerizar un monómero de olefina en presencia de un diluyente líquido en una suspensión que comprende partículas de un polímero de poliolefina, en donde la al menos una sección de codo está configurada para mantener un número de Dean (D_n) de la suspensión que fluye en su interior para que sea mayor que 3.000.000, donde $D_n = \rho Vd/\mu * (d/2R_c)^{1/2}$ y donde ρ es una densidad de la suspensión, V es una velocidad de circulación de la suspensión, y μ es una viscosidad dinámica de la suspensión.

14. Un procedimiento para la polimerización de olefinas en un reactor de bucle, comprendiendo el procedimiento:

polimerizar un monómero de olefina en presencia de un diluyente líquido para formar una suspensión que comprende partículas de un polímero de poliolefina dentro de al menos una zona de reacción en bucle de un reactor de bucle, en donde el reactor de bucle comprende:

una pluralidad de secciones verticales; y

una pluralidad de secciones de codo que conectan las secciones verticales a una sección horizontal o bien a otra sección de codo, al menos una sección de codo que tiene un diámetro interno (d) y un radio (R_c) de una curvatura interna,

en donde la al menos una sección de codo está configurada para mantener un número Dean (D_n) de la suspensión que fluye en su interior para que sea mayor que 3.000.000, donde $D_n = \rho Vd/\mu * (d/2R_c)^{1/2}$ y donde ρ es una densidad de la suspensión, V es una velocidad de circulación de la suspensión, y μ es una viscosidad dinámica de la suspensión.

15. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, que comprende, además:

retirar la suspensión de la al menos una zona de reactor de bucle.

16. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 15, en donde la suspensión se extrae continuamente desde uno o más ensambles de tomas continuas que se extienden desde al menos una de las secciones de codo o la sección horizontal, o en donde la suspensión se extrae periódicamente de uno o más ensambles de ramas de sedimentación que se extienden desde la sección horizontal.

17. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, en donde una longitud horizontal (L_H) de la sección horizontal es inferior a 0,9 metros (3 pies).

18. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, en donde una longitud horizontal (L_H) de la sección horizontal está entre 0,2 metros (0,5 pies) y 0,6 metros (2,0 pies), o en donde una relación (R_c/d) del radio (R_c) de la curvatura interna y el diámetro interno (d) de al menos una sección de codo se mantienen entre 1 y 10.

19. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, en donde la velocidad de circulación (V) de la suspensión dentro de la al menos una zona de reacción en bucle se mantiene a 9 metros por segundo o más, o en donde la velocidad de circulación (V) de la suspensión dentro de la al menos una zona de reacción en bucle se mantiene a 9 metros por segundo o menos, o en donde la velocidad de circulación (V) de la suspensión dentro de la al menos una zona de reacción en bucle se mide con un medidor de flujo de codo acoplado a al menos una sección de codo.

20. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, en donde una longitud horizontal (L_H) de la sección horizontal es de 0,9 metros (3 pies) o menos, y comprende además retirar continuamente la suspensión de la al menos una zona de reactor en bucle.

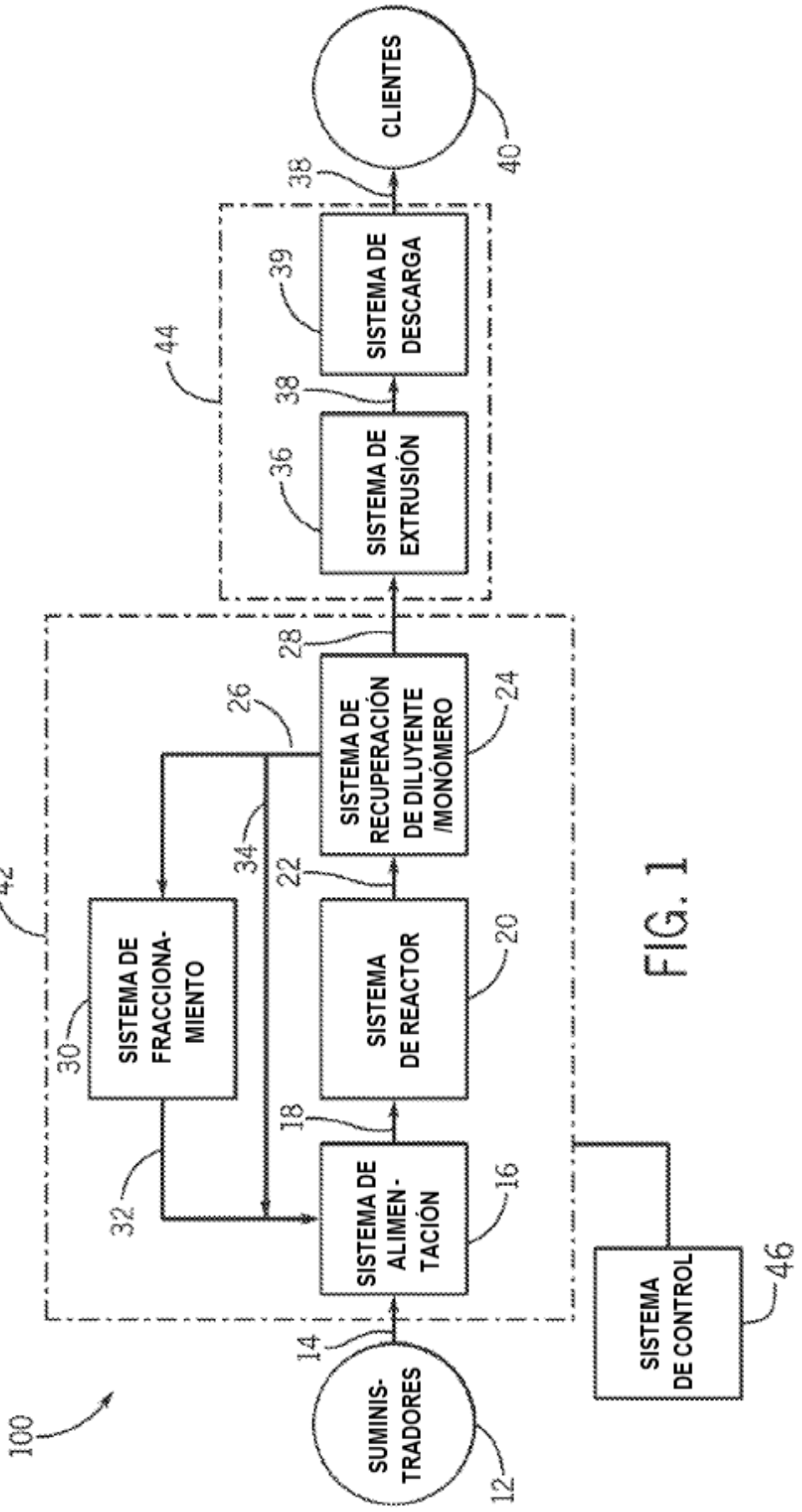
100
SUMINIS-TRADORES
12
14
SISTEMA DE ALIMEN-TACIÓN
16
18
SISTEMA DE REACTOR
20
22
SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE DILUYENTE /MONÓMERO
24
26
28
SISTEMA DE FRACCIONA-MIENTO
30
32
34
42
SISTEMA DE EXTRUSIÓN
36
38
SISTEMA DE DESCARGA
39
44
CLIENTES
40
SISTEMA DE CONTROL
46

FIG. 1

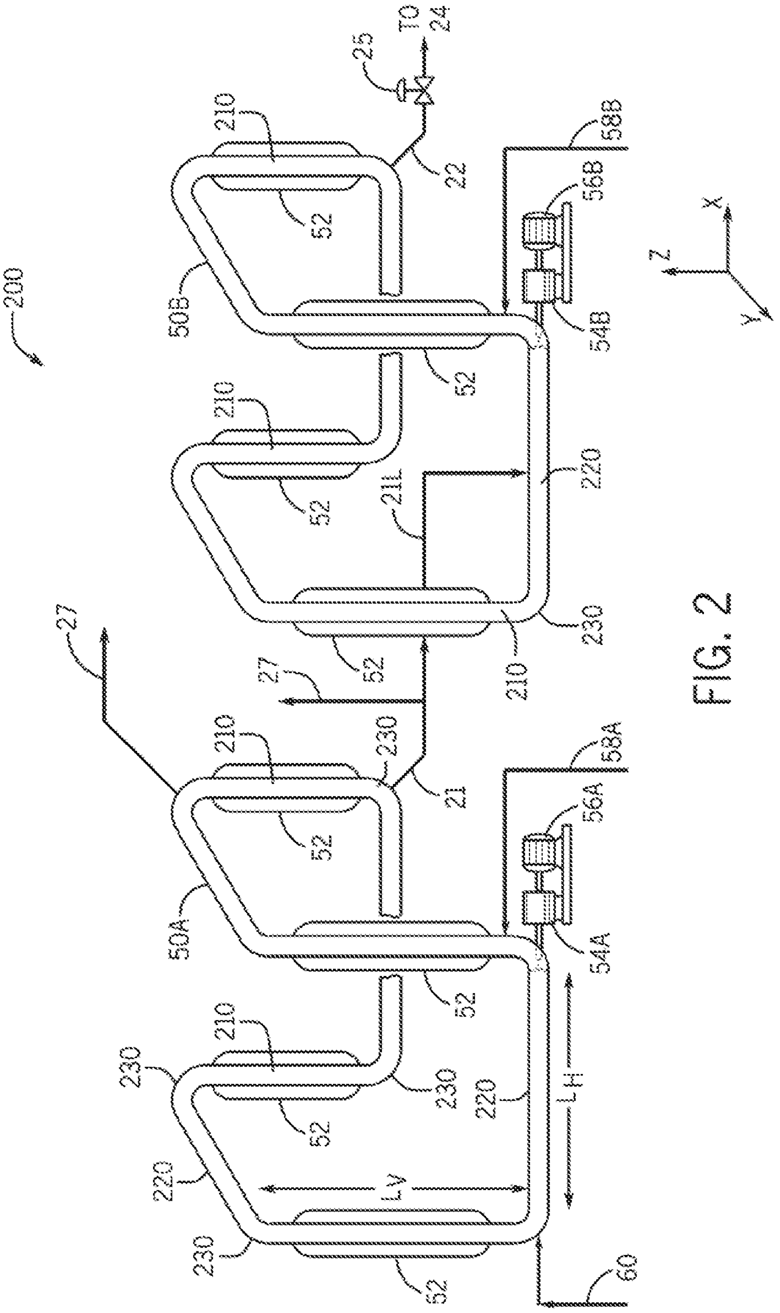
200
210
52
50B
50A
22
25
TO 24
58B
58A
56B
56A
54B
54A
Z
X
Y
220
21L
230
27
21
LH
LV
60

FIG. 2

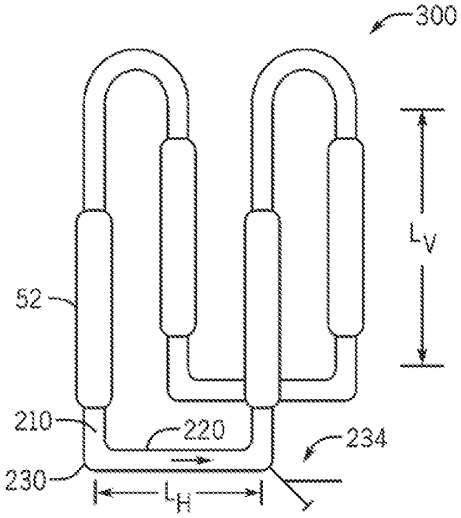

FIG. 3A

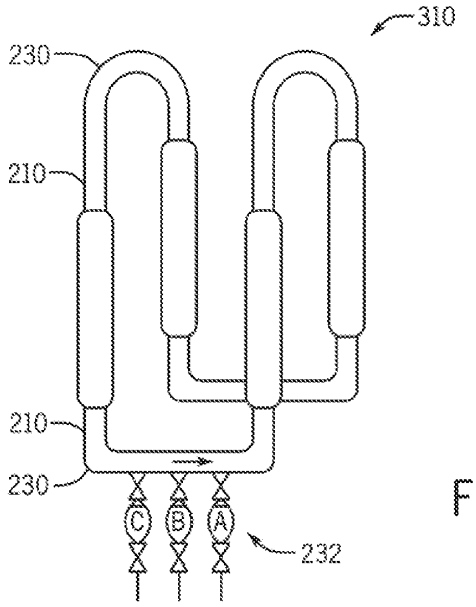

FIG. 3B

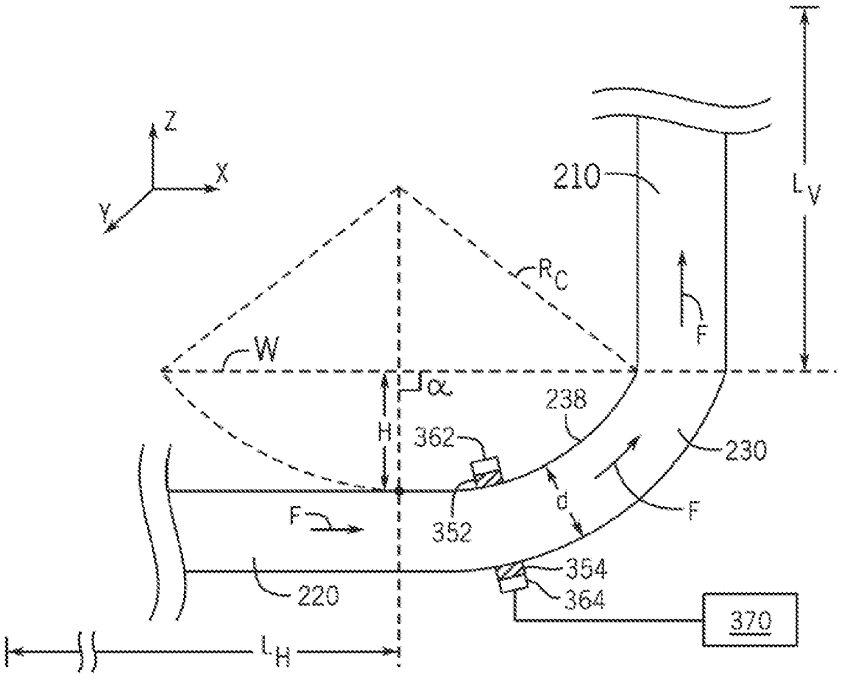
Z
X
Y
210
L_V
R_C
F
W
α
238
H
362
230
F
352
d
F
354
364
220
370
L_H

FIG. 3C

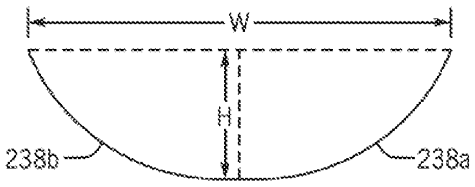
W
H
238b
238a

FIG. 3D

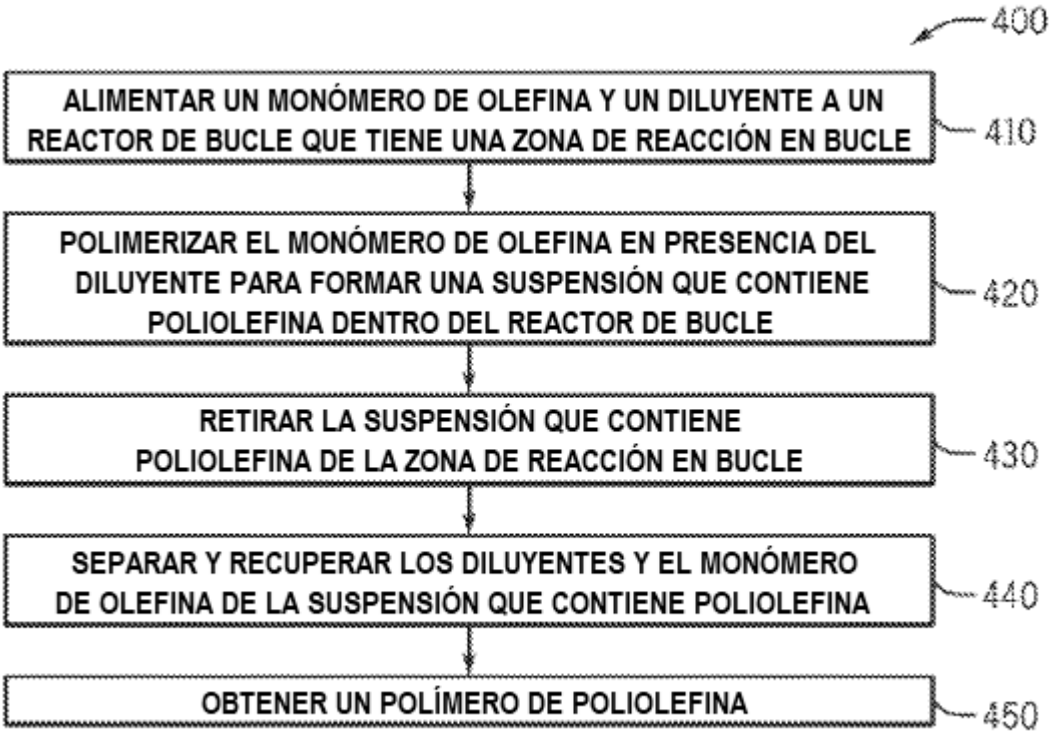
400
ALIMENTAR UN MONÓMERO DE OLEFINA Y UN DILUYENTE A UN REACTOR DE BUCLE QUE TIENE UNA ZONA DE REACCIÓN EN BUCLE
410
POLIMERIZAR EL MONÓMERO DE OLEFINA EN PRESENCIA DEL DILUYENTE PARA FORMAR UNA SUSPENSIÓN QUE CONTIENE POLIOLEFINA DENTRO DEL REACTOR DE BUCLE
420
RETIRAR LA SUSPENSIÓN QUE CONTIENE POLIOLEFINA DE LA ZONA DE REACCIÓN EN BUCLE
430
SEPARAR Y RECUPERAR LOS DILUYENTES Y EL MONÓMERO DE OLEFINA DE LA SUSPENSIÓN QUE CONTIENE POLIOLEFINA
440
OBTENER UN POLÍMERO DE POLIOLEFINA
450

FIG. 4