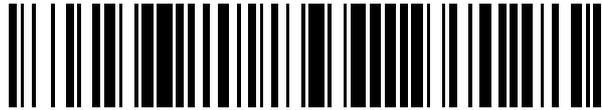


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 957**

21 Número de solicitud: 201531376

51 Int. Cl.:

**B05B 7/06**

(2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

**28.09.2015**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**28.03.2017**

Fecha de concesión:

**08.01.2018**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**15.01.2018**

73 Titular/es:

**INGENIATRICS TECNOLOGÍAS, S.L. (75.0%)  
PI Parque Plata, C/ Camino Mozárabe 41  
41900 Camas (Sevilla) ES y  
UNIVERSIDAD DE SEVILLA (25.0%)**

72 Inventor/es:

**MUÑOZ, Inmaculada;  
ESCUADERO, Jerónimo;  
JURADO, Gloria;  
SERRANO, Antonio;  
VELÁZQUEZ, Sandra;  
FLORES MOSQUERA, María y  
GAÑÁN-CALVO, Alfonso Miguel**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

54 Título: **Dispositivos y métodos para microencapsulación basados en capilares concéntricos**

57 Resumen:

Dispositivos de encapsulación flow focusing concéntrico y métodos para la producción de gotas microencapsuladas de un primer material en el núcleo rodeado por un segundo material en la corteza que incluyen la evaluación de parámetros fluido-dinámicos adimensionales que se refieren a las características de las gotas que se producen. Los parámetros están específicamente relacionados a características tales como modos de rotura homogéneos o no-homogéneos de las gotas concéntricas, densidad de distribución de tamaños de gotas y cualidades tales como la monodispersión de las gotas producidas. Mediante la identificación de los parámetros de control en las regiones específicas, se pueden seleccionar las variables de control para producir gotas o partículas con las cualidades deseadas.

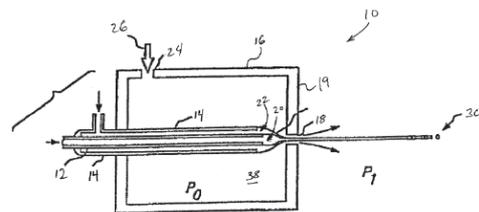


FIG. 1

ES 2 606 957 B1

**DESCRIPCIÓN**

Dispositivos y métodos para microencapsulación basados en capilares concéntricos.

Parte del contenido de esta patente incluye material que es susceptible de protección de los derechos de reproducción. El propietario de los derechos de reproducción no objeta que se reproduzca el documento de patente o la información incluida en la patente, tal y como aparece en el archivo/expediente de la patente de la U.S. Patent and Trademark Office, pero se reserva todos los derechos de reproducción en cualquier otra circunstancia

5

**Referencias a aplicaciones relacionadas**

No Aplica

**Situación relativa a patrocinadores federales de la investigación o desarrollo**

10 No Aplica

**Referencia a un apéndice con un listado de secuencias o un listado de programas informáticos**

No Aplica

**Antecedentes**

15 La presente invención se refiere en general a dispositivos y métodos para producir gotas o partículas encapsuladas y, más particularmente, a dispositivos y métodos para producir una pluralidad de gotas of partículas sustancialmente monodispersas de un primer material en el núcleo encapsulado en un segundo material como corteza.

20 Las gotas y partículas encapsuladas se usan en una variedad de aplicaciones comerciales, incluyendo pero no limitadas a liberación de fármacos, farmacéuticas, procedimientos médicos, productos alimentarios, sistemas de combustión, productos de cuidado personal, y muchas otras industrias. Las gotas y partículas encapsuladas incluyen típicamente un primer material en el núcleo rodeado de un segundo material en la corteza, donde el primer material del núcleo y el segundo material de la corteza son distintos. Las gotas y partículas encapsuladas pueden  
25 formarse usando una variedad de técnicas y dispositivos diferentes que son conocidos. Los dispositivos y métodos tradicionales para formar gotas y partículas encapsuladas requieren generalmente que se combinen mecánicamente el material del núcleo y el material de la

corteza de tal forma que el material de la corteza rodee una gota o partícula del material del núcleo.

Un método convencional para producir gotas y partículas encapsuladas resulta de la disociación o rotura de un microchorro capilar estable donde el microchorro incluye una columna central del material del núcleo que tiene una cobertura del material de la corteza rodeando el material del núcleo. Controlando los parámetros del flujo y las propiedades mecánicas de los dos materiales, núcleo y corteza, se puede conseguir la inestabilidad capilar del microchorro de forma controlada. Esta inestabilidad controlada da lugar a la rotura del microchorro en una pluralidad de gotas encapsuladas. Esta técnica de formación de gotas encapsuladas puede referirse como encapsulación flow focusing o encapsulación pro-rotura capilar de un microchorro estable. Por ejemplo, la patente US 6,357,670 de Gañan-Calvo *et al* titulada “Stabilized Capillary Microjet and Devices and Methods for Producing Same” muestra dispositivos y métodos para la producción de gotas encapsuladas mediante la selección de variables de control para conseguir el régimen del flujo del microchorro capilar que permita una rotura controlada del microchorro capilar en gotas esféricas con un material en el núcleo rodeado de una capa de material de la corteza. Gañan-Calvo identifica variables de control para incluir los parámetros de flujo (presión, caudal volumétrico), propiedades de los materiales (densidad, viscosidad), y dimensiones geométricas (diámetro del orificio). Estas variables de control pueden ser seleccionadas para influir, *inter alia*, en el diámetro de la gota del núcleo, grosor de la corteza, diámetro externo y excentricidad entre el núcleo y la corteza. Gañan-Calvo muestra adicionalmente la selección de las variables de control que influyen en la estabilidad del microchorro capilar.

Las técnicas y dispositivos que se conocen para producir este tipo de partículas basándose en la selección de parámetros de control que influyan en las características de dispersión pueden dar resultados inconsistentes. Los estudios convencionales de la encapsulación flow focusing generalmente se focalizan en la selección de parámetros para producir un microchorro estable y dichos estudios no tienen la intención de identificar los parámetros que dan lugar a resultados malos o indeseables. Por ejemplo, los métodos y dispositivos convencionales no identifican intencionadamente las relaciones entre parámetros de control que dan lugar a una rotura de gotas concéntricas no-homogéneas o una producción de gotas no-monodispersas.

Se hace necesario entonces mejoras en dispositivos y métodos para producir gotas y partículas encapsuladas.

### **Resumen**

5 Este Resumen se proporciona para introducir una selección de conceptos de forma simplificada que se describen adicionalmente en la Descripción de la Invención. Este Resumen no pretende identificar las características claves o características esenciales de la materia reivindicada, ni tampoco pretende que se use como un determinante del alcance de la materia reivindicada.

10 La presente invención proporciona métodos y dispositivos para la producción de gotas o partículas encapsuladas usando flow focusing concéntrico como técnica de encapsulación y formación de gotas. La técnica de flow focusing concéntrico incluye los flujos de un primer material (el núcleo), un segundo material (la corteza), y un tercer material (el fluido enfocante) a través de un orificio en una cámara presurizada. Los distintos materiales tienen propiedades materiales y propiedades de flujo que se combinan para formar variables de control que pueden seleccionarse para influir en el comportamiento fluido-dinámico. El espacio paramétrico de las  
15 numerosas variables de control puede ser reducido a parámetros de control adimensionales para su análisis. La presente invención proporciona métodos y dispositivos para producir gotas encapsuladas mediante primero la identificación cuantitativa de los parámetros de control que dan lugar a resultados indeseables. Los métodos incluyen la identificación de las relaciones cuantitativas entre los parámetros adimensionales de control seleccionados que se utilizan para  
20 determinar las regiones en las que se consiguen las propiedades deseadas y las indeseadas. Considerando las regiones identificadas, para la producción de las gotas se pueden seleccionar las variables de control que eviten las regiones donde las propiedades indeseadas tienen más probabilidades de encontrarse o tener lugar.

25 Otros objetivos, ventajas y características de la presente invención se pueden hacer evidentes a expertos en la materia tras una revisión de las siguientes figuras y descripción de la realización preferida.

### **Breve descripción de las figuras**

La FIG. 1 es una vista esquemática de un ejemplo de realización de un dispositivo para producir gotas encapsuladas utilizando flow focusing concéntrico.

La FIG. 2 es una vista transversal parcial de un ejemplo de realización de un dispositivo para producir gotas encapsuladas utilizando flow focusing concéntrico.

La FIG. 3 es una fotografía mostrando ejemplos de gotas producidas de acuerdo con la presente invención.

5 La FIG. 4 es un gráfico mostrando el mapeo de los resultados experimentales de las relaciones entre el número de Weber y el número de Reynolds de acuerdo con la presente invención.

La FIG. 5 es un gráfico mostrando el mapeo de los resultados experimentales de las relaciones entre el número de Weber y el número de Reynolds de acuerdo con la presente invención

10 La FIG. 6 es un gráfico mostrando el mapeo de los resultados experimentales de las relaciones entre el número de Weber y el número de Reynolds de acuerdo con la presente invención.

La FIG. 7 es una tabla mostrando los resultados experimentales para una selección de experimentos de encapsulación con flow focusing concéntrico realizados de acuerdo con la presente invención.

15 La FIG. 8 es un gráfico mostrando la distribución esencialmente monodispersa de tamaños de partículas producidas de acuerdo con la presente invención.

La FIG. 9 es un gráfico mostrando la distribución no-monodispersa de tamaños de partículas producidas de acuerdo con la presente invención.

20 La FIG. 10 es una tabla en la que se identifican los regímenes de parámetros adimensionales que dan lugar a diferentes modos de rotura de gotas concéntricas y Ejemplos experimentales seleccionados de la tabla en la FIG. 7

La FIG. 11 es una fotografía mostrando ejemplos de gotas producidas de acuerdo con la presente invención

La FIG. 12 ilustra una vista esquemática de un ejemplo alternativo de realización de un aparato para producir gotas encapsuladas usando flow focusing concéntrico.

25 La FIG. 13 ilustra una vista esquemática de un ejemplo de realización alternativo de un aparato para producir gotas encapsuladas usando flow focusing concéntrico.

La FIG. 14 ilustra una vista en perspectiva de un ejemplo de realización alternativo de un aparato para producir gotas encapsuladas usando flow focusing concéntrico.

### **Descripción de la invención**

5 Aunque la realización y la utilización de diferentes materializaciones de la presente invención se discuten en detalle más abajo, se apreciará que la presente invención proporciona muchos conceptos inventivos que pueden ser incorporados en gran variedad de contextos específicos. Las realizaciones específicas que se discuten aquí son meramente ilustrativas de modos  
10 específicos de realizar y usar la invención y no limitan el alcance de la invención. Los expertos en la materia reconocerán numerosos equivalentes a los aparatos y métodos específicos descritos aquí. Estos equivalentes se consideran dentro del alcance de esta invención y están cubiertos por las reivindicaciones.

En los dibujos, no todos los números de referencia están incluidos en cada dibujo, en aras de la claridad. Además, términos de posición como “superior”, “inferior”, “lateral”, “arriba”, “abajo”, etc  
15 se refieren al aparato cuando se encuentra en la orientación mostrada en el dibujo. Un experto en la materia reconocerá que el aparato puede tener diferentes orientaciones durante el uso.

Además, la referencia a términos en forma singular como “un/-a”, “y”, y “el/la” utilizados aquí y/o en las reivindicaciones, pueden ser interpretados haciendo referencia a más de uno a menos que el contexto indique lo contrario. Por ejemplo, la referencia a “una partícula” o “una gota”  
20 incluye referencia a una pluralidad de partículas o gotas, y la referencia a “un fluido” puede referirse a una mezcla u otra combinación de más de un fluido, y otros equivalentes conocidos en la materia.

Los dispositivos flow focusing para la producción de gotas y partículas encapsuladas de acuerdo con la presente invención incluyen típicamente un primer canal para introducir un  
25 primer material, un segundo canal para introducir un segundo material, y una cámara presurizada rodeando el primer y segundo canales. Cada uno de estos canales, primero y segundo, terminan en unas aperturas que se encuentran enfrentadas a un orificio de la cámara presurizada. Los canales primero y segundo están esencialmente dispuestos concéntricamente

de tal forma que el primer canal está rodeado por el segundo canal. En algunas realizaciones, el primer canal y el segundo canal comprenden cilindros o tubos redondos esencialmente.

Un ejemplo de realización de un dispositivo flow focusing 10 para microencapsulación se muestra en la FIG.1. El dispositivo 10 incluye un primer canal 12 y un segundo canal 14. El  
5 segundo canal 14 está posicionado concéntricamente alrededor del primer canal 12 de forma que se define un espacio anular entre la pared exterior del primer canal 12 y la pared interior del segundo canal 14. El espacio anular entre el primer y segundo canal 12, 14, proporciona un paso para el flujo de un segundo material, o material de la corteza, tal como un fluido. El interior del primer canal 12 proporciona un paso para el flujo de un material del núcleo tal como un  
10 fluido. El primer canal 12 termina en la apertura del final del primer canal 20, y el segundo canal 14 termina en la apertura del final del canal 22. La apertura del final del canal 22 está posicionada concéntricamente alrededor de la apertura del final del primer canal 20 en algunas realizaciones, y puede ser axialmente desplazada en ambos sentidos axiales.

Una cámara presurizada 16 rodea al menos una parte de los canales primero y segundo 12, 14  
15 de tal forma que las aperturas finales del primer canal y del segundo canal 20, 22 están posicionadas en el interior de la cámara presurizada 16. Un fluido tanto líquido como gas puede ser introducido en la cámara presurizada 16 por un punto de entrada para la presurización de la cámara 24. La cámara presurizada 16 también incluye un orificio de salida de la cámara presurizada 18 establecido en una pared de la cámara presurizada 19 localizado aguas abajo  
20 de la apertura final del primer canal y del segundo canal 20, 22. El fluido introducido para presurizar la cámara 16 sale por el agujero de salida 18. En algunas realizaciones, en el interior de la cámara presurizada 16 se establece una presión interior  $P_0$ . Fuera de la cámara de presurización 16 se establece también una presión exterior  $P_1$  aguas abajo del orificio de salida 18.  $P_1$  es menor que  $P_0$  y se establece una diferencia de presión entre  $P_0$  y  $P_1$  a través del  
25 orificio de salida 18. La diferencia de presión provoca que el tercer material fluya desde el interior de la cámara presurizada 16 a través del orificio de salida 18.

Durante las condiciones de flujo, como se ve en la FIG.2, un primer material 34 se introduce a través del primer canal hacia la apertura de salida 20, y un segundo material 36 se introduce a través del espacio anular existente entre la pared externa del primer canal 12 y la pared interna  
30 del segundo canal 14. El primer material 34 es expulsado por la apertura de salida del primer

canal 20, y el segundo material 34 es expulsado simultáneamente por la apertura de salida del segundo canal 22. Tras la salida, el segundo material 22 rodea el primer material. Un tercer material 38, tanto un líquido como un gas, pasa desde el interior de la cámara presurizada 16 a través del orificio de salida de la cámara presurizada 18. El flujo del tercer material 38, p.ej. un gas, desde el interior de la cámara presurizada 16 a través del orificio de salida 18 produce un esfuerzo en la superficie exterior del segundo material en la apertura de salida del segundo canal 22. El esfuerzo en superficie producido por el flujo del tercer material, dirige al segundo material hacia el orificio de salida 18, formando un microchorro capilar 32 que se extiende desde la apertura de salida del segundo canal 22 hacia y a través del orificio de salida 18 en algunas realizaciones, como la que se muestra en la FIG. 2. El segundo material 36 enfocado por el microchorro 32 también produce un esfuerzo axial en el primer material que sale de la apertura de salida del primer canal 20. El primer material 34 que sale de la apertura de salida del primer canal es dirigido hacia el orificio de salida 18 por el segundo material 36. Por lo tanto, el microchorro capilar 32 incluye un núcleo axial que comprende el primer material 34 emitido por la apertura de salida del primer canal 20 y un segundo material 36 formando una corteza axial que rodea el material del núcleo.

El microchorro capilar 32 es enfocado por el flujo del tercer material que le rodea en estado líquido o gaseoso fuera del orificio 18 consiguiendo un diámetro local del microchorro que es más pequeño que la dimensiones de la apertura de salida del segundo canal 22. El diámetro local del microchorro entre la apertura de salida del segundo canal 22 y el orificio de salida 18 es también más pequeño que el diámetro del orificio de salida, D. Por lo tanto, el microchorro 32 no toca la pared 19 de la cámara presurizada 16. Aguas abajo del orificio de salida 16, el microchorro 32 se rompe en una serie de gotas encapsuladas 30a, 30b, 30c, etc. Cada gota encapsulada incluye un centro esférico del primer material 34 (o material del núcleo) y una corteza esférica o recubrimiento del segundo material 36 (o material de la corteza). Al primer canal y al segundo canal 12, 14 se les alimenta continuamente masa adicional del primer material y el segundo material 34, 36 para proveer material para la producción de las gotas encapsuladas.

La presente invención está dirigida a métodos para la selección de variables de control que influyan en las propiedades geométricas de las partículas y/o gotas encapsuladas a microescala 30a, 30b, 30c, etc. producidas utilizando la encapsulación flow focusing concéntrico. Un modelo

general para la encapsulación flow focusing concéntrica de un primer material (o núcleo) en un segundo material (o corteza) usando un gas presurizado (o fluido enfocante) para formar una gota incluye al menos trece variables físicas dimensionales, incluyendo las siguientes:

$$\{\rho_1, \rho_2, \rho_3, \mu_1, \mu_2, \mu_3, \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, Q_1, Q_2, \Delta P, D\}$$

5 donde cada variable tiene el siguiente valor:

$\rho_1$  : densidad del primer material (núcleo)

$\rho_2$  : densidad del segundo material (corteza)

$\rho_3$  : densidad del tercer material (fluido enfocante, gas)

$\mu_1$  : viscosidad del primer material (núcleo)

$\mu_2$  : viscosidad del segundo material (corteza)

$\mu_3$  : viscosidad del tercer material (fluido enfocante, gas)

$\sigma_1$  : tensión superficial entre el primer material (núcleo) y el segundo material (corteza)

$\sigma_2$  : tensión superficial entre el segundo material (corteza) y el tercer material (fluido enfocante, gas)

$\sigma_3$  : tensión superficial entre el primer material (núcleo) y el tercer material (fluido enfocante, gas)

$Q_1$  : Caudal del primer material (núcleo, líquido)

$Q_2$  : Caudal del segundo material (corteza, líquido)

$\Delta P$  : diferencia de la presión del tercer material (fluido enfocante, gas) a través del orificio de salida

$D$  : diámetro del orificio de salida de la cámara presurizada

El número de variables de control en el espacio paramétrico necesarias para investigar las características de dispersión de la microencapsulación flow focusing concéntrica se puede reducir basándose en ciertas hipótesis asociadas al régimen de flujo deseado. Primero, es conocido en la materia que el diámetro del orificio de salida 18 de la cámara presurizada tiene una influencia despreciable en las propiedades de dispersión del flujo de un microchorro capilar laminar. Segundo, la diferencia relativa entre las densidades  $\rho_1$  y  $\rho_2$  es muy pequeña comparada con el valor de las densidades en si mismas, y estos valores se pueden aproximar a constante. De forma similar, el tercer material 38 introducido a través de la cámara presurizada es típicamente un gas como el aire que tiene una densidad constante ( $\rho_3$ ).

La modelización del comportamiento fluido-dinámico suele realizarse en términos de variables adimensionales. Como parte de la presente invención, el análisis dimensional de los parámetros de control restantes se puede reducir a un espacio adimensional usando los seis parámetros adimensionales vinculados al Número de Reynolds adimensional, el Número de Weber adimensional y la tensión superficial normalizada adimensional. De esta forma, en un espacio adimensional, las variables relativas de control para modelar la encapsulación flow focusing concéntrica de un primer material 34 (el núcleo) con un segundo material 36 (la corteza) usando un tercer material 38 (fluido enfocante, gas) son:

$$\{Re_1, Re_2, We_1, We_2, \sigma_{21}, \sigma_{31}\}$$

10 donde cada una de las variables adimensionales se definen como sigue:

$$Re_1 = (2/\pi^2)^{1/4} \left( \frac{\rho_1 Q_1^2 \Delta P}{\mu_1^4} \right)^{1/4}; Re_2 = (2/\pi^2)^{1/4} \left( \frac{\rho_2 (Q_1 + Q_2)^2 \Delta P}{\mu_2^4} \right)^{1/4};$$

$$We_1 = (8/\pi^2)^{1/4} \left( \frac{\rho_1 Q_1^2 \Delta P^3}{\sigma_1^4} \right)^{1/4}; We_2 = (8/\pi^2)^{1/4} \left( \frac{\rho_2 (Q_1 + Q_2)^2 \Delta P^3}{\sigma_2^4} \right)^{1/4};$$

$$\sigma_{21} = \sigma_2 / \sigma_1; \sigma_{31} = \sigma_3 / \sigma_1$$

Tras realizar alrededor de mil experimentos produciendo gotas encapsuladas, se determinó que las tensiones superficiales normalizadas adimensionales  $\sigma_{21}$  y  $\sigma_{31}$  tienen una relevancia insignificante en la discriminación de las características deseables que afectan a la dispersión.

15 Así, el espacio paramétrico para seleccionar las variables de control que afectan a las características deseables de la dispersión de la encapsulación flow focusing concéntrico se reducen al siguiente grupo de variables de control adimensionales:

$$\{Re_1, Re_2, We_1, We_2\}$$

20 Los experimentos se realizaron para generar dispersiones de gotas microencapsuladas para investigar la relación entre el grupo de las cuatro variables de control indicadas arriba y las características deseadas de monodispersión de las dispersiones resultantes. Los resultados experimentales se estudiaron usando proyecciones en tres dimensiones de distintas combinaciones de las variables de control del grupo de los cuatro parámetros de control

adimensionales. El objetivo del procedimiento experimental y el análisis era determinar las relaciones entre el Número de Weber y el Número de Reynolds que se pueden utilizar para determinar que rangos paramétricos producirán gotas con propiedades indeseables como satélites, mal funcionamiento, goteo u otros tipos de funcionamiento defectuoso. Cada  
 5 proyección del espacio tridimensional está dividido por un plano aproximado que separa los puntos correspondientes a los experimentos que dan malos resultados de aquellos que dan buenos resultados.

Una primera proyección del grupo de parámetros adimensionales de control  $\{Re_1, Re_2, We_1\}$  se muestra en la FIG. 4. Esta primera proyección muestra en escala logarítmica las variables  
 10 adimensionales  $\log_{10} We_1$  en el eje-X,  $\log_{10} Re_2$  en el eje-Y, y  $\log_{10} Re_1$  en el eje-Z. En esta primera proyección se identifica una relación entre  $Re_2$  y  $We_1$  que separa los resultados buenos de los resultados malos. La relación identificada en esta primera proyección es que los resultados malos se obtienen generalmente en la región  $Re_2 We_1^{1/4} < 1.2$ , y los resultados buenos se obtienen generalmente en la región  $Re_2 We_1^{1/4} > 1.2$ .

15 Una segunda proyección se muestra en la FIG.5. Esta segunda proyección muestra la relación entre el grupo de parámetros adimensionales de control que incluye  $\{Re_1, Re_2, We_2\}$ . En la segunda proyección se muestra el  $\log_{10} Re_1$  en el eje-X,  $\log_{10} Re_2$  en el eje-Y, y  $\log_{10} We_2$  en el eje-Z. El mapa tridimensional de los resultados experimentales analizados en la segunda proyección que se presenta en la FIG.5, delimitan un sector definido por dos planos que se  
 20 cortan donde los resultados generalmente muestran unas características indeseables y se consideran malos resultados. Las regiones definidas por  $Re_1^2 Re_2 < 10$  y  $Re_2 We_2 < 3$  incluyen experimentos que dan lugar a resultados malos. Las regiones  $Re_1^2 Re_2 > 10$  o  $Re_2 We_2 > 3$  incluyen experimentos que dan lugar a resultados con propiedades buenas o deseables.

Una tercera proyección se muestra en la FIG.6. Esta tercera proyección muestra la relación  
 25 entre el grupo de variables de control adimensionales que incluye  $\{Re_2, We_1, We_2\}$ . El tercer grupo incluye  $\log_{10} Re_2$  en el eje-X,  $\log_{10} We_1$  en el eje-Y, y  $\log_{10} We_2$  en el eje-Z. El mapa tridimensional de los resultados experimentales incluidos en la tercera proyección que se presenta en la FIG.6, muestra un sector separado por un único plano que da lugar a malos resultados. El rango paramétrico definido por  $(Re_2 We_1)/We_2 < 1$  establece un rango que incluye

generalmente resultados experimentales que tiene dispersiones de gotas encapsuladas con propiedades indeseables, como ser polidispersas, tener satélites, tener un mal funcionamiento, tener excentricidad excesiva, provocar goteo durante la formación del chorro capilar, o presentar otros defectos indeseables.

- 5 Un estudio adicional de los resultados experimentales muestra que más del 92% de los resultados experimentales incluidos en las regiones malas o inaceptables no dan lugar a gotas concéntricas monodispersas que tienen una desviación estándar geométrica (GSD) menor que 1.35. En algunas realizaciones, gotas concéntricas monodispersas se definen como un grupo de gotas con una desviación estándar geométrica (GSD) menor que 1.35.
- 10 En la FIG.7 se muestra una tabla identificando ejemplos de ocho de los experimentos realizados, nombrados como Experimentos A, C, D, E, F, G, H, e I. Para cada experimento, los parámetros adimensionales del grupo de  $\{Re_1, Re_2, We_1, We_2\}$  se han calculado considerando las condiciones de operación y las propiedades de los materiales. Las gotas encapsuladas resultantes para cada experimento, se analizaron ópticamente y se midió el Diámetro Medio en
- 15 Volumen (VMD) para cada tipo de partícula. Además se determinó la densidad de la distribución de tamaño de gotas para cada muestra.

Un ejemplo del tamaño de partícula mostrado en función de la densidad de la distribución se muestra en la FIG.8 para el Experimento I. Los parámetros experimentales y los valores adimensionales calculados para el Experimento I se muestran en la tabla de la FIG. 7. Este

20 experimento produce una distribución con alta densidad de partículas en un rango relativamente estrecho de tamaños de partículas entre sobre 50 y 100 micras. Este tipo de resultado es representativo del grupo deseable de gotas o partículas encapsuladas monodispersas. Un segundo ejemplo de tamaño de partícula mostrado en función de la densidad de la distribución se muestra en la FIG.9 para el Experimento D. Los parámetros experimentales y los valores

25 adimensionales calculados para el Experimento D se muestran en la tabla de la FIG. 7. Este resultado experimental da lugar a un rango muy ancho con una distribución de tamaño de partículas mucho mayor que la de los resultados que se muestran en la FIG.8 para el Experimento I. Los resultados que se muestran en la FIG.9 para el Experimento D representan un mal resultado que da lugar a un grupo polidisperso de gotas encapsuladas con muchos

30 tamaños diferentes.

La tabla que se muestra en la FIG.10 correlaciona varias regiones mostradas en las FIGS. 4-6 con los modos de rotura de gota concéntrica monodispersa y no-monodispersa de los Ejemplos A, C, D, E, F, G, H, I. Rotura de gota concéntrica se refiere a la etapa de formación de la gota donde un microchorro capilar se separa en gotas encapsuladas discretas debido a la inestabilidad del líquido aguas abajo del orificio de salida de la cámara presurizada. Ejemplos A y E se identifican dentro de la región  $Re_2We_1^{1/4} < 1.2$  como se muestra en la FIG.4. Estos ejemplos se caracterizan porque dan lugar a una rotura de la gota concéntrica en modo no-homogéneo. Estos ejemplos producen malos resultados que no serán adecuados para aplicaciones que requieran características de monodispersión. De forma similar, Ejemplos A, C y D se han identificado en las regiones limitadas por los dos  $Re_1^2Re_2 < 10$  y  $Re_2We_2 < 3$  como se muestra en la FIG.5. Estos ejemplos se caracterizan también porque tiene lugar una rotura de gotas concéntrica en un modo no-homogéneo. Estos ejemplos producen también malos resultados que no serán adecuados para aplicaciones que requieran características de monodispersión. Adicionalmente, como se ve en la FIG.10, el Ejemplo F se encuentra en la región  $(Re_2We_1)/We_2 < 1$  como se muestra en la FIG.6. Este ejemplo se caracteriza también porque tiene lugar una rotura de gotas concéntrica en un modo no-homogéneo.

La tabla en la FIG.10 muestra también que otras regiones producen fundamentalmente rotura de gotas concéntrica en modo homogéneo, y por lo tanto no se producen solo resultados malos. En algunas realizaciones de la invención, en las regiones que no son malas, se obtienen fundamentalmente resultados homogéneos. En algunas realizaciones, alrededor del 90% o más de los experimentos dan lugar a gotas monodispersas en las regiones que no son malas. Estas incluyen Ejemplos G, H e I. La fotografía que se muestra en la FIG.3 incluye un grupo de partículas producidas en el Experimento I incluyendo partículas concéntricas monodispersas. Especialmente, la mayoría de las gotas producidas en el Experimento I mostradas en la FIG.3 son homogéneas. Adicionalmente, la mayoría de las gotas producidas en las regiones identificadas más arriba son homogéneas. Sin embargo, algunas gotas no-homogéneas se pueden observar en las regiones (i)  $Re_2We_1^{1/4} > 1.2$ ; (ii)  $Re_1^2Re_2 > 10$  and  $Re_2We_2 > 3$ ; y (iii)  $(Re_2We_1)/We_2 > 1$ . Por ejemplo, la FIG.11 muestra una fotografía de partículas producidas en el Ejemplo G experimental, que provienen de una rotura fundamentalmente homogénea, dando lugar a gotas concéntricas monodispersas.

La presente invención proporciona un método para producir gotas encapsuladas de un primer material como núcleo rodeado de un segundo material como corteza. El método incluye los pasos de (a) proporcionar un aparato de encapsulación que incluye un primer canal con una apertura de salida, un segundo canal con una apertura de salida dispuesta alrededor de la  
 5 apertura de salida del primer canal, y una cámara presurizada rodeando al menos parcialmente las aperturas de salida del primer canal y del segundo canal, donde la cámara presurizada incluye un orificio de salida de la cámara presurizada a continuación de las aperturas de salida del primer y segundo canal; (b) identificar un primer grupo de parámetros de control asociados con regímenes de flujo indeseable en las regiones:

- 10
- (i)  $Re_2We_1^{1/4} < 1.2$ , o
  - (ii)  $Re_1^2Re_2 < 10$  y  $Re_2We_2 < 3$ , o
  - (iii)  $Re_2We_1/We_2 < 1$ ;

(c) seleccionar las variables de control basadas al menos en parte en el grupo de variables de control identificado en el paso (b); (d) introducir un primer material en el primer canal, un  
 15 segundo material en el segundo canal, y un tercer material en la cámara presurizada de forma que el primer y segundo material formen un microchorro que se alargue hacia el orificio de salida de la cámara presurizada; y (e) formar una pluralidad de gotas microencapsuladas del primer material rodeado del segundo material cuando el tercer material sale por el orificio de salida de la cámara presurizada. En aplicaciones adicionales, la presente invención aporta una  
 20 dispersión de gotas o partículas encapsuladas producidas de acuerdo con el método descrito anteriormente.

En realizaciones adicionales, la presente invención muestra un método para producir gotas encapsuladas que incluye los pasos de: (a) proporcionar un aparato de encapsulación que incluye un primer canal con una apertura de salida, un segundo canal con una apertura de  
 25 salida dispuesta alrededor de la apertura de salida del primer canal, y una cámara presurizada rodeando al menos parcialmente las aperturas de salida del primer canal y del segundo canal, donde la cámara presurizada incluye un orificio de salida de la cámara presurizada a continuación de las aperturas de salida del primer y segundo canal; (b) identificar un primer

grupo de parámetros de control asociados con regímenes de flujo deseable fuera de las regiones:

(i)  $Re_2We_1^{1/4} < 1.2$ , y

(ii)  $Re_1^2Re_2 < 10$  o  $Re_2We_2 < 3$ , y

5 (iii)  $Re_2We_1/We_2 < 1$ ;

c) seleccionar las variables de control basadas al menos en parte en el grupo de variables de control identificado en el paso (b); (d) introducir un primer material en el primer canal, un segundo material en el segundo canal, y un tercer material en la cámara presurizada de forma que el primer y segundo material formen un microchorro que se alargue hacia el orificio de salida de la cámara presurizada; y (e) formar una pluralidad de gotas microencapsuladas del primer material rodeado del segundo material cuando el tercer material sale por el orificio de salida de la cámara presurizada.

En aplicaciones adicionales, la presente invención aporta una dispersión de gotas o partículas encapsuladas producidas de acuerdo con el método descrito anteriormente.

15 Haciendo referencia a los dibujos, la FIG. 12 ilustra un ejemplo de realización de un aparato de microencapsulación que incluye una pluralidad de estructuras de liberación posicionadas para operar en paralelo para producir un conjunto de múltiples gotas. El aparato 100 incluye un primer ensamblaje de canales y un segundo ensamblaje de canales. El primer ensamblaje de canales incluye un primer canal interior 112a, y un primer canal exterior 114a. El primer canal exterior 114a está sustancialmente alineado coaxialmente con el primer canal interior 112a y rodea al primer canal interior 112a en algunas realizaciones. El aparato incluye también un segundo ensamblaje de canales que tiene un segundo canal interior 112b y un segundo canal exterior 114b. El segundo canal exterior está sustancialmente alineado coaxialmente con el segundo canal interior 112b y rodea al segundo canal interior 112b en algunas realizaciones. En otras realizaciones, se pueden tener más de dos ensamblajes de canales para producir múltiples microchorros capilares estables al mismo tiempo.

Continuando haciendo referencia a la FIG.12, los ensamblajes constituidos por el primer canal y el segundo canal se encuentran incluidos en una cámara presurizada común 116. Cada uno de

los ensamblajes del conjunto de primer canal y segundo canal terminan con sus aperturas de salida situadas frente a un orificio de salida de la cámara presurizada. Por ejemplo, el primer canal interior 112a termina con una apertura de salida situada frente a un primer orificio de salida de la cámara presurizada 118a, y el primer canal exterior 114a termina en una apertura de salida situada frente a un primer orificio de salida de la cámara presurizada 118a. Los fluidos que recorren el primer canal interior y el primer canal exterior forman un primer chorro que es emitido por el primer orificio de salida de la cámara presurizada 118a cuando se fuerza al gas 126 en la cámara presurizada a pasar a través del orificio de salida de la cámara. Los mismos principios de operación que se acaban de describir para un único chorro aplican a cada combinación de ensamblaje de canales y su correspondiente orificio de salida de la cámara presurizada en realizaciones como las que se muestran en las FIGS. 12-14 que contienen múltiples ensamblajes de canales.

Como se muestra en la FIG.12, la cámara presurizada 116 incluye una pared terminal 119 que contiene múltiples orificios de salida de la cámara presurizada 118a, 118b, etc en algunas de las realizaciones. En la FIG.13, se muestra otra realización de un aparato para emitir gotas microencapsuladas. El aparato 100 incluye una cámara presurizada 116 en la que se fuerza la alimentación de un gas 126. Una pluralidad de chorros microcapilares estables 132a, 132b, 132c, etc se emiten desde la cámara presurizada 116 de acuerdo con los principios descritos anteriormente para dispositivos simples y dispositivos de múltiples ensamblajes. Cada chorro se rompe en una pluralidad de gotas 130 aguas abajo de la cámara presurizada 116 tal y como se describe anteriormente para la rotura de un único chorro.

En relación a la FIG.14, se ilustra una realización alternativa de un aparato 100 configurado para emitir una pluralidad de chorros para producir gotas encapsuladas. El aparato 100 incluye una cámara presurizada 116 y una pluralidad de ensamblaje de canales alojados en la cámara presurizada como se describe anteriormente. Un conjunto de orificios de salida de la cámara presurizada 118a, 118b, etc, se sitúan en la pared terminal 119 de la cámara presurizada 116. Por cada uno de los orificios de salida de la cámara presurizada se emite un chorro formado por el primer fluido y el segundo fluido. En algunas realizaciones, se pueden emitir materiales diferentes por orificios diferentes de un dispositivo sencillo. En otras realizaciones, cada chorro tiene la misma composición.

En otras realizaciones, el aparato 100 incluye un conjunto de cámaras de presurización independientes en las que cada cámara presurizada tiene su propio ensamblaje de canales, de forma que el flujo de gas en cada cámara presurizada solo influye directamente en el chorro de un ensamblaje de canales.

- 5 Así, aunque se han descrito realizaciones específicas de la presente invención relativas a métodos y dispositivos nuevos y útiles de encapsulación capilar concéntrica, no se pretende que estas referencias se consideren limitaciones del alcance de la invención más allá de lo que se describe en las Reivindicaciones siguientes.

**REIVINDICACIONES**

1. Método de producción de gotas encapsuladas caracterizado porque incluye los siguientes pasos:

5 (a) proporcionar un aparato de microencapsulación que incluye un primer canal con una apertura de salida del primer canal, un segundo canal con una apertura de salida del segundo canal dispuesta concéntricamente alrededor de la apertura de salida del primer canal, y una cámara presurizada rodeando al menos parcialmente las aperturas de salida del primer canal y el segundo canal, donde la cámara presurizada incluye un orificio de salida de la cámara presurizada a continuación de las aperturas de salida del primer canal y el segundo canal;

10 (b) identificar un primer grupo de parámetros de control asociados con regímenes de flujo indeseable en las regiones:

(i)  $Re_2We_1^{1/4} < 1.2$ , o

(ii)  $Re_1^2Re_2 < 10$  y  $Re_2We_2 < 3$ , o

(iii)  $Re_2We_1/We_2 < 1$ ;

15 (c) seleccionar las variables de control basadas al menos en parte en el grupo de variables de control identificado en el paso (b);

(d) introducir un primer material en el primer canal, un segundo material en el segundo canal, y un tercer material en la cámara presurizada de forma que los materiales primero y segundo formen un microchorro que se alargue hacia el orificio de salida de la cámara presurizada; y

20

(e) formar una pluralidad de gotas microencapsuladas del primer material rodeado por el segundo material cuando el tercer material sale por el orificio de salida de la cámara presurizada.

2. Método según la Reivindicación 1, caracterizado porque el tercer material incluye un gas.

25

3. Método según la Reivindicación 2, caracterizado porque el primer material incluye un líquido.
4. Método según la Reivindicación 3, caracterizado porque el segundo material incluye un líquido.
- 5 5. Método según la Reivindicación 1, caracterizado porque el primer material incluye un sólido.
6. Método según la Reivindicación 5, caracterizado porque el segundo material incluye un líquido.
7. Método según la Reivindicación 1, caracterizado porque la apertura de salida del primer canal está axialmente separada de la apertura de salida del segundo canal en dirección axial hacia el orificio de salida de la cámara presurizada.
- 10 8. Método según la Reivindicación 1, caracterizado porque la apertura de salida del primer canal está axialmente separada de la apertura de salida del segundo canal en la dirección axial alejándose del orificio de salida de la cámara presurizada.
- 15 9. Método de producción de gotas encapsuladas caracterizado porque incluye los siguientes pasos:
- (a) proporcionar un aparato de microencapsulación que incluye un primer canal con una apertura de salida del primer canal, un segundo canal con una apertura de salida del segundo canal dispuesta concéntricamente alrededor de la apertura de salida del primer canal, y una cámara presurizada rodeando al menos parcialmente las aperturas de salida del primer canal y el segundo canal, donde la cámara presurizada incluye un orificio de salida de la cámara presurizada a continuación de las aperturas de salida del primer y segundo canal;
- 20 (b) identificar un primer grupo de parámetros de control asociados con regímenes de flujo deseable fuera de las regiones:
- 25 (i)  $Re_2 We_1^{1/4} < 1.2$ , y
- (ii)  $Re_1^2 Re_2 < 10$  o  $Re_2 We_2 < 3$ , y
- (iii)  $Re_2 We_1 / We_2 < 1$ ;

(c) seleccionar las variables de control basadas al menos en parte en el grupo de variables de control identificado en el paso (b);

(d) introducir un primer material en el primer canal, un segundo material en el segundo canal, y un tercer material en la cámara presurizada de forma que los materiales primero y segundo formen un microchorro que se alargue hacia el orificio de salida de la cámara presurizada; y

(e) formar una pluralidad de gotas microencapsuladas del primer material rodeado por el segundo material cuando el tercer material sale por el orificio de salida de la cámara presurizada.

10 10. Método según la Reivindicación 9, caracterizado porque el tercer material incluye un gas.

11. Método según la Reivindicación 10, caracterizado porque el primer material incluye un líquido.

15 12. Método según la Reivindicación 11, caracterizado porque el segundo material incluye un líquido.

13. Método según la Reivindicación 9, caracterizado porque el primer material incluye un sólido.

20 14. Método según la Reivindicación 9, caracterizado porque la apertura de salida del primer canal está axialmente separada de la apertura de salida del segundo canal en dirección axial hacia el orificio de salida de la cámara presurizada.

15. Método según la Reivindicación 9, caracterizado porque la apertura de salida del primer canal está axialmente separada de la apertura de salida del segundo canal en la dirección axial alejándose del orificio de salida de la cámara presurizada.

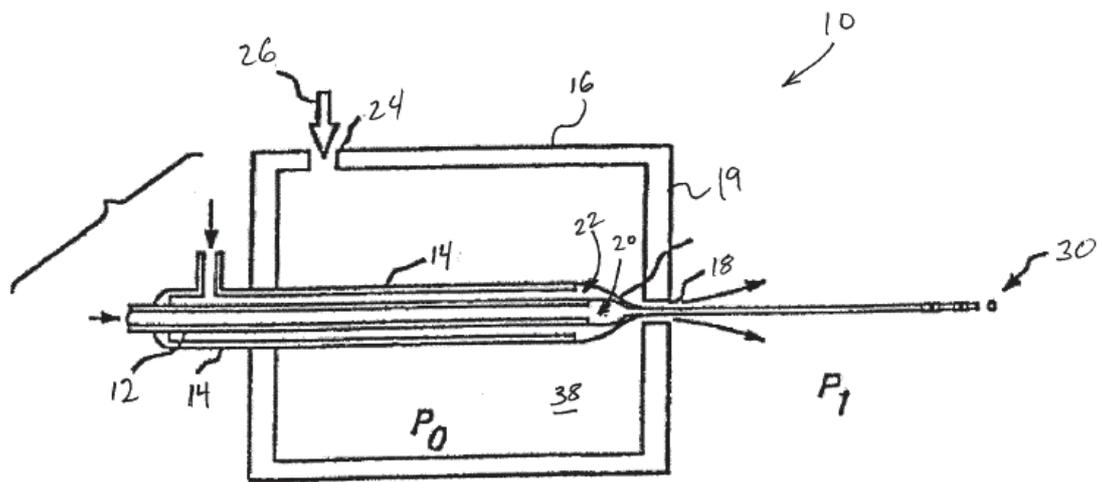


FIG. 1

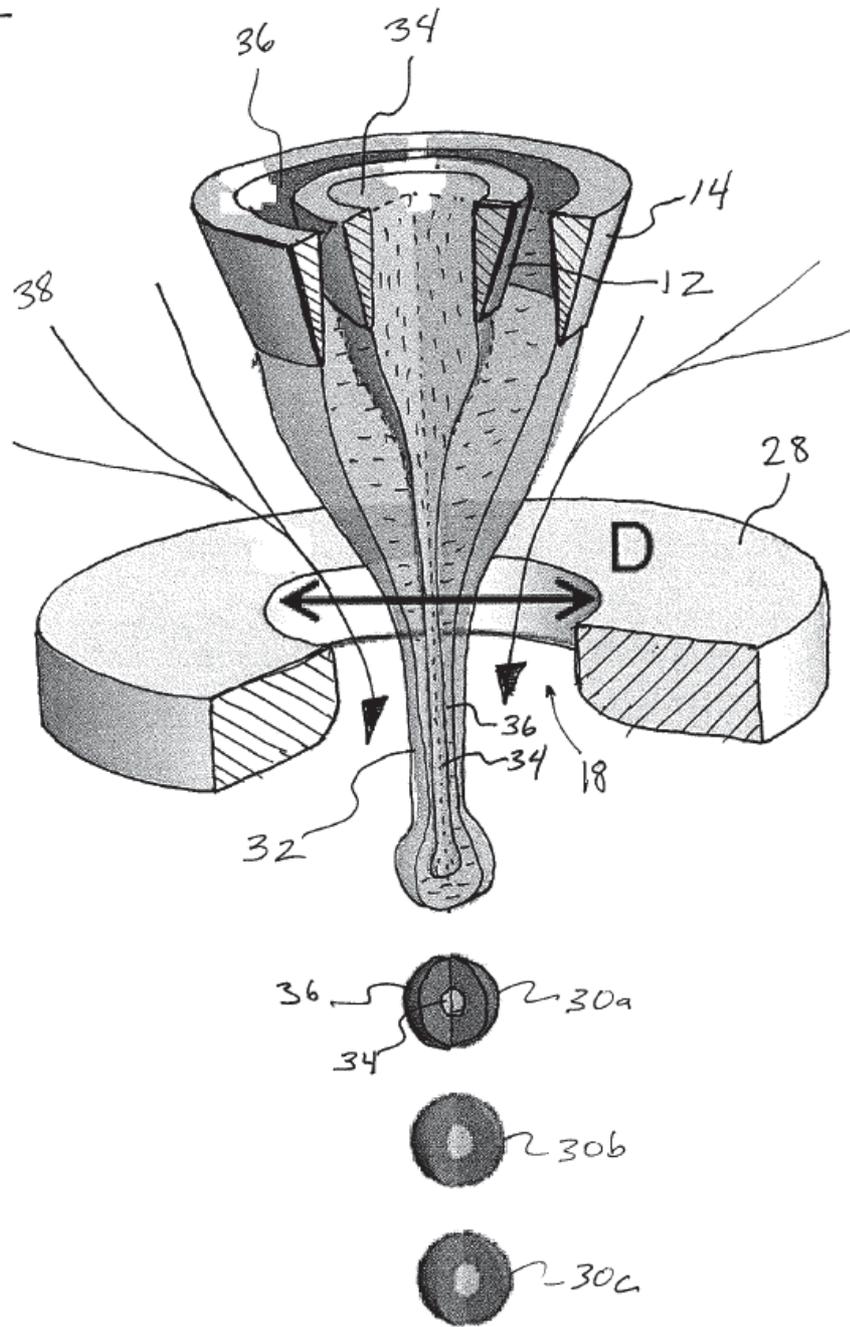
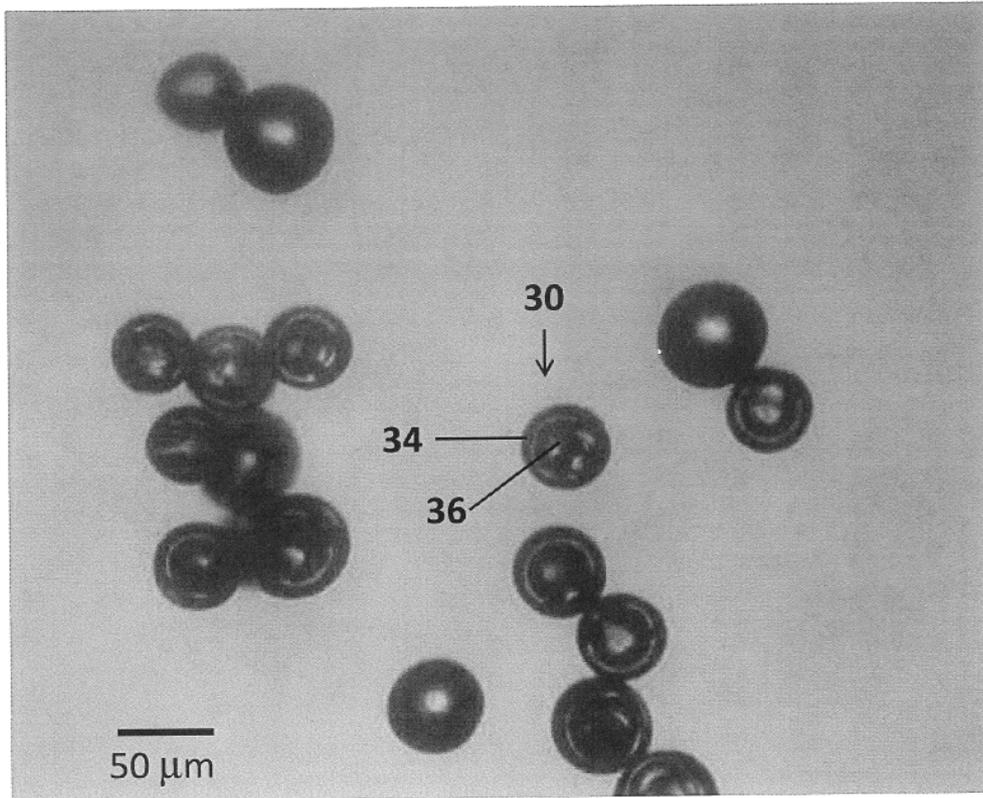


FIG. 2

**EXPERIMENTO I**



**FIG. 3**

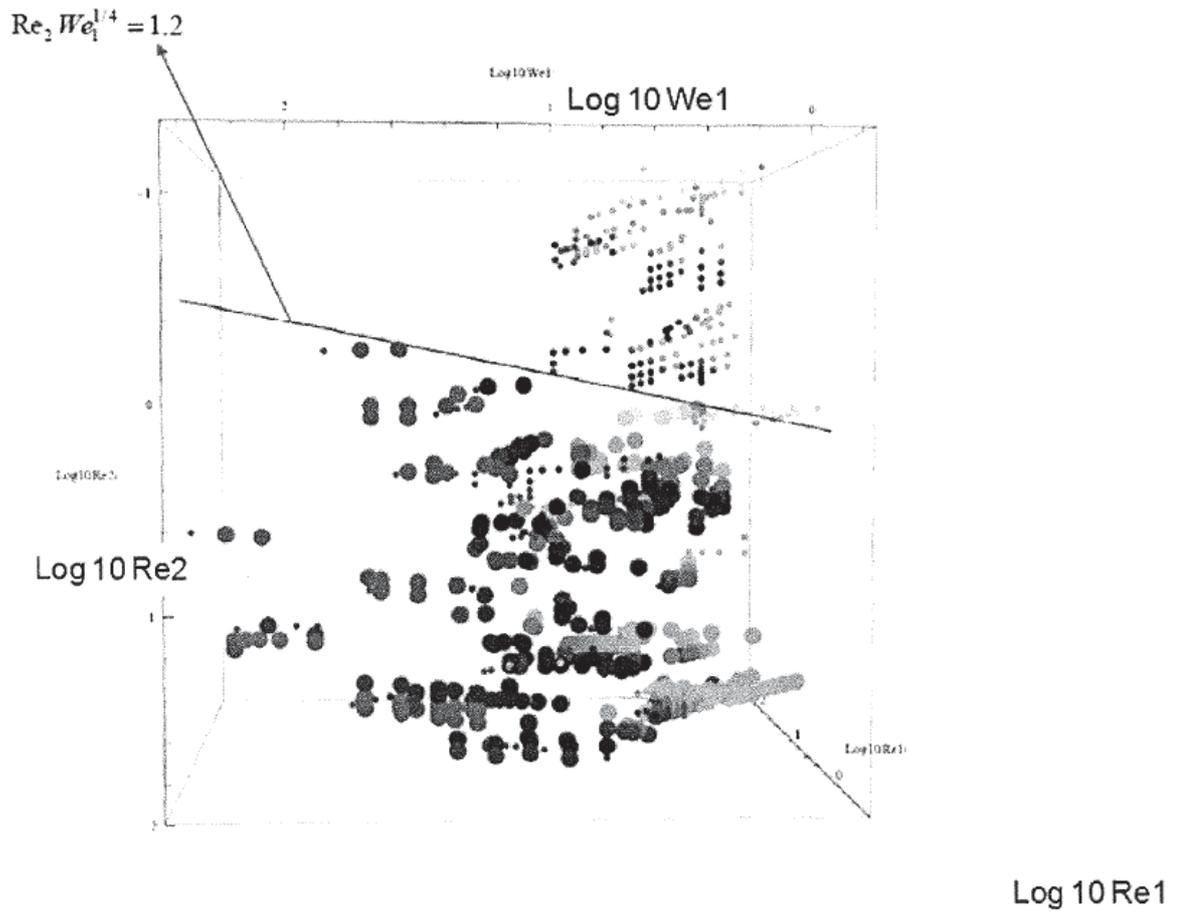


FIG. 4

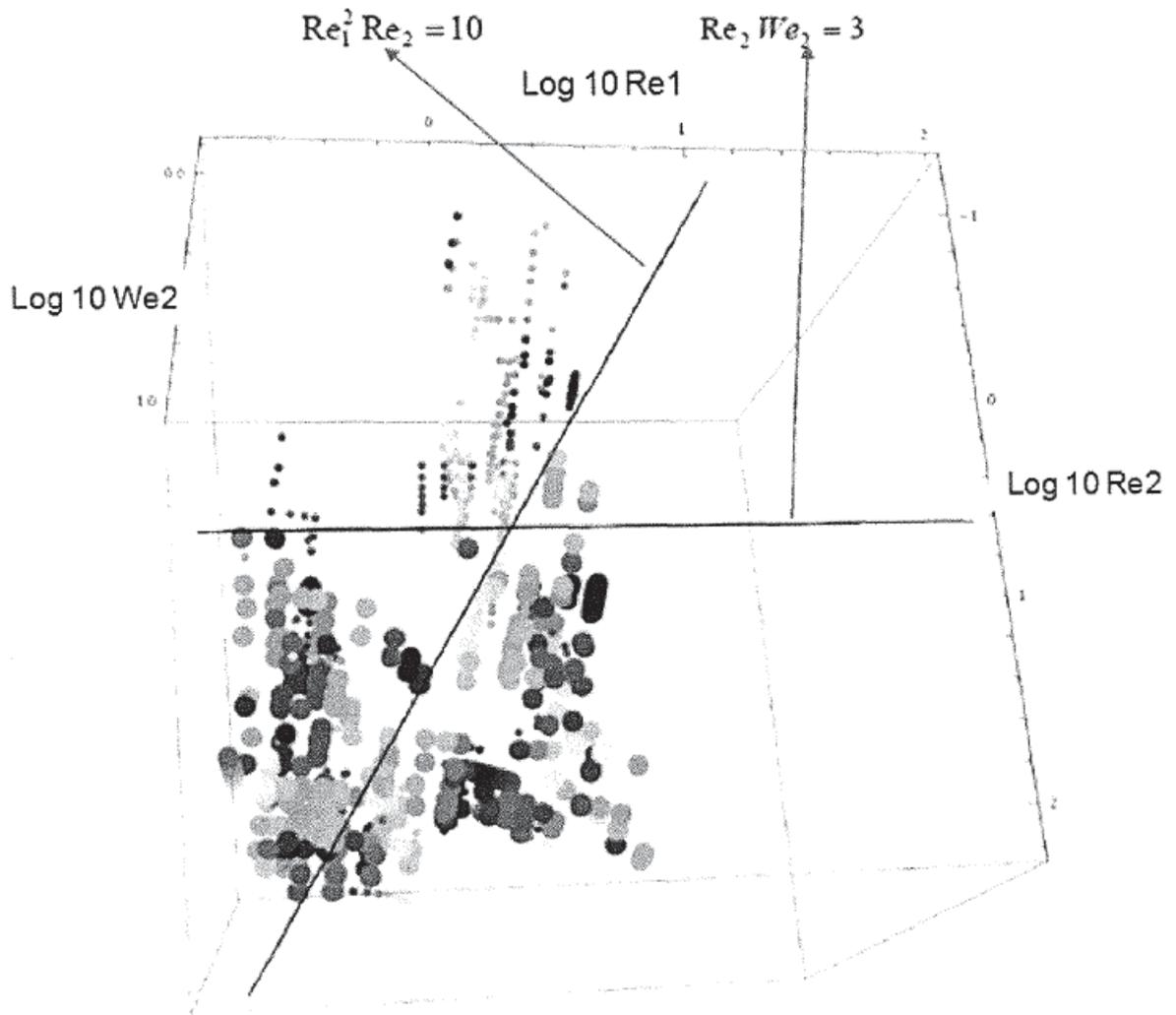


FIG. 5

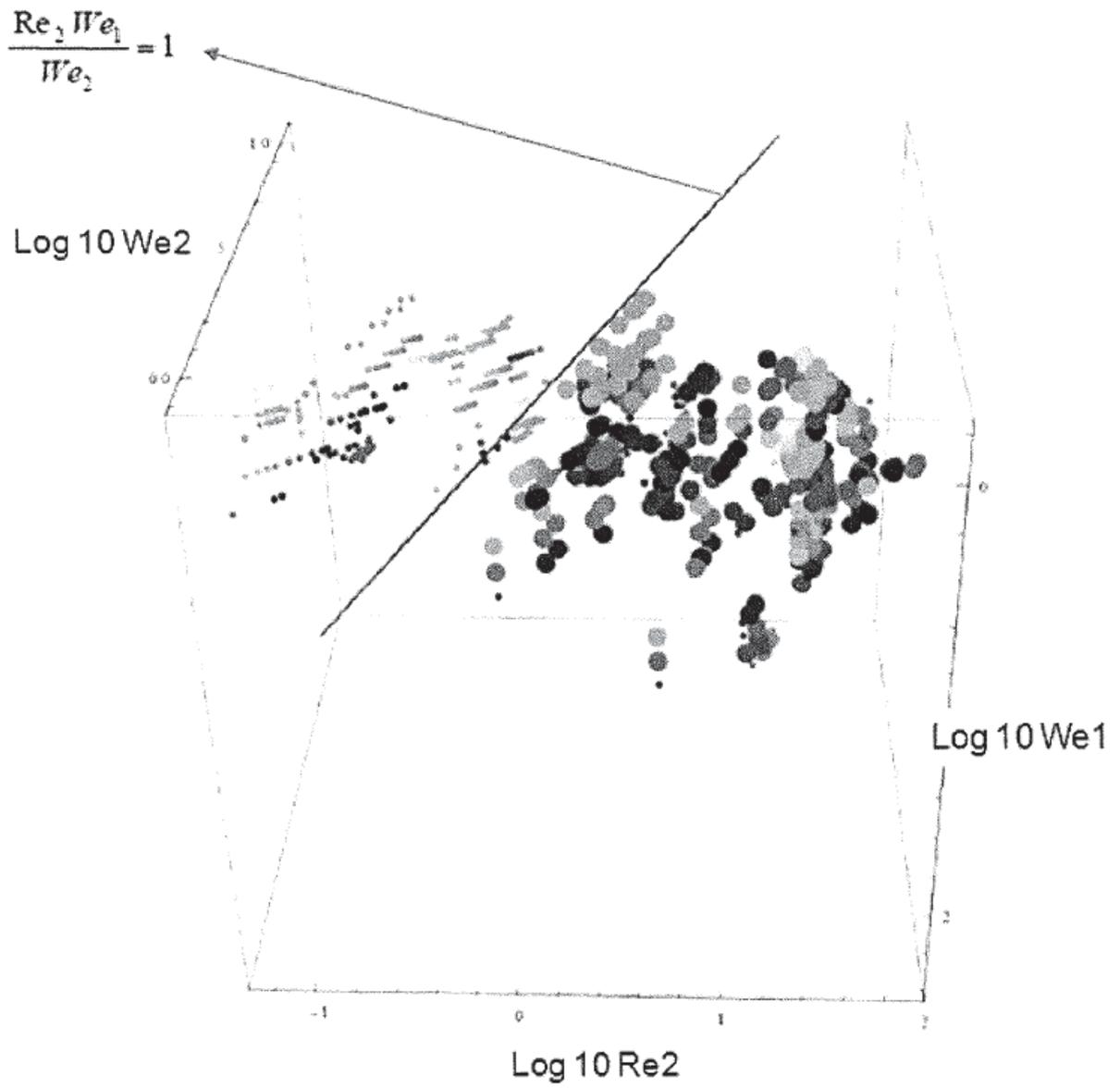


FIG. 6

Ejemplo	Solución Interna	Qint (mL/h)	Solución Externa	Qext (mL/h)	P (mbar)	Re <sub>2</sub> We <sub>1</sub> <sup>1/4</sup>	Re <sub>1</sub> <sup>2</sup> Re <sub>2</sub>	Re <sub>2</sub> We <sub>2</sub>	Re <sub>2</sub> We <sub>1</sub> /We <sub>2</sub>	VMD (um)	GSD
A	Aceite Esencial	0,25	CG Iotta 0,25%+ Algogel 1,25% + MC 0,5%	2	100	0,08	0,74	0,14	0,13	67,9	1,4
C	Aceite Esencial	0,03	CG Iotta 0,25%+ Algogel 0,75% + MC 0,5%	4	70	1,24	1,53	2,90	0,67	61,6	1,6
D	Aceite Esencial	0,1	CG Iotta 0,25%+ Algogel 0,75% + MC 0,5%	4	70	1,45	5,16	2,95	1,22	73,9	1,5
E	Aceite Esencial	0,25	CG Iotta 0,25%+ Algogel 1,25% + MC 0,5%	50	100	0,40	3,49	3,10	0,13	184,5	2,3
F	Aceite Esencial	0,25	GC Iotta 0,25%+ Algogel 0,75%+ MC0,5%+Aerosil 2,5%	50	90	1,40	11,33	9,79	0,53	77,6	1,8
G	Aceite Esencial	0,25	GC Iotta 0,25%+ Algogel 0,75%+ MC 0,5%	30	70	4,43	35,02	21,77	1,93	117,5	1,25
H	Aceite Esencial	0,25	GC Iotta 0,25%+ Algogel 0,75%+ MC 0,5%	5	50	1,59	11,34	2,70	1,78	104,5	1,23
I	Aceite alto contenido omega 3	1	SUR15% HPMC 0,1%	30	70	22,21	1,08	98,67	40,25	88,7	1,24

FIG. 7

### EXPERIMENTO I

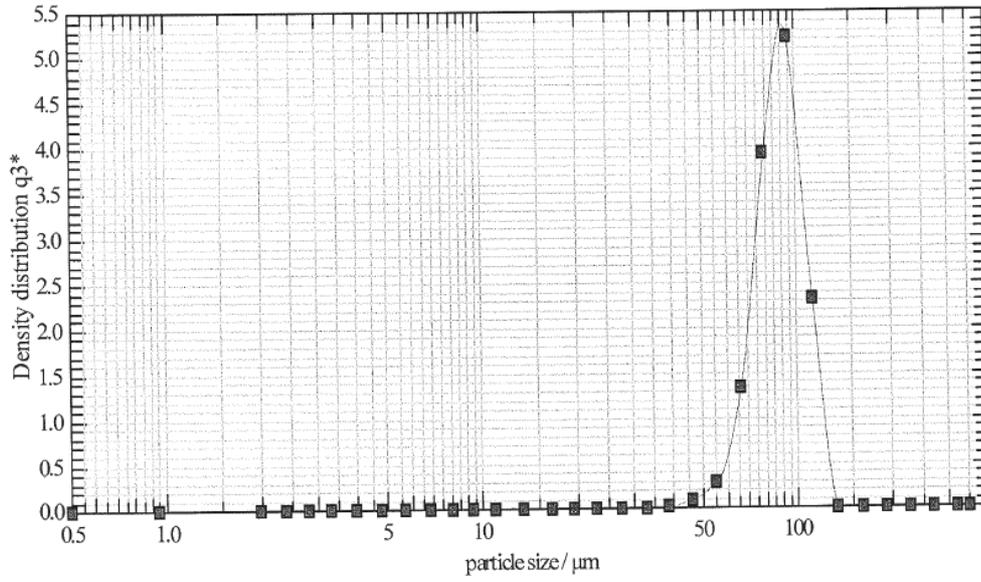


FIG. 8

### EXPERIMENTO D

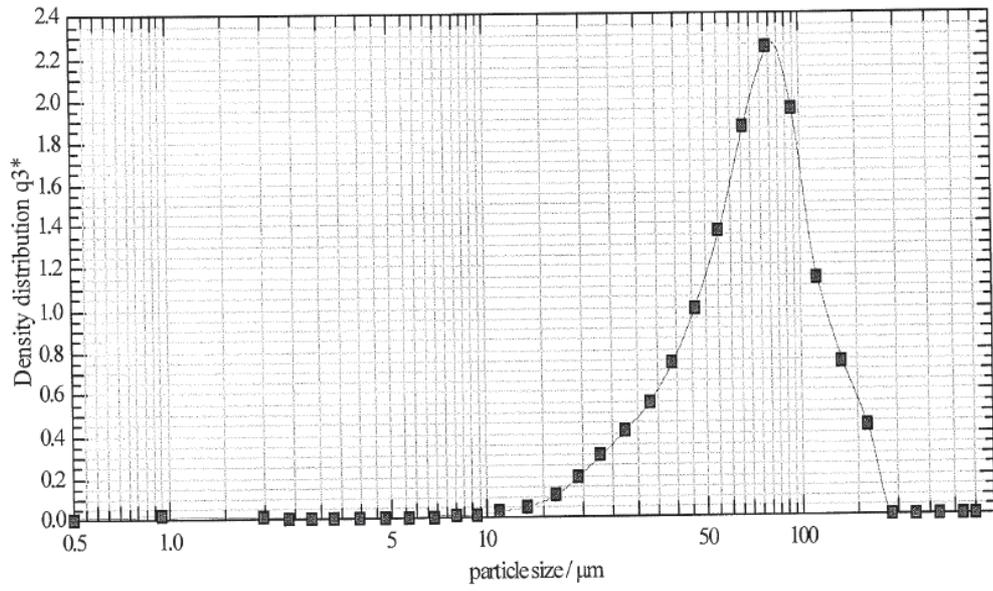
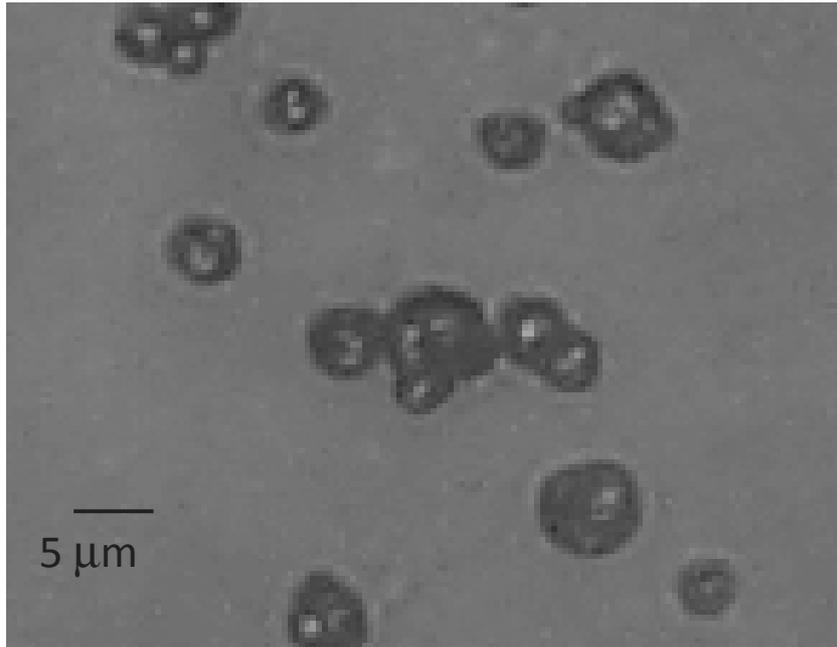


FIG. 9

Región	Rotura de gotas concéntrica	Ejemplo
$Re_2We_1^{0.25} < 1.2$	No-homogéneo	A, E
$Re_1^2Re_2 < 10$ y $Re_2We_2 < 3$	No-homogéneo	A, C, D
$Re_2We_1/We_2 < 1$	No-homogéneo	F
$Re_2We_1^{0.25} > 1.2$ y $Re_1^2Re_2 > 10$ $Re_2We_2 > 3$ y $Re_2We_1/We_2 > 1$	Principalmente homogéneo	G
$Re_2We_1^{0.25} > 1.2$ y $Re_1^2Re_2 > 10$ $Re_2We_2 < 3$ y $Re_2We_1/We_2 > 1$	Principalmente homogéneo	H
$Re_2We_1^{0.25} > 1.2$ y $Re_1^2Re_2 < 10$ $Re_2We_2 > 3$ y $Re_2We_1/We_2 > 1$	Principalmente homogéneo	I

FIG. 10

**EXPERIMENTO G**



**FIG. 11**

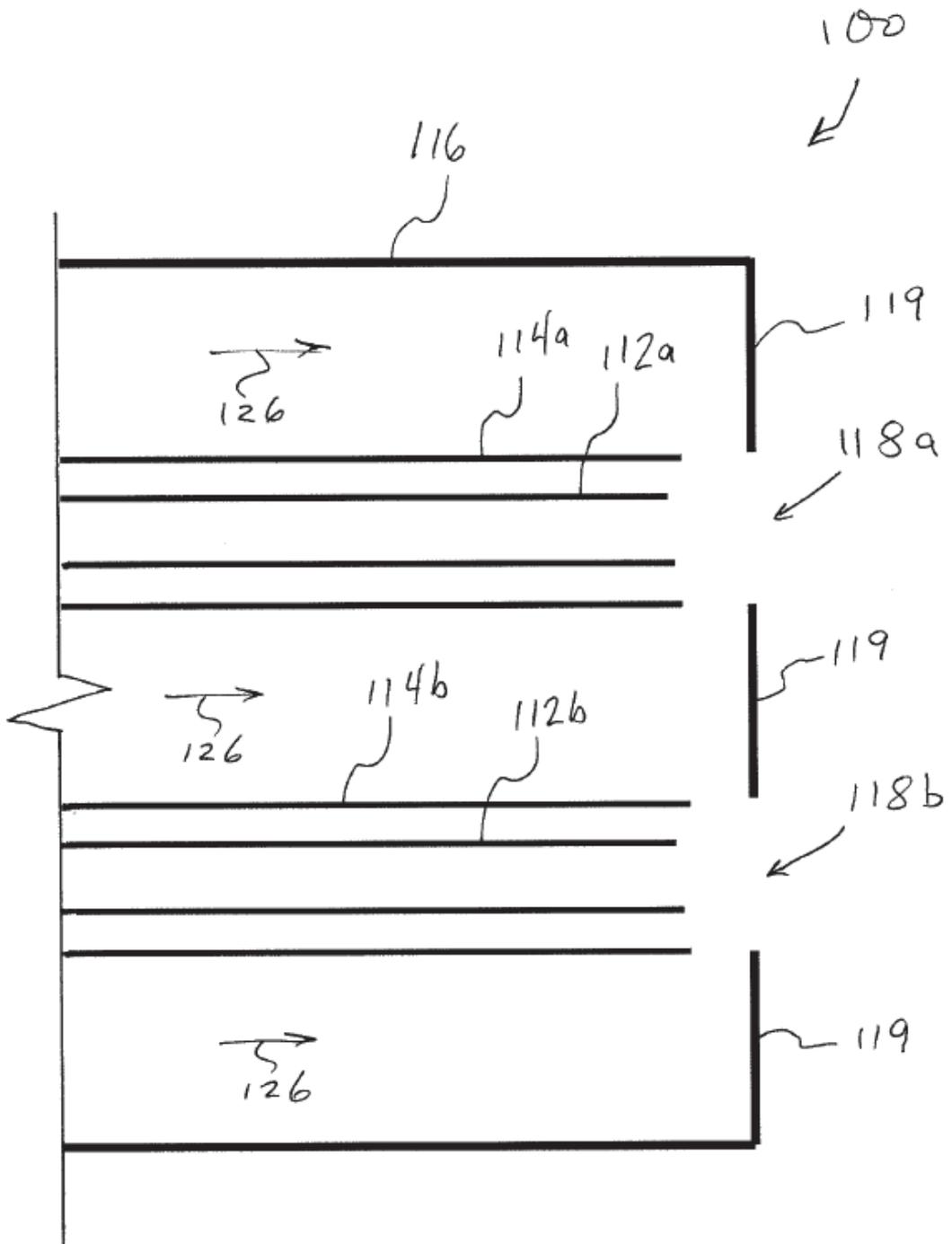


FIG. 12

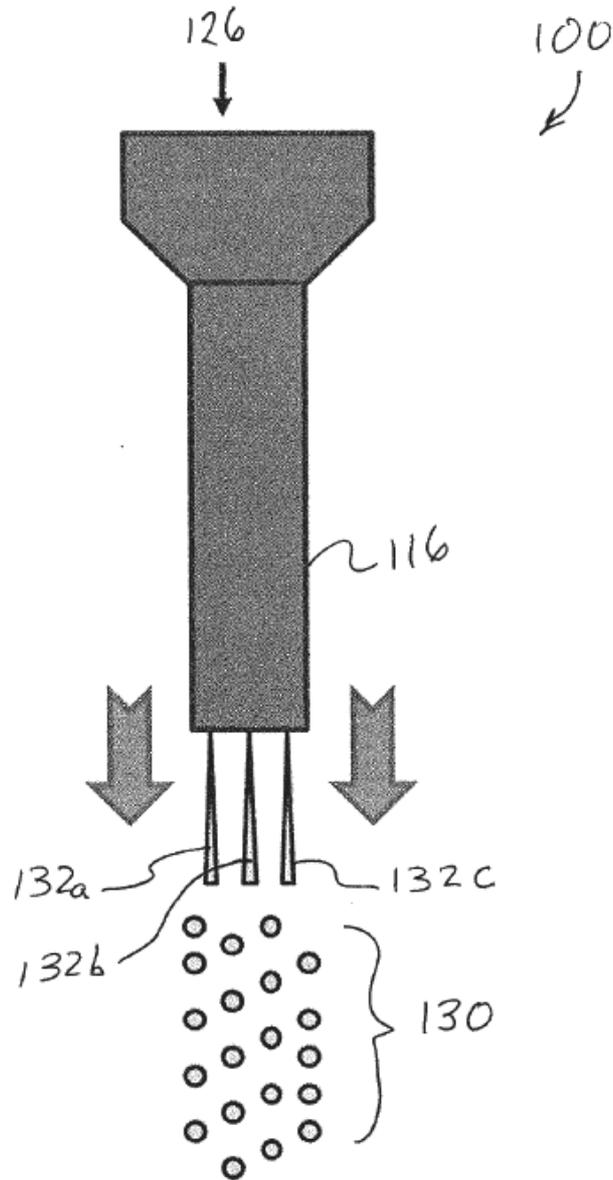


FIG. 13

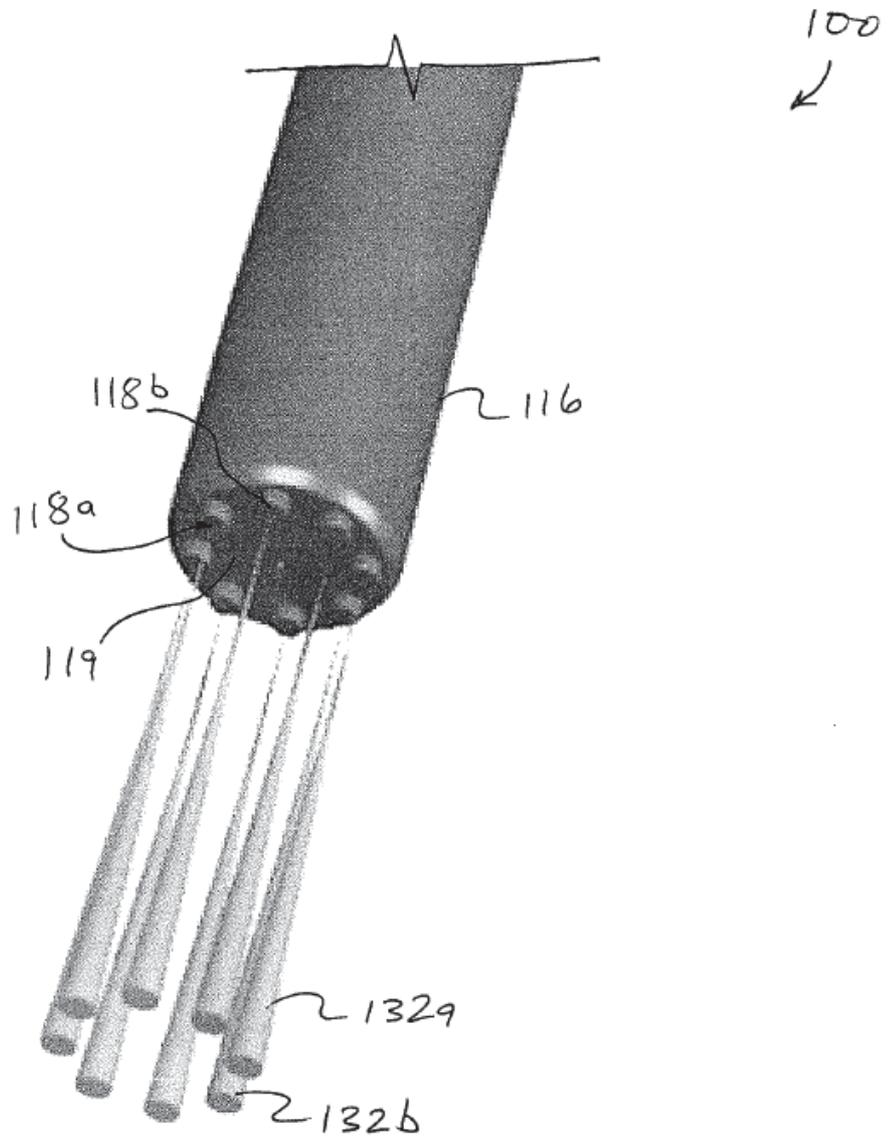


FIG. 14



- ②<sup>1</sup> N.º solicitud: 201531376  
②<sup>2</sup> Fecha de presentación de la solicitud: 28.09.2015  
③<sup>2</sup> Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤<sup>1</sup> Int. Cl.: **B05B7/06** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤ <sup>6</sup> Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	WO 9930832 A1 (UNIV SEVILLA et al.) 24.06.1999, página 19, línea 15 – página 25, línea 2; figura 2.	1-15
A	US 6248378 B1 (GANAN-CALVO ALFONSO) 19.06.2001, columna 18, línea 13 – columna 22, línea 30; figura 2.	1-15
A	EP 1424346 A1 (MITSUBISHI CHEM CORP) 02.06.2004, reivindicaciones.	1,9

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
18.02.2016

Examinador  
R. E. Reyes Lizcano

Página  
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B05B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 18.02.2016

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-15	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-15	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	WO 9930832 A1 (UNIV SEVILLA et al.)	24.06.1999

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

En relación a las reivindicaciones independientes 1 y 9, el documento D01 (ver página 19, línea 15 a página 25, línea 2; figura 2) divulga un método de producción de gotas encapsuladas (27) que incluye los siguientes pasos:

- proporcionar un aparato de microencapsulación que incluye un primer canal (31) con una apertura de salida del primer canal, un segundo canal (32) con una apertura de salida del segundo canal (25) dispuesta concéntricamente alrededor de la apertura de salida del primer canal, y una cámara presurizada (23) rodeando al menos parcialmente las aperturas de salida del primer canal y el segundo canal, donde la cámara presurizada incluye un orificio de salida de la cámara presurizada (26) a continuación de las aperturas de salida del primer canal y el segundo canal;
- introducir un primer material (28) en el primer canal, un segundo material (29) en el segundo canal, y un tercer material (30) en la cámara presurizada de forma que los materiales primero y segundo formen un microchorro que se alargue hacia el orificio de salida de la cámara presurizada; y
- formar una pluralidad de gotas microencapsuladas del primer material rodeado por el segundo material cuando el tercer material sale por el orificio de salida de la cámara presurizada.

La diferencia entre las reivindicaciones 1 y 9 y el documento D01 es que D01 no divulga que el método de producción de gotas encapsuladas incluya además los pasos de:

- identificar (reivindicación 1) un primer grupo de parámetros de control asociados con regímenes de flujo indeseable en las regiones:

- (i)  $Re_2We_1^{1/4} < 1.2$ , o
- (ii)  $Re_1^2Re_2 < 10$  y  $Re_2We_2 < 3$ , o
- (iii)  $Re_2We_1/We_2 < 1$ ;

o identificar (reivindicación 9) un primer grupo de parámetros de control asociados con regímenes de flujo deseable fuera de las regiones:

- (i)  $Re_2We_1^{1/4} < 1.2$ , o
- (ii)  $Re_1^2Re_2 < 10$  y  $Re_2We_2 < 3$ , o
- (iii)  $Re_2We_1/We_2 < 1$ ;

- seleccionar las variables de control basadas al menos en parte en el grupo de variables de control identificado en el paso anterior.

El efecto técnico de esta diferencia es que se consigue mejorar la producción de gotas encapsuladas al identificar las relaciones entre parámetros de control que dan lugar a la producción de gotas encapsuladas con características indeseables.

El problema técnico objetivo que resuelve la invención podría definirse como "mejorar la producción de gotas encapsuladas para que no se obtengan gotas encapsuladas con características indeseables".

En este sentido, no se ha encontrado ningún documento que divulgue las etapas diferentes de las reivindicaciones 1 y 9, y se considera que dichas etapas no serían evidentes para un experto en la materia.

Por lo tanto, la reivindicación independiente 1, y sus dependientes 2 a 8, y la reivindicación independiente 9, y sus dependientes 10 a 15, cumplen los requisitos de novedad y actividad inventiva a la vista del estado de la técnica conocido según los art. 6.1 y 8.1 LP.