



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 279 888**

(51) Int. Cl.:

**B05B 1/08** (2006.01)

**B05B 3/04** (2006.01)

**B05B 7/10** (2006.01)

**A62C 31/00** (2006.01)

**A62C 5/00** (2006.01)

**A62C 39/00** (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **02773491 .2**

(86) Fecha de presentación : **19.09.2002**

(87) Número de publicación de la solicitud: **1436090**

(87) Fecha de publicación de la solicitud: **14.07.2004**

(54) Título: **Método y dispositivo para la producción, extracción y entrega de niebla de gotitas ultrafinas.**

(30) Prioridad: **19.09.2001 US 323399 P**  
**20.03.2002 US 365870 P**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.09.2007**

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.09.2007**

(73) Titular/es: **Kayyani C. Adiga**  
**4999 Oxford Road**  
**Macon, Georgia 31210, US**  
**Rajani Adiga y**  
**Robert F. Jr. Hatcher**

(72) Inventor/es: **Adiga, Kayyani C.;**  
**Adiga, Rajani y**  
**Hatcher, Robert F., Jr.**

(74) Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

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

Método y dispositivo para la producción, extracción y entrega de niebla de gotitas ultrafinas.

## 5 Antecedentes del invento

## 1. Campo del invento

10 El presente invento se refiere a la creación, extracción y entrega, con elevado rendimiento, de niebla muy fina para humidificación, extinción de incendios, atenuación de explosiones u otras aplicaciones químicas. En particular, el invento se refiere a la generación de una niebla formada por gotitas muy finas a la presión ambiente a partir de un depósito de agua o de líquido y, luego, formar de manera eficiente un aerosol con gotitas muy finas a partir de la niebla haciendo uso, para su entrega, de un comportamiento en forma de flujo vortical o en hélice, con un rendimiento suficientemente alto para su aplicación efectiva.

## 15 2. Descripción de la técnica anterior

Previamente, se han utilizado dispositivos transductores ultrasónicos en unidades generadoras de niebla a pequeña escala, para generar nieblas en el entorno doméstico tal como en inhaladores de uso médico y en fuentes decorativas en aplicaciones de interior o de exterior. Estas unidades generadoras de niebla a pequeña escala producirían de 5-10 ml/min de líquidos. Debido a la demanda, en los últimos años, de generadores de niebla de elevado rendimiento, se han introducido mejoras significativas en aplicaciones de humidificación creando sistemas con agrupaciones de transductores piezoeléctricos, dispuestos linealmente, para multiplicar el rendimiento total.

25 Sin embargo, las nieblas generadas a partir de estas unidades anteriores de elevado rendimiento comprenden, en general, gotitas pequeñas y mayores, en su mayoría con un tamaño de más de varias micras, debido a los métodos utilizados en la extracción y el transporte de la niebla formada en la unidad generadora de niebla. Por ejemplo, los diseños de humidificadores de alto rendimiento existentes emplean uno o más ventiladores para impulsar directamente la niebla hacia arriba, fuera del recipiente, desde detrás de los transductores. En estos diseños en los que la niebla es impulsada fuera de la cámara de formación de la misma por un ventilador, grandes gotas caerán de la niebla, de nuevo, al depósito de líquido. Sin embargo, la corriente de aire directa que incide sobre la fuente de agua, en estos humidificadores, hace que la niebla que sale de ellos contenga grandes proporciones de gotitas de agua más gruesas en el centro de la fuente de la niebla. Estos sistemas basados en la incidencia de un flujo de aire transportan una cantidad significativa de humedad debido a las corrientes de convección forzadas. Así, la niebla final todavía contiene 35 gotitas más gruesas. Además, el tiempo de residencia de la niebla y el portador en la cámara de formación de niebla, es demasiado corto y no favorece la formación de un aerosol estable.

Las patentes norteamericanas números 5.300.260 y 5.922.247 ofrecen ejemplos de la tecnología actual en cuanto a diseños de humidificadores de alto rendimiento existentes. La patente norteamericana 5.300.280 de Keshet y colaboradores utiliza múltiples unidades transductoras dispuestas en una geometría circular para conseguir un rendimiento superior. En la patente de Keshet se hace pasar aire por un tubo central y el flujo de aire es desviado por un sombrerete en forma de cúpula de vuelta a la cámara de niebla o al depósito. El flujo de aire incide directamente sobre la región de formación de la niebla, toma niebla y la transporta hacia arriba. No se prevé ningún dispositivo de separación especial para separar las gotitas de niebla más gruesas que no son lo bastante grandes para caer de vuelta a la fuente. En otra 45 realización, se hace pasar aire por tubos que rodean transductores individuales. Este aire lleva la niebla hacia arriba. El dispositivo tampoco tiene medios para conseguir una formación óptima del aerosol ni la separación de gotitas más gruesas, y el flujo de aire que incide directamente desde arriba en la región de formación de la niebla afectaría negativamente a la formación óptima del aerosol y a la separación.

50 La patente norteamericana núm. 5.922.247, de Shoham y colaboradores utiliza agrupaciones de múltiples transductores para conseguir un rendimiento incrementado de formación de niebla y una corriente de aire a gran velocidad para, primero, empujar la niebla desde la cámara de producción a una cámara común. Shoham menciona brevemente el tratamiento ulterior de la niebla impulsada fuera de la cámara de formación de niebla por convección forzada haciendo uso de aire a gran velocidad y empleando luego, también, aire a gran velocidad para producir una acción ciclónica, y separa las gotitas mayores aprovechando el efecto de separación inercial. El chorro de aire a alta velocidad que 55 incide sobre los lados de la cámara cónica aplastaría o vaporizaría las gotitas de niebla y la separación inercial a elevada velocidad tendría como consecuencia una acción de cizalladura de la superficie de condensación o vaporización. Así, el transporte y ulterior tratamiento de la niebla provocaría una pérdida significativa de niebla por coalescencia y condensación para formar líquidos.

60 Como resultado, estas nieblas creadas mediante los generadores de niebla anteriores tienen muchos inconvenientes que resultan desventajosos en aplicaciones de humidificación y de otros tipos. Además, el rendimiento máximo de que se tiene conocimiento que se consigue alcanzar por los métodos anteriores, ha estado limitado a unos 0,25 litros por minuto (Lpm) y ello empleando aparatos generadores con un tamaño y un coste inaceptablemente grandes.

65 Los inconvenientes que conlleva la existencia de gotitas de niebla mayores de varias micras (denominadas, en lo que sigue, gotitas grandes) incluyen que las gotitas se colapsan fácilmente por coalescencia y escurren para formar líquidos sin alcanzar los espacios o los puntos que constituían los objetivos proyectados. Estas gotitas grandes se ven

obstaculizadas por objetos físicos y se condensan y escurren y, así, no se comportan como un gas al fluir, lo que hace que las grietas y hendiduras, así como otras zonas, no se vean afectadas por la niebla. El goteo y la condensación hacen que la cantidad de líquido necesaria en las aplicaciones sea muy grande, lo que también lleva a que las zonas tratadas queden húmedas debido al líquido depositado, provocando daños colaterales en la zona tratada.

En aplicaciones específicas tales como humidificación, extinción de incendios y atenuación de explosiones, la rápida vaporización de gotitas extremadamente pequeñas es una propiedad importante para conseguir un proceso de enfriamiento eficiente. Según estudios recientes, los inventores han observado que en el caso de gotitas con diámetros inferiores a una micra, que entran en la escala nanométrica, las moléculas de cada gotita tienden a migrar hacia la superficie de la gotita, haciendo que ésta sea muy reactiva para diversas aplicaciones. Así, se ha descubierto la necesidad de conseguir de manera eficaz la formación de un aerosol, la extracción, la separación y la entrega de niebla a partir de la cámara que constituye la fuente de niebla, a consecuencia de lo cual la niebla entregada esté formada por gotitas extremadamente pequeñas.

## Sumario del invento

El invento proporciona un método y un aparato para producir, formar como aerosol y entregar una niebla constituida por una gran parte de gotitas muy finas, de aproximadamente una a cinco micras o menores. Gracias al invento se logran ventajas en la generación de nieblas muy estables constituidas por gotitas de niebla de diámetro inferior a una micra, en su mayoría, a escala fina, así como en la generación de nieblas constituidas por una variedad de gotitas de niebla de mayor escala, al tiempo que se consiguen ventajas en cuanto a eficacia y rendimiento. La niebla se genera a la presión ambiente empleando transductores ultrasónicos eléctricos para convertir una entrada de frecuencia eléctrica en vibraciones ultrasónicas mecánicas. El rendimiento de la formación de niebla es escalable haciendo variar la frecuencia y el área de la superficie del oscilador y empleando un sistema de transductores de canales múltiples. Los dispositivos de entrega pueden diseñarse para aplicación manual en áreas pequeñas, para aplicaciones a escala media adecuadas para dispositivos diseñados para ser transportados a modo de mochilas o para aplicaciones a gran escala destinadas a recintos o edificios enteros.

La calidad de la niebla se mantiene utilizando una frecuencia suficiente y condiciones para generar un penacho de niebla que contenga gran número de gotitas muy pequeñas, en la escala de tamaños comprendida entre inferiores a una micra y hasta varias micras, concentradas en torno a las partes exteriores de la pluma. El invento permite, principalmente, que las gotitas extremadamente pequeñas sean extraídas del penacho mediante el uso de un suave flujo helicoidal o vortical de gas portador en cada plano, comenzando en la superficie del líquido donde se forman las gotitas. El suave flujo vortical de aire facilita la extracción o captación, *in situ*, de la niebla fina de la cámara de generación y la formación de una niebla en aerosol que resulta ser muy estable. La extracción *in situ* de la niebla fina sólo se diferencia de la separación inercial porque se hace pasar la niebla a una cámara de separación.

En este caso, el flujo vortical da lugar a una velocidad axial (velocidad de componente vertical) relativamente débil, al tiempo que mantiene una velocidad con una componente tangencial o circunferencial adecuada. Así, el flujo de gas portador crea, generalmente, una velocidad a modo de ondas helicoidales, como se muestra en las figuras. El flujo de portador preferido no deforma la producción de gotitas por ondas capilares que, generalmente, va acompañada por picos de 2,54-15,24 cm (1-6 pulgadas) de altura que expulsan grandes gotitas de la fuente.

El gas portador se aplica tangencialmente a la columna de extracción, con el fin de que el flujo vortical levante o arrastre sólo las gotitas más pequeñas sin interrumpir de modo significativo la parte central de la columna de la fuente. Las gotitas más grandes de la fuente quedan en el centro del penacho para caer de nuevo en el depósito de soluciones como una fuente de líquido o de agua. La fuente funciona más eficazmente para producir gotitas muy pequeñas debido a la perturbación mínima que afecta a la parte central de la fuente, y el suave flujo vortical levanta, refleja o transporta lentamente la niebla fina hacia una salida situada adecuadamente. En una realización, la niebla fina es levantada lentamente en forma de onda helicoidal y sale por una salida situada en la parte superior del recipiente.

Puede considerarse que las gotitas más pequeñas arrastradas forman un aerosol, proporcionándose un tiempo de residencia suficiente para que la niebla de gotitas finas se haga muy estable antes de la descarga y la entrega. Se ha encontrado que la formación del aerosol, la extracción y la aplicación de gotitas en el margen de tamaños de desde 0,05 micras a 10 micras, resulta muy eficaz en aplicaciones tales como humidificación, extinción de incendios, atenuación de explosiones, esterilización y saneamiento.

Pueden preverse diversas configuraciones del dispositivo para lograr los objetivos del invento. El mecanismo de formación del flujo vortical en la cámara de generación de niebla, que da como resultado una estructura de flujo helicoidal, puede conseguirse por otros medios sin utilizar una entrada tangencial para introducir dicho flujo. Para crear tales flujos e introducirlos en la cámara generadora de niebla, pueden utilizarse generadores de vórtice basados en múltiples paletas y generadores de vórtices o torbellinos comercialmente disponibles.

Con respecto a la salida de la niebla de aerosol, pueden resultar adecuadas diversas configuraciones. Por ejemplo, una salida puede estar orientada tangencialmente a la columna de la fuente en las partes superior o inferior del recipiente. Alternativamente, una salida podría estar situada en la parte superior del recipiente extractor, o un tubo localizador de vórtices podría estar situado centralmente en el recipiente generador de niebla para descargar hacia arriba la fina

niebla de aerosol. Además, la salida podría estar conectada a un miembro de diámetro cónicamente convergente para ayudar a concentrar la niebla en forma de aerosol para su entrega.

En otros ejemplos de configuraciones alternativas, podrían preverse múltiples entradas situadas tangencialmente a la columna de la fuente para mejorar el flujo de gas portador, o podrían preverse múltiples salidas para conseguir una expulsión mejorada de la niebla. Además, pueden preverse disposiciones que utilizan múltiples atomizadores o transductores a fin de mejorar el funcionamiento o el rendimiento.

La reivindicación 1 describe un dispositivo para generar una niebla de acuerdo con el invento.

En dicho dispositivo, el dispositivo generador de ondas de alta frecuencia es, ventajosamente, un transductor piezoeléctrico o un rayo láser. Preferiblemente, parte del recipiente en que están situados el generador de flujo helicoidal y la salida de la niebla, es cilíndrico. Ventajosamente, la salida de la niebla está situada tangencialmente en la columna de la fuente. De preferencia, dicha columna de la fuente incluye una parte superior y una parte inferior y la salida de la niebla está situada tangencialmente respecto a la parte superior de la columna de la fuente. Ventajosamente, dicha salida de la niebla incluye un tubo situado centralmente en el recipiente, de tal modo que un primer tramo del tubo penetre en el recipiente hasta un punto situado debajo del generador de flujo helicoidal y un segundo tramo del tubo se extienda hacia fuera del recipiente. Preferiblemente, dicho recipiente incluye una parte cónica que tiene un diámetro cónicamente convergente orientado hacia arriba y la salida de la niebla está conectada a la parte cónica. Ventajosamente, dicho recipiente incluye múltiples salidas de niebla situadas en el recipiente, para la emisión de niebla. De preferencia, dicho generador de flujo helicoidal incluye una entrada de medio portador situada tangencialmente respecto a la columna de la fuente. Ventajosamente, dicho generador de flujo helicoidal incluye múltiples entradas de medio portador en el recipiente, situadas tangencialmente respecto a la columna de la fuente. Preferiblemente, dicho generador de flujo helicoidal incluye un dispositivo separado, para generar un flujo helicoidal o vortical, unido a dicho recipiente con el fin de comunicar el mencionado flujo helicoidal de medio portador al recipiente. Ventajosamente, dicha columna de la fuente incluye una parte superior y una parte inferior y la entrada de medio portador está situada tangencialmente respecto a la parte superior de la columna de la fuente y la salida de la niebla está situada tangencialmente respecto a la parte inferior de la columna de la fuente y por encima del depósito. De preferencia, el citado dispositivo generador de ondas de alta frecuencia está compuesto por una agrupación de transductores piezoeléctricos dispuestos en combinación. Ventajosamente, dicho dispositivo generador de ondas de alta frecuencia está constituido por varios transductores dispuestos anularmente y el mencionado recipiente incluye una cámara anular para originar un flujo anular de aire en el recipiente.

#### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista esquemática, en alzado, de un generador de niebla de agua ilustrativo de acuerdo con el invento.

La figura 2a es una vista esquemática, desde arriba, de vectores de velocidad del flujo en el plano de entrada del medio portador.

La figura 2b es una vista esquemática, desde arriba, de vectores de velocidad del flujo en el plano de salida del medio portador.

La figura 3a es una vista en perspectiva de una realización de un dispositivo de acuerdo con el invento, para generar y entregar una niebla fina.

La figura 3b es una vista en perspectiva de una realización de un dispositivo de acuerdo con el invento, para generar y entregar una niebla fina.

La figura 4 es una vista en perspectiva de una realización de un dispositivo de acuerdo con el invento, para generar y entregar una niebla fina utilizando un flujo descendente helicoidal de gas portador y un flujo de salida central de niebla.

La figura 5a es una vista en perspectiva de una realización de un dispositivo de acuerdo con el invento, orientado para flujo horizontal.

La figura 5b es una vista en perspectiva de una realización de un dispositivo de acuerdo con el invento, orientado para flujo horizontal y representa el flujo helicoidal horizontal de gas portador y niebla.

La figura 6 es una vista frontal, en perspectiva, de una realización de un dispositivo de acuerdo con el invento, que tiene una parte cónicamente convergente, conectada a una salida de niebla.

La figura 7 es una vista frontal, en perspectiva, de una realización de un dispositivo de acuerdo con el invento, que tiene múltiples entradas situadas tangencialmente.

La figura 8 es una vista frontal, en perspectiva, de una realización de un dispositivo de acuerdo con el invento, que tiene múltiples salidas para la eyección de niebla.

La figura 9 es una ilustración esquemática de una realización de un dispositivo de acuerdo con el invento, que tiene varios elementos atomizadores dispuestos anularmente, o elementos transductores, y un diseño anular de flujo de medio portador.

- 5 La figura 10 es una ilustración esquemática de otra realización de un dispositivo de acuerdo con el invento, que tiene varios elementos transductores dispuestos anularmente y medio portador anular con respecto a ellos.

### Descripción detallada del invento

- 10 El presente invento y sus diversas realizaciones se describen en términos de generación de niebla o de formación de gotitas empleando una agrupación de transductores, una configuración definida de manera singular de flujo de aire en el lugar de generación de la niebla, formación de aerosol, estabilidad de la niebla, transporte del aerosol, clasificación de la niebla y configuración del flujo de salida de la niebla.

- 15 En una primera realización, el presente invento proporciona uno o más transductores piezoeléctricos 10 conectados a una fuente de alimentación 12, usualmente un activador externo. Los transductores piezoeléctricos generan una niebla a partir de un líquido contenido en un depósito 14 en la base 16 de la unidad. El depósito y el líquido pueden mantenerse, adecuadamente, a presión y temperatura ambientes. Usualmente, los transductores están sumergidos en el líquido del depósito con el cristal sumergido a unos 2,54-5 cm (1-2 pulgadas) por debajo de la superficie del líquido o dispuesto de otro modo en comunicación física con la solución. El depósito está contenido entre las paredes 18 de la cámara del dispositivo, y las paredes son, de preferencia, cilíndricas, como se representa en las figuras 2a, 2b, 3a y 3b. Una típica cámara 20 de formación de niebla tendrá, aproximadamente, de 60-90 cms (2-3 pies) de altura y de 30-60 cm (1-2 pies), aproximadamente, de diámetro. La escala y las dimensiones variarán ampliamente dependiendo de la escala de la unidad de producción de niebla.

- 25 La unidad 20 de generación de niebla puede incluir una entrada 22 y una salida 24 para proporcionar líquido con el fin de llenar el depósito 14. En algunas aplicaciones, puede estar previsto un perceptor 26, como se muestra en esta sección de transductores de la unidad de generación de niebla, para vigilar el nivel del depósito, y puede estar previsto un sistema para controlar la entrada y la salida del depósito, a fin de ajustar el nivel en consecuencia.

- 30 En lugar de utilizar sistemas de alta presión o sistemas a base de calor, el presente invento permite conseguir la producción, con un rendimiento suficientemente elevado, de niebla fina de calidad empleando un dispositivo ultrasónico de alta frecuencia. Hasta ahora, la utilización de dispositivos ultrasónicos de alta frecuencia no se ha considerado práctica para los niveles de rendimiento deseados (de 1 a varios litros por minuto) de tal niebla a escala fina. Dado que las gotitas de niebla muy finas creadas mediante el invento, se crean a la presión ambiente, no se necesita una tecnología cara para manipular alta presión ni calor, de manera que la niebla puede crearse de forma efectiva desde el punto de vista del coste.

- 40 En la realización descrita, el líquido contenido en el depósito 14 es sometido a la acción de ondas ultrasónicas generadas por el transductor piezoeléctrico 10 u otro dispositivo generador de ondas ultrasónicas. El transductor proporciona las ondas ultrasónicas que atomizan el líquido para producir gotitas de niebla, convirtiendo una frecuencia eléctrica en vibraciones mecánicas. Las vibraciones mecánicas del dispositivo piezoeléctrico facilitan la atomización de fluidos produciendo ondas sonoras o de presión ultrasónicas con ciclos de rarefacción y de compresión. Las ondas ultrasónicas producen ondas capilares en la superficie debido a las oscilaciones de la superficie libre, en la interfaz entre aire y líquido. Más allá de cierta amplitud, las ondas capilares se alargan en las crestas y producen gotitas atomizadas. Desde las crestas se desprenden gotitas extremadamente pequeñas venciendo la tensión superficial. Esta acción de ondas capilares está fuertemente respaldada como teoría aplicable para explicar la formación de las gotitas de niebla. Sin embargo, al menos en algunos casos, la rarefacción produce cavitación en el líquido, lo que se traduce en formación de burbujas que se expanden durante la fase de presión negativa e implotan violentamente durante la fase de presión positiva. Esta cavitación hace que las burbujas que implotan escapen de la superficie en forma de pequeñas gotitas, durante la compresión, para formar una niebla espesa. Independientemente de la acción de las ondas capilares o de la aparición de la cavitación, las ondas ultrasónicas generadas por la vibración de alta frecuencia, provocan la atomización del líquido para formar una nube de partículas o de gotitas 28 de niebla. El tamaño de las gotitas producidas por el proceso de atomización dependerá de la raíz cúbica de la tensión superficial de la solución, la densidad del líquido y el cuadrado de la frecuencia de oscilación. Por ello, la tensión superficial del líquido es importante para controlar el diámetro de las gotitas creadas por atomización y puede afectar al diseño del dispositivo ultrasónico empleado para generar el penacho de niebla. La ecuación para predecir el tamaño de las gotitas por atomización asistida por ondas ultrasónicas, tiene la siguiente forma:

$$60 \quad d = 0,34 (8 \pi \tau / \rho f^2)^{1/3}$$

donde

- 65  $\tau$  = la tensión superficial del líquido

$\rho$  = la densidad del líquido

f = la frecuencia de excitación del transductor

d = el diámetro de la gotita.

5 Las gotitas que se forman en las nieblas generadas por ondas ultrasónicas muestran una distribución de tamaños relativamente estrecha, a diferencia de las gotitas atomizadas a presión. Por ejemplo, contando en general con transductores piezoeléctricos de 1,5 MHz, se puede conseguir un estrecho margen de diámetros de 1-5 micras para las gotitas. Podría conseguirse, también, un estrecho margen de gotitas de tamaño inferior a una micra empleando transductores piezoeléctricos de frecuencia y configuración apropiadas. Si se consigue una formación de aerosol apropiada  
10 con las gotitas, la niebla será estable. No obstante, si se inicia la nucleación sin conseguirse un aerosol apropiado, las gotitas coalescerán y, finalmente, se condensarán en forma líquida. Los transductores típicos comercialmente disponibles se utilizan en aplicaciones médicas, en limpieza y humidificación. Los transductores conocidos trabajan con frecuencias de oscilación de 1,7 MHz a 2,4 MHz y producen una niebla de agua con gotitas de 1 a 10 micras. Pueden introducirse modificaciones en la frecuencia o en la mecánica del transductor piezoeléctrico, de acuerdo con los deseos  
15 del presente invento para conseguir gotitas de menor tamaño, dependiendo de la calidad de la niebla y de la cantidad de pequeñas gotitas a escala nanométrica deseadas. Puede hacerse variar el tamaño del elemento de oscilación de un transductor para modificar la generación de niebla a partir del depósito. Asimismo, un transductor puede acomodar frecuencias de oscilación mecánica de 20 MHz o superiores. Y, además, puede disponerse una agrupación de elementos de oscilación piezoeléctricos en combinación para formar, colectivamente, el elemento atomizador 10 y proporcionar  
20 medios adicionales para incrementar la atomización y la generación de la niebla. Por ejemplo, en una realización, una agrupación de 9 elementos piezoeléctricos pueden estar dispuestos en una matriz de 3 por 3. El número de elementos puede variar dependiendo del rendimiento deseado. Por ejemplo, si cada elemento produce 20 ml/min, entonces se necesitarían 50 elementos para generar 1 litro por minuto. El volumen incrementado de generación de niebla puede contribuir al rendimiento en la obtención de gotitas de calidad fina. Sin embargo, debe observarse que un rendimiento  
25 incrementado de niebla a escala fina, como se describe en esta memoria, no sería posible sin mejoras adicionales, como las aportadas por el invento para la formación de aerosol, extracción y entrega de las gotitas de niebla. Cuando se aumenta el número de elementos transductores en un área dada y se les dispone muy cerca unos de otros buscando que el equipo sea compacto, la eficacia de mezclar aire con las gotitas disminuye y la formación de aerosol no resulta eficaz. Finalmente, el rendimiento del generador de niebla disminuye y pierde eficacia. Por tanto, la incorporación de  
30 un campo de flujo de gas portador especial constituye la clave del éxito en la generación de niebla a gran escala.

El método expuesto de extracción y entrega de niebla no solamente es aplicable a la niebla producida mediante un dispositivo ultrasónico, sino que es igualmente aplicable a cualesquiera partículas pequeñas o a cualquier niebla producidas por otros métodos. Otros medios de producción posibles incluyen luz de láser enfocada sobre una superficie  
35 líquida y pequeñas partículas (incluyendo partículas de tamaño inferior a una micra) generadas por medios químicos o físicos. Por tanto, se puede ver fácilmente que el invento puede utilizarse en combinación con tales gotitas o partículas obtenidas por otros medios.

El método de extracción proporciona, en este caso, un dispositivo, como se ilustra en la realización de la figura 1, para entregar una niebla que contiene gotitas muy finas a diversas escalas que van desde un diámetro de micras hasta un diámetro inferior a una micra. La niebla se entrega en gran cantidad y con una alta calidad. El método de extracción trabaja retirando las gotitas más pequeñas del penacho o columna 28 de niebla que es generada por las oscilaciones ultrasónicas de alta frecuencia. En particular, las gotitas más pequeñas son concentradas fuera del centro del penacho 28, como se muestra en la figura 4 al tiempo que, por el contrario, las gotitas mayores se concentran en el centro. El  
45 presente método y el presente dispositivo de extracción no perturban significativamente el centro del penacho de niebla cuando es generado. En cambio, se proporciona un flujo 30 de aire o de gas portador que circula tangencialmente con respecto al penacho en la base 16 de una cámara cilíndrica 20.

El flujo tangencial 30 es dirigido hacia la parte exterior 32 de la circunferencia de una sección transversal circular del penacho 28, como se muestra en las figuras 2a y 2b, de tal modo que el flujo 30 se dirija tangencialmente a la columna de la fuente de niebla en su entrada, como se muestra mediante la entrada 34, al interior de la columna de la fuente. En cada plano dentro de la cámara 20 de formación de niebla, el gas portador dirigido crea un flujo vortical en el que la velocidad radial más elevada se encuentra hacia la circunferencia o pared de la cámara. El flujo general será helicoidal en torno al eje geométrico central del cilindro 20. La velocidad radial del flujo vortical de gas portador  
55 en el centro es relativamente menor y finita y, en respuesta al flujo helicoidal, la presión estática en el eje geométrico del cilindro es relativamente baja en comparación con la presión en las paredes laterales 18 del recipiente. El flujo de gas que gira lentamente en torbellino en la superficie 36 del líquido, crea un entorno para la formación del aerosol y restringe la coagulación y la coalescencia de las gotitas y, de ese modo, restringe la formación de grandes gotitas.

La salida 38 y la entrada 34 pueden estar situadas como se muestra en la figura 3a, con la entrada cerca de la parte inferior de la cámara 20 de formación de niebla. Alternativamente, la disposición puede cambiarse, como se muestra en la figura 3b y la entrada 34 puede estar situada cerca de la parte superior de la cámara 20, con la salida 34, de preferencia, justo encima del nivel del depósito 14 de líquido. Con la salida cerca del nivel de la superficie del depósito, se ha encontrado que la salida de la niebla es más eficaz en algunas configuraciones, posiblemente porque la  
65 niebla es, en general, más pesada que el aire.

Una ventaja adicional del invento se obtiene cuando se utilizan mezclas líquidas de múltiples componentes como fuente de la niebla. En este caso, los componentes más volátiles o con una tensión superficial más baja, pueden

formar gotitas y escapar en columnas verticales. Sin embargo, en una configuración como se ha mencionado en lo que antecede, la trayectoria helicoidal del gas portador transportará las gotitas más finas de esos componentes más volátiles de vuelta a la superficie del líquido durante el arrastre y la mezcla de la niebla.

5 Asimismo, mientras que la entrada 34 está situada, de preferencia, tangencialmente con respecto a la pared 18 de la cámara, la salida 38 no tiene que estar situada tangencialmente para recibir un rendimiento eficaz de formación de niebla. Alternativamente, una salida podría estar situada en la parte superior 40 del recipiente extractor. Con independencia de la disposición alternativa de entrada 34 y salida 38, el logro de un rendimiento eficaz para obtener una  
10 niebla fina de calidad generando un intenso flujo cerca de las paredes 18 de la columna sin perturbar al penacho central 28 y arrastrando las gotitas más grandes, no deseables, no cambia. El comportamiento del flujo creado mediante la disposición enseñada por el invento optimiza y mejora los procesos de cavitación y generación de ondas capilares para la creación de gotitas de niebla finas.

15 Al proporcionar paredes cilíndricas 18 para la columna, se acomoda el flujo de pared lateral tangencial deseado ilustrado en las figuras. Una geometría rectangular no sería tan adecuada sin un diseño y un cuidado apropiados para asegurar que el flujo de la fuente de agua no se ve perturbado por el medio de gas portador y que éste tampoco incide sobre él.

20 Dado que las gotitas más pequeñas están situadas en la parte exterior 32 de la fuente 28, el flujo tangencial 30 de gas portador cumple la función de filtro o clasificador para separar las gotitas más pequeñas del penacho y llevarlas a la salida 38 del dispositivo. El resultado del flujo tangencial de portador es un flujo de gas portador en fuerte torbellino a lo largo de los lados del dispositivo y cerca de la pared exterior de la cámara, pero con muy poco flujo de gas portador en el centro del dispositivo o cerca del centro de la cámara, lo cual se ilustra en la figura 3a. Las gotitas más pequeñas de la niebla próximas a la parte exterior 32 de la fuente 28 son llevadas al flujo vortical a lo largo de la pared 18 de  
25 la cámara, y las gotitas más grandes, más próximas al centro del penacho de la fuente, se mantienen y caen de nuevo al lecho 14 de solución del depósito, como se ilustra en las figuras 3a y 3b. Así, se produce una niebla que tiene una elevada concentración de gotitas más pequeñas, lo cual ofrece varias ventajas.

30 En la realización de la figura 4, una entrada 34 tangencial de gas portador está situada en la parte superior 40 del recipiente o cámara 20 de formación de niebla. Dentro del recipiente, un tubo 42 localizador de vórtice, situado centralmente, se extiende en una longitud deseada por debajo de la entrada tangencial, y el localizador de vórtice se extiende en una longitud deseada por encima de la parte superior del recipiente. La longitud deseada del tubo localizador de vórtice que se extiende por debajo de la entrada, en la cámara, constituye un parámetro importante y variará dependiendo de la escala del generador de niebla y de la configuración del sistema. Por tanto, los parámetros de  
35 longitud de extensión del tubo localizador de vórtice deben optimizarse en consecuencia. El tubo 42 puede inclinarse ligeramente para evitar que las gotitas de la fuente lleguen directamente a la entrada 44 del tubo. La entrada al tubo central puede estar dotada de filtros o tubos retorcidos para reducir la entrada de cualesquiera gotitas más gruesas en el flujo de salida de la niebla. Un flujo vortical descendente de gas portador llega a la base 16 de la cámara siguiendo la trayectoria helicoidal 30 ilustrada. Cuando este flujo portador llega a la base de la unidad, el gas portador se mezcla con las gotitas de niebla y forma un aerosol con gotitas de agua extremadamente pequeñas. El gas portador que circula hacia abajo invierte su trayectoria después de reflejarse desde la superficie 36 del líquido del depósito y traslada el aerosol de niebla 46 formado hacia arriba, hacia el tubo localizador de vórtice situado centralmente, y a su través. Las gotitas más grandes y las gotas de mayor tamaño de la fuente quedan atrás. Para conseguir una clasificación más definida de las gotitas de la niebla de aerosol, el tubo localizador de vórtice puede configurarse cónicamente y puede  
45 optimizarse la geometría de la columna 20. Esta realización proporciona condiciones excelentes para la formación de un aerosol en términos de diseño del flujo portador, tiempo de residencia y cantidad de portador y de gotitas.

50 Varios dispositivos 2 generadores de niebla fina pueden combinarse y conectarse para proporcionar una serie de cámaras 20 a fin de incrementar el rendimiento global de formación de niebla. Por tanto, puede proporcionarse un flujo másico de entrada dado de gas portador a una primera cámara, y las cámaras sucesivas pueden recibir el flujo de niebla de las unidades precedentes. A medida que se recogen las gotitas de niebla fina adicionales, la niebla pasará a una salida o a otra unidad sucesiva. Las cámaras pueden conectarse mediante conductos situados tangencialmente a las paredes de las cámaras, de tal modo que el flujo de niebla y el flujo de gas portador no perturben el penacho generado en cada cámara. Estos dispositivos pueden ser modulares y el número de ellos que pueden ponerse en comunicación  
55 mutua, puede variarse a voluntad.

60 En todavía otra realización, pueden añadirse cámaras adicionales de flujo vortical (orientadas vertical u horizontalmente), con entradas de flujo de gas portador tangenciales, en la salida del recipiente o cámara principal de formación de niebla. Estas cámaras adicionales de flujo vortical tomarán la niebla expulsada de la cámara principal de formación de niebla y someterán además a esa niebla a un flujo vortical para conseguir una ulterior clasificación de las gotitas. Tal tratamiento posterior puede ser deseable cuando se requiera, para un propósito específico, un margen muy estrecho de tamaños de las gotitas de niebla. Sin embargo, como se ha mencionado antes, dicho tratamiento posterior también reducirá el rendimiento global debido a la coagulación, coalescencia y vaporización de las gotitas.

65 Pueden preverse otras diversas configuraciones del dispositivo para alcanzar los objetivos del invento. Como se muestra en las figuras 5a y 5b, el recipiente cilíndrico 20 podría estar orientado horizontalmente y la entrada tangencial 34 situada para crear un flujo vortical 30 de gas portador. En la configuración orientada horizontalmente, mostrada, el gas portador circularía horizontalmente y arrastraría las finas gotitas de niebla. La trayectoria helicoidal del flujo

portador se muestra mediante la línea 30 en la figura 5b. Al igual que en otras configuraciones expuestas en esta memoria, el flujo vortical de gas portador proporcionará un portador y un tiempo de residencia adecuados para recoger las finas gotitas de niebla, clasificarlas y proporcionar una formación en aerosol efectiva de la niebla. La niebla es, luego, entregada en un flujo helicoidal, como se ilustra. Un sistema orientado horizontalmente puede mejorar el tiempo de residencia del portador y proporciona un mejor mezclado y una mejor formación del aerosol. Además, como la columna de extracción es horizontal, las gotitas más grandes tendrían un tiempo de residencia mayor durante el mezclado, para caer a la base de la cámara por gravedad.

También se contemplan aún otras configuraciones, como se muestra en la figura 6, en la que la salida 38 podría estar conectada a una parte cónica 48 del recipiente 20 que tiene un diámetro cónicamente convergente hacia arriba, para ayudar a concentrar la niebla en forma de aerosol para su entrega. Asimismo, como se ilustra en las figuras 7 y 8, podrían preverse múltiples entradas 34 situadas tangencialmente a la columna 28 de la fuente para mejorar el flujo de gas portador, o podrían preverse múltiples salidas 38 para conseguir una emisión mejorada de la niebla.

En disposiciones más complicadas, pueden utilizarse múltiples atomizadores o elementos transductores para mejorar el funcionamiento o el rendimiento. En la figura 9 se muestra una agrupación anular de atomizadores 10. El recipiente 20 está provisto de secciones de pared 50 anulares para beneficio del flujo 30 de medio portador cerca de los elementos de formación de niebla. El aire o el medio portador entra tangencialmente entre las agrupaciones circulares de transductores y circula hacia el centro del recipiente para arrastrar, y luego emitir, una niebla en forma de aerosol de gotitas de calidad fina.

En la figura 10 se han previsto varias disposiciones anulares de elementos transductores 10 de formación de niebla. El flujo vortical 30 de medio portador se crea entre los elementos de formación de niebla para arrastrar las gotitas de niebla de calidad fina y emitir la niebla 46 en forma de aerosol desde el recipiente 20. Los elementos transductores pueden estar dispuestos en canaletas para mejorar aún más el flujo de aire y reducir al mínimo las perturbaciones de las partes centrales de las fuentes.

En cualquier caso, las unidades pueden ser modulares y compactas. Por ejemplo, las unidades pueden hacerse compactas disponiendo adecuadamente los transductores 10 en canales rectangulares en filas y situando encima la cámara 20 de gas portador en flujo vortical. Además, puede hacerse que una unidad generadora de niebla sea modular añadiendo más transductores a una unidad de base para generar niebla atomizada y añadiendo una unidad de flujo vortical encima de la base que contiene el transductor. Una configuración de esta clase podría ser útil para desarrollar unidades escalables de cuerdo con un rendimiento deseado para la aplicación específica.

Las gotitas más pequeñas que forman la niebla 46 tendrán, de preferencia, menos de una micra o serán de escala nanométrica. Es factible fabricar una niebla de alta calidad constituida por gotitas de 50-1000 nanómetros (0,05-1,0 micras) o, alternativamente, de hasta 1-10 micras, merced a los métodos expuestos de generación, formación de aerosol y extracción, y dicha niebla puede producirse gracias al presente método con un rendimiento de hasta 1 Lpm o más. El rendimiento del dispositivo y de los métodos descritos en esta memoria, es variable desde unos pocos ml/min a unos pocos litros/min y, por tanto, escalable para una diversidad de aplicaciones, por lo que, de acuerdo con la escala necesaria, se proporciona un rendimiento suficiente de producción de niebla fina.

La apropiada formación de aerosol hace que las gotitas se mantengan estables en el medio portador. Debe proporcionarse un tiempo de residencia adecuado al aire u otro medio portador adecuado sin perturbar la formación de ondas capilares ni la desintegración de gotitas a partir de la superficie del líquido. Un barrido direccional realizado con un ventilador que sople aire a través de la superficie de la fuente de niebla afecta de manera adversa al régimen de generación de niebla fina y disminuye el rendimiento. También es importante conseguir una formación de aerosol apropiada cuando, en un área limitada, están presentes una gran agrupación de elementos generadores de ondas para producir una cantidad copiosa de niebla, ya que las gotitas tienden a coalescer y a formar líquido inmediatamente cuando no se proporciona un medio portador. El presente invento consigue una formación de aerosol apropiada, incluso en sistemas a gran escala, tal como de 0,25 a 1 litro o más por minuto, al conseguir la formación del aerosol inmediatamente después de que las gotitas son desprendidas de la superficie del líquido. La niebla 46, cuando está formada por gotitas muy finas, se comporta característicamente como una sustancia en fase pseudo-gaseosa, al contrario que como una sustancia líquida, en fase de vapor o en forma de gas-plasma, ya que las gotitas extremadamente pequeñas existen en un estado de agrupamiento casi molecular. Microscópicamente, el fluido en forma de niebla parece una sustancia en fase gaseosa que difícilmente puede ser percibida por el ojo humano mientras que, microscópicamente, el fluido en forma de niebla contiene finas gotitas en fase acuosa.

Los humidificadores de alto rendimiento comercialmente disponibles no proporcionan las estrategias de rendimiento y de entrega de niebla expuestas en este documento. Además, los humidificadores disponibles no serían adecuados para uso en la producción de una niebla con una gran cantidad de gotitas más pequeñas del tamaño de la micra y menores que una micra. Así, no se contemplaría el uso de la tecnología de los humidificadores disponibles en la actualidad para su empleo en una diversidad de aplicaciones tales como la extinción de incendios o la esterilización, en las que sería deseable poder contar con una sustancia en fase pseudo-gaseosa entregada con elevados rendimientos.

Aunque el invento se ha descrito con respecto a ciertas realizaciones específicas, se apreciará que los expertos en la técnica pueden introducir muchas modificaciones y cambios sin apartarse del alcance del invento según queda definido por las reivindicaciones.



# REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo para generar una niebla (46), que comprende:

un recipiente (20);

un dispositivo (10) generador de ondas de alta frecuencia;

un depósito (14) para contener fluido en comunicación con el dispositivo (10) generador de ondas de alta frecuencia para producir una columna (28) de fuente que tiene una parte central y una parte exterior, dentro del recipiente;

una entrada (34) de medio portador situada con respecto a la columna (28) de fuente para dirigir un flujo (30) de medio portador alrededor de la parte exterior (32) de la columna (28) de fuente, sin perturbar significativamente la parte central de la columna (28) de fuente; y

una salida (38) de niebla situada en el recipiente (20) para la emisión de niebla (46).

2. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicha salida (38) de niebla incluye un tubo (42) situado centralmente en el recipiente (20) de tal forma que un primer tramo del tubo se extienda dentro del recipiente (20), hasta un punto situado por debajo de la entrada (34) de medio portador y un segundo tramo del tubo (42) se extienda hacia fuera del recipiente (20).

3. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicho dispositivo (10) generador de ondas de alta frecuencia está constituido por varios transductores (10) dispuestos anularmente y el flujo (30) de medio portador está dirigido en un flujo helicoidal alrededor de la columna (28) de fuente.

4. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque el dispositivo (10) generador de ondas de alta frecuencia es un transductor piezoeléctrico o un rayo láser.

5. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque la salida (38) de niebla está situada tangencialmente respecto a la columna (28) de fuente.

6. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicha columna (28) de fuente incluye una parte superior y una parte inferior y la salida (38) de niebla está situada tangencialmente a la parte superior de la columna (28) de fuente.

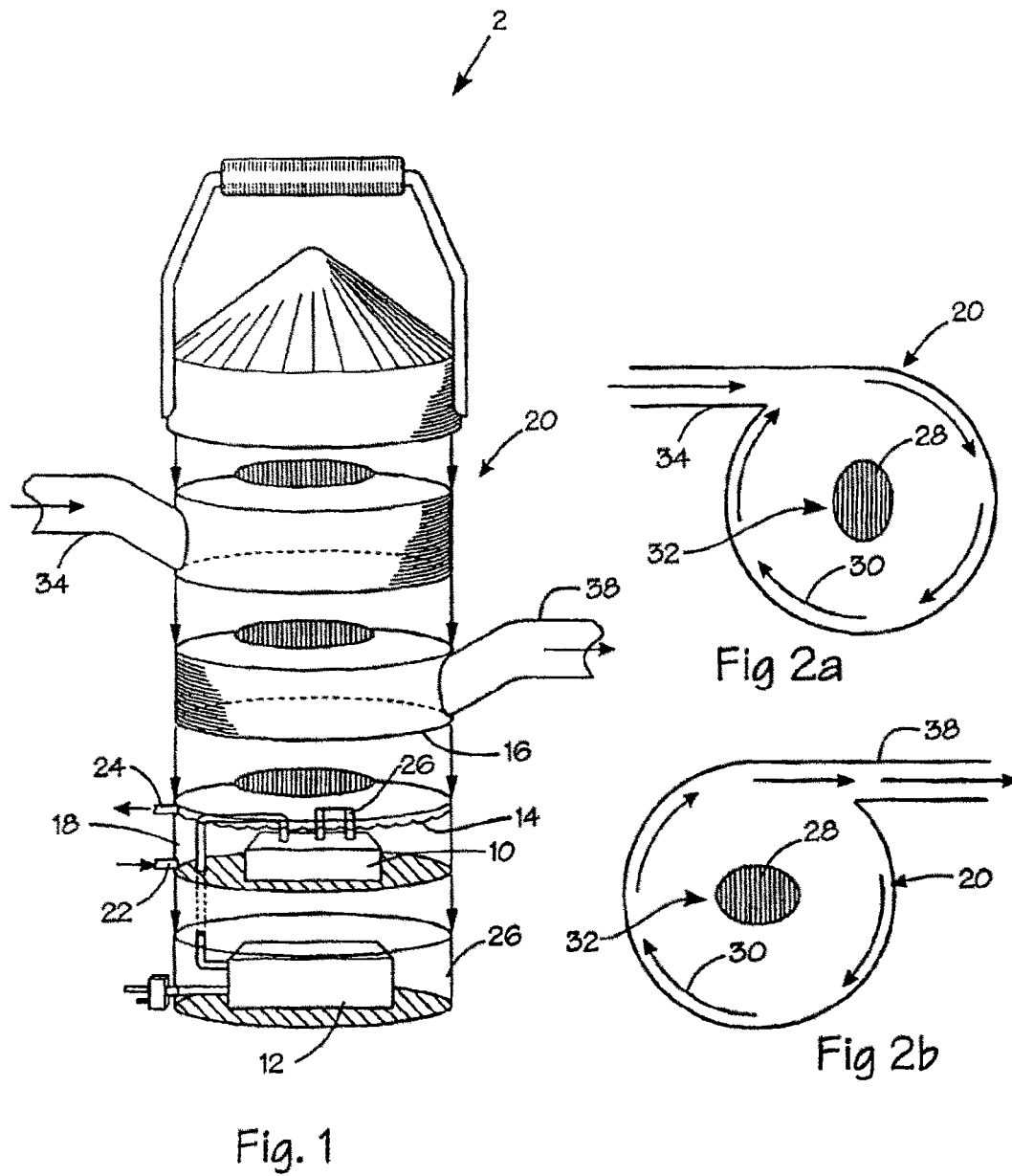
7. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicho recipiente (20) incluye una parte cónica (48) que tiene un diámetro que converge cónicamente, orientado hacia arriba, y la salida (38) de niebla está conectada a la parte cónica (48).

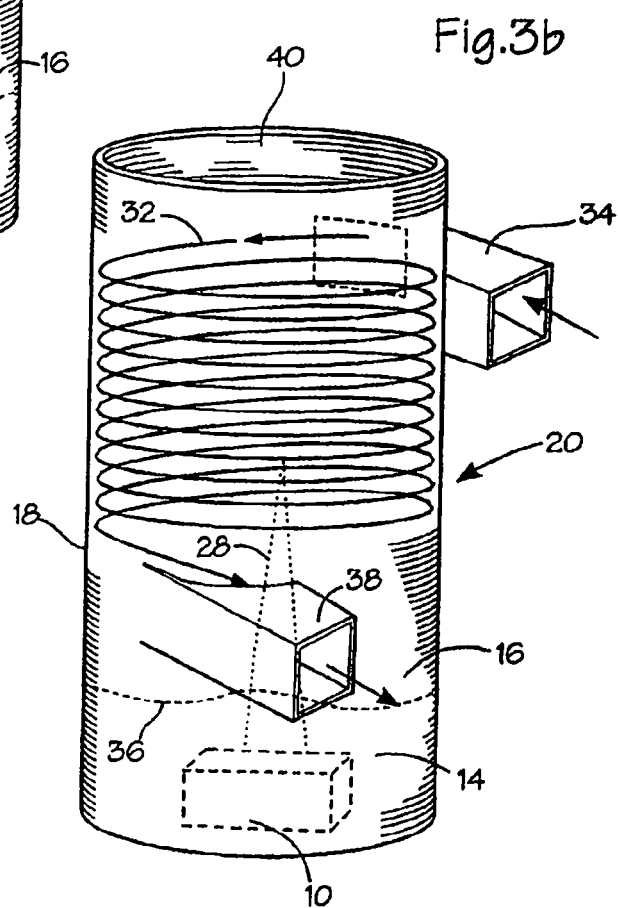
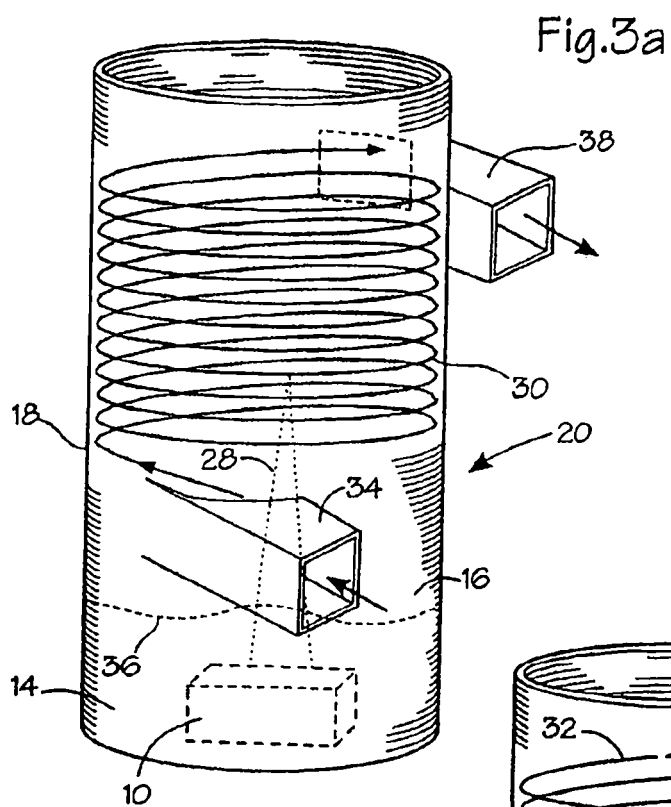
8. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicho recipiente (20) incluye múltiples salidas (38) de niebla situadas en el recipiente (20) para la emisión de niebla (46).

9. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicha columna (28) de fuente incluye una parte superior y una parte inferior y la entrada (34) de medio portador está situada tangencialmente a la parte superior de la columna (28) de fuente y la salida (38) de niebla está situada tangencialmente a la parte inferior de la columna (28) de fuente y por encima del depósito (14).

10. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicho dispositivo (10) generador de ondas de alta frecuencia está constituido por una agrupación de transductores piezoeléctricos (10) dispuestos en combinación.

11. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicho dispositivo (10) generador de ondas de alta frecuencia está constituido por varios transductores (10) dispuestos anularmente y dicho recipiente (20) incluye una cámara anular para generar un flujo anular (30) de aire en el recipiente (20).





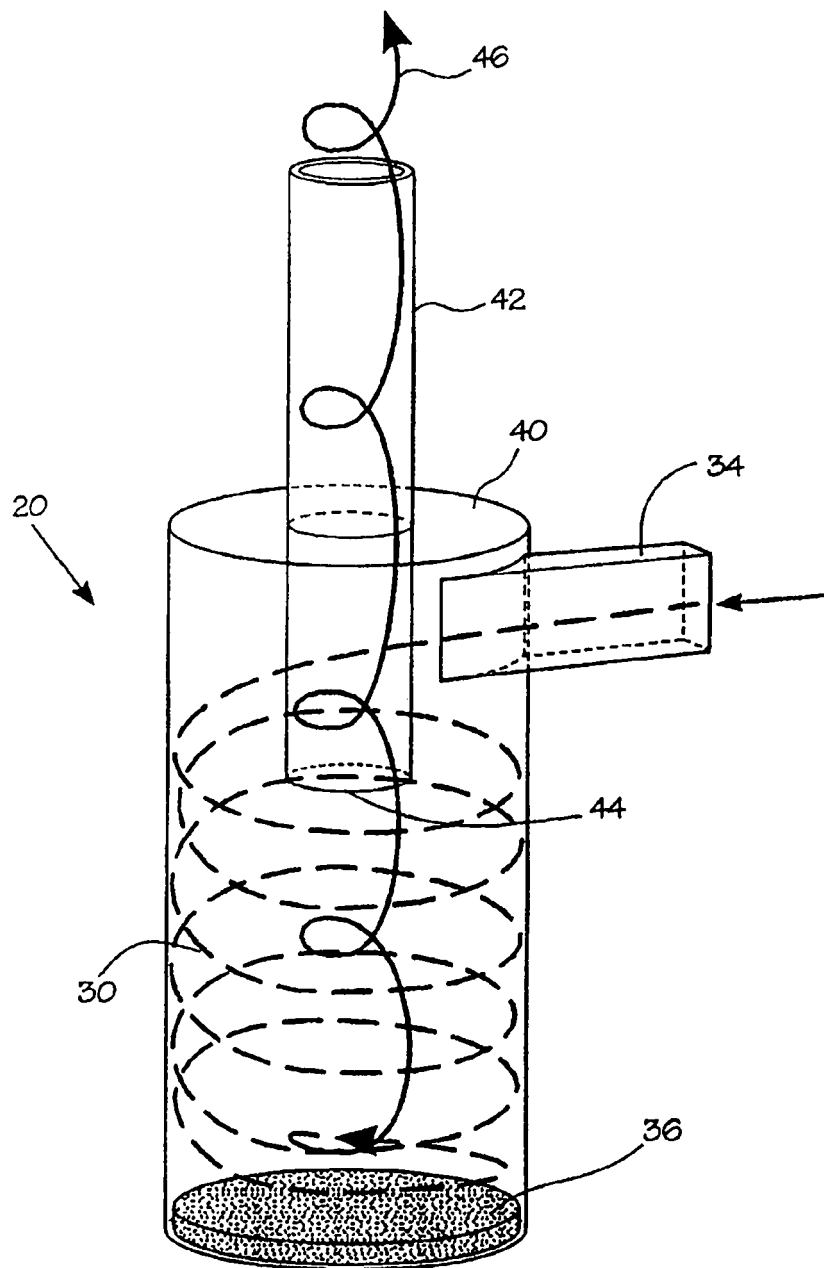


Fig.4

Fig.5a

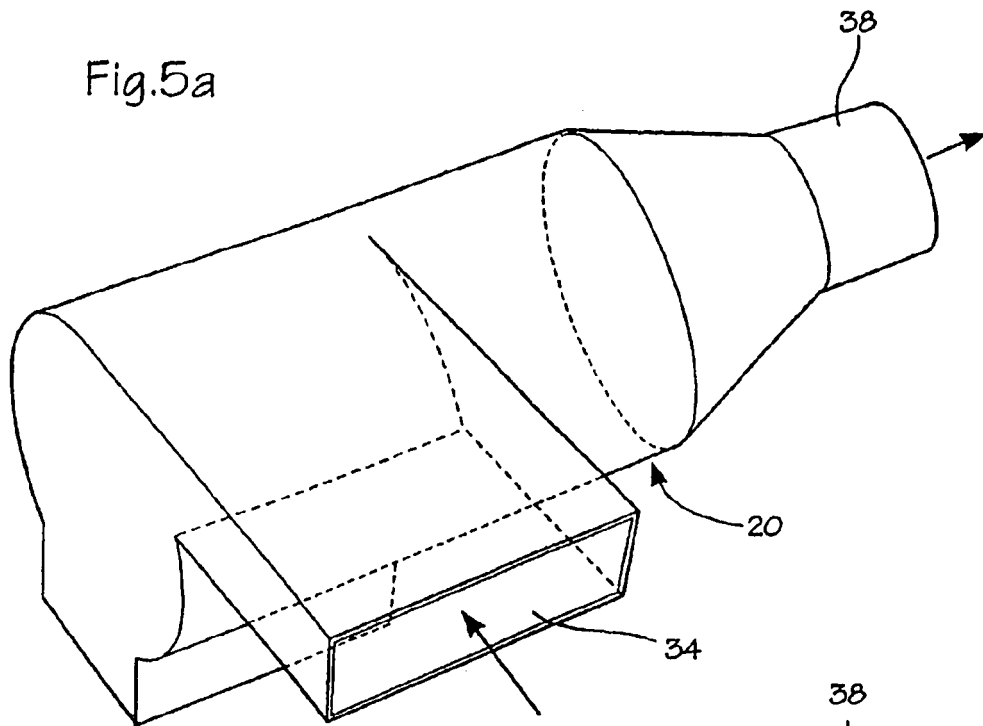
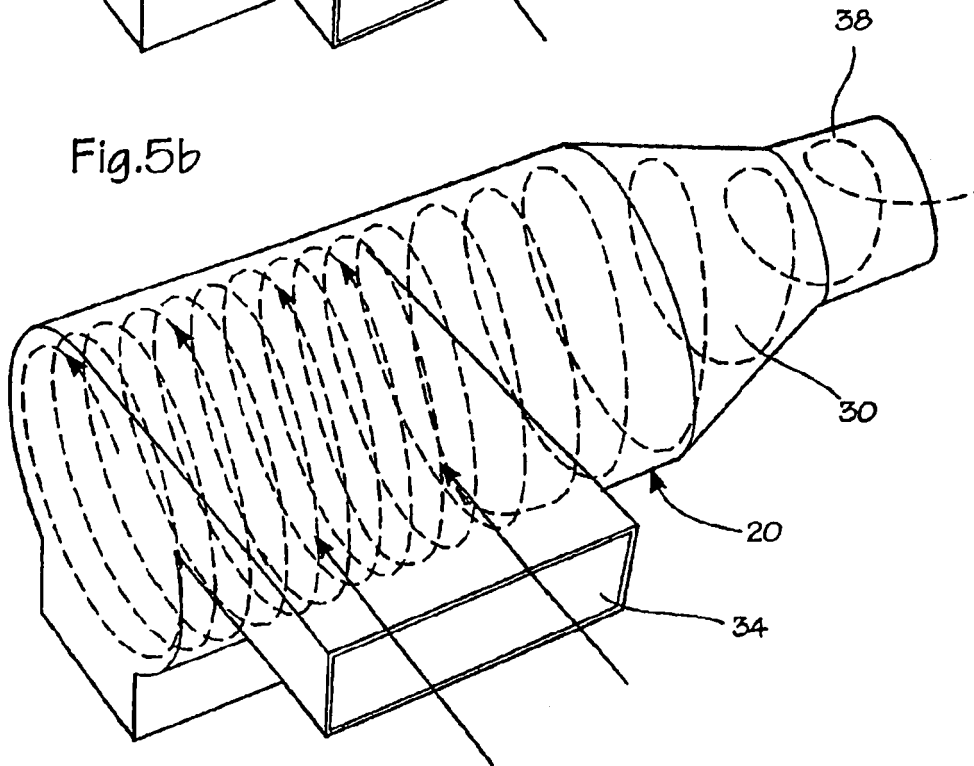


Fig.5b



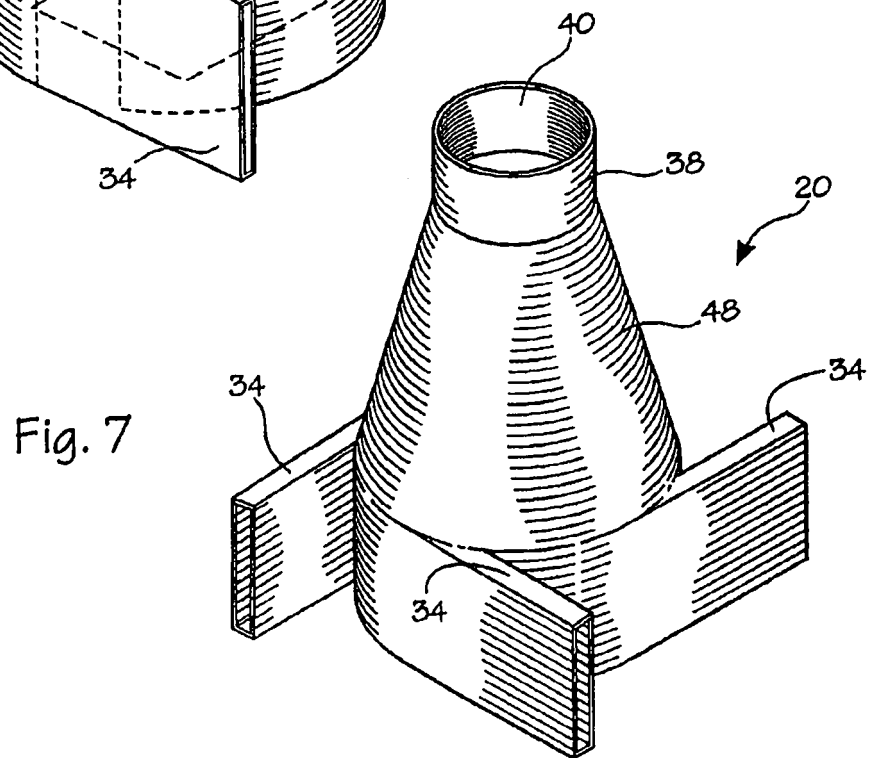
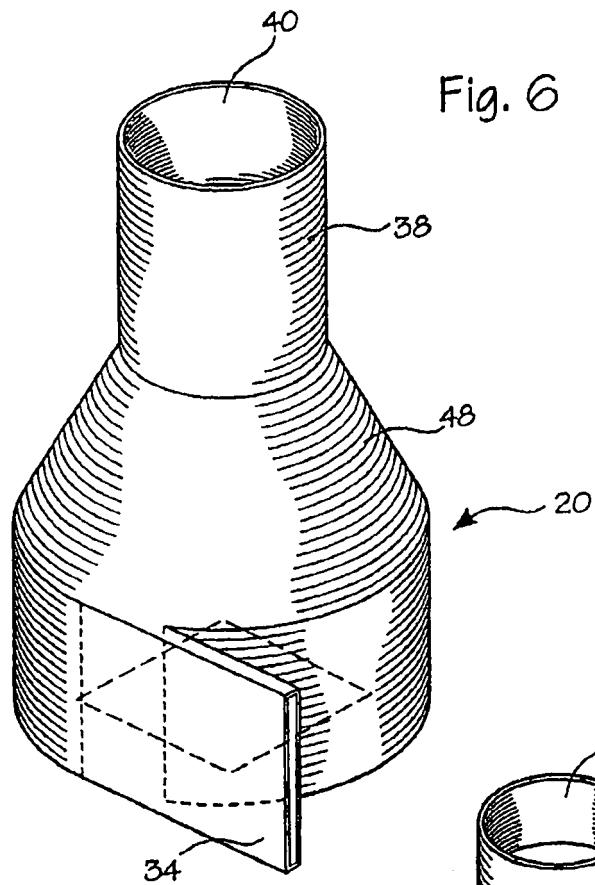


Fig. 8

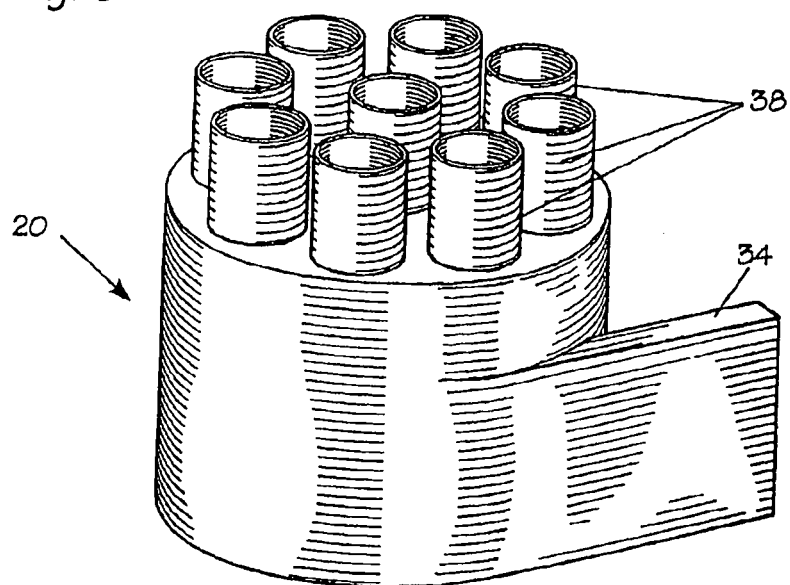


Fig. 9

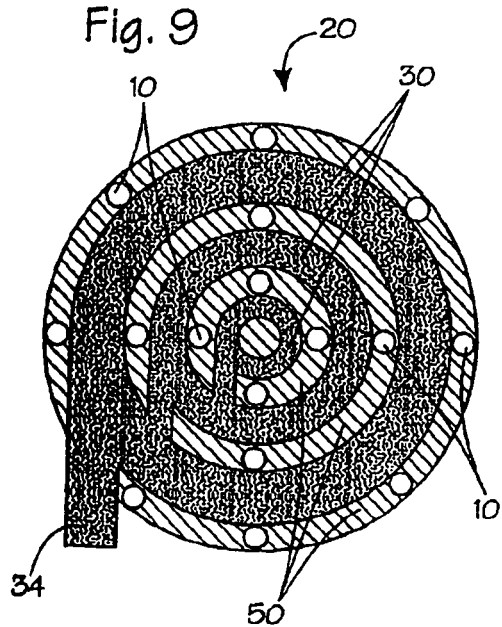


Fig. 10

