

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 569 071**

51 Int. Cl.:

A62C 5/00	(2006.01)
A62C 31/05	(2006.01)
A62C 31/07	(2006.01)
A62C 35/02	(2006.01)
A62C 99/00	(2010.01)
A61L 2/22	(2006.01)
B05B 7/04	(2006.01)
B05B 7/06	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.11.2008 E 08846644 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.03.2016 EP 2217336**

54 Título: **Dispositivo de generación de niebla**

30 Prioridad:

09.11.2007 US 987021 P
19.11.2007 US 989083 P
03.03.2008 GB 0803959

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.05.2016

73 Titular/es:

TYCO FIRE & SECURITY GMBH (100.0%)
Victor von Bruns-Strasse 21
8212 Neuhausen am Rheinfall, CH

72 Inventor/es:

FENTON, MARCUS BRIAN MAYHALL;
FRENCH, JAMES OLIVER;
MAGNONE, ZACHARY L.;
LEBLANC, DAVID J. y
TROUTT, SEAN S.

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 569 071 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de generación de niebla

Campo técnico

5 Esta invención se refiere de manera general a sistemas y métodos de pulverización de niebla líquida para protección contra incendios. Más específicamente, la invención se dirige a dispositivos para uso en los sistemas y métodos.

Antecedentes de la invención

10 Los sistemas de agua nebulizada a alta presión conocidos, tales como por ejemplo, HI-FOG® de MARIOFF CORPORATION dependen de la producción de pequeñas gotas de agua, que oscilan entre 50µm - 120µm (micras), en los que las pequeñas gotas más grandes arrastran a las pequeñas gotas más pequeñas a la región de combustión crítica de un incendio. Proporcionar una mezcla deseada de tamaños de pequeñas gotas en el área protegida usando tal sistema de alta presión requiere una colocación cuidadosa de los puntos de descarga y una gran cantidad de agua. El sistema HI-FOG® es un sistema de fluido (agua) único en el que el fluido se entrega a las boquillas de descarga a una presión alta para la generación de pequeñas gotas de 50µm - 120µm.

15 Un tipo de dispositivo para uso en tal sistema se describe en el documento WO 92/20453. Mostrado y descrito en el mismo está un cabezal de pulverización con un número de boquillas dispuestas cerca unas de otras para una pulverización de niebla direccional continua.

20 Otro sistema y método de agua nebulizada se describe en la Publicación de Patente de EE.UU. N° 20050000700. En la misma se describe un método de extinción de incendios para espacios altos tales como salas de motores de barcos en los que se proporciona niebla de una manera distribuida desigualmente de manera que se crea en el espacio un movimiento de circulación de la niebla.

25 Boquillas de protección contra incendios de fluido gemelo o doble se muestran y describen en la Patente de EE.UU. N° 5.312.041 y la Patente de EE.UU. N° 5.520.331. En la Patente de EE.UU. N° 5.312.041, mostrado y descrito está un método y aparato de fluido doble para extinguir incendios en los que una boquilla descarga un primer fluido en un camino rodeado por un segundo fluido. En la Patente de EE.UU. N° 5.520.331, mostrada y descrita está una boquilla de gas convergente/divergente que atomiza un líquido proporcionado a través de un tubo de entrega de líquido que tiene una apertura centrada dentro de un conducto de gas central de un bloque de mezcla ascendente conectado a la boquilla.

30 Otros sistemas y boquillas de agua nebulizada se describen en las Publicaciones de Solicitud de Patente Internacional N° WO 2003/030995; WO 2005/115555 y la Publicación de Solicitud de Patente Internacional N° WO 2006/132557 y la Patente de EE.UU. N° 7.080.793. Otros dispositivos de generación de niebla se muestran y describen en la Publicación de Patente Internacional N° WO 2005/082545 y la Publicación de Patente Internacional N° WO 2005/082546, cada una de las cuales se asigna a Pursuit Dynamics PLC, un solicitante mencionado en la presente solicitud (fuera de los EE.UU.).

35 El documento WO 2001/76764 muestra un aparato de generación de niebla que usa dos fluidos, ante todo para uso en supresión de incendios. En el documento WO 2001/76764, se crea una pulverización de pequeñas gotas de un primer fluido forzando al primer fluido a través de un número de boquillas de aerosol de una manera convencional. Las pequeñas gotas se transportan entonces por un flujo de un segundo fluido a través de una boquilla convergente-divergente que pulveriza el flujo combinado de las pequeñas gotas del primer fluido y el segundo fluido desde el aparato. El propósito del documento WO 2001/76764 es reducir la presión requerida para crear la pulverización de aerosol del primer fluido usando el segundo flujo de fluido para transportar las pequeñas gotas del primer fluido fuera del aparato. El segundo flujo también reduce las fuerzas de fricción que pueden en algunos casos hacer a las pequeñas gotas del primer fluido formar la pulverización de aerosol a evaporar.

40 El documento WO 2001/76764 no usa el segundo fluido a fin de crear el régimen de pequeñas gotas del primer fluido. En su lugar, las pequeñas gotas se crean a través de una formación de boquillas de aerosol que crean las pequeñas gotas de una manera convencional. El flujo del segundo fluido entonces transporta las pequeñas gotas a través de la boquilla de pulverización sin ningún mecanismo de atomización que se aplique al primer fluido por el segundo fluido. De esta manera, el documento WO 2001/76764 aún requiere que el primer fluido sea suministrado a presión relativamente alta a fin de crear las pequeñas gotas de aerosol.

45 El documento WO 2005/82546 describe un dispositivo de generación de niebla que comprende un primer paso de fluido que tiene una entrada del primer fluido y una salida del primer fluido dispuestas alrededor de un eje longitudinal del dispositivo. El dispositivo además comprende un paso del segundo fluido que tiene una entrada del segundo fluido y una salida del segundo fluido a través de las cuales pasa un segundo fluido. Las salidas de paso del primer y segundo fluido se orientan una respecto a otra de manera que tienen un ángulo de incidencia de entre 5 y 30 grados.

55

Descripción de la invención

Según un primer aspecto de la invención se proporciona un dispositivo de generación de niebla que comprende un paso de un primer fluido que tiene una entrada de primer fluido y una salida de primer fluido dispuestas alrededor de un eje longitudinal del dispositivo. El dispositivo además comprende un paso de un segundo fluido que tiene una entrada de segundo fluido y una salida de segundo fluido a través de las cuales pasa un segundo fluido. Las salidas de paso del primer y segundo fluido se orientan una respecto a otra de manera que tienen un ángulo de incidencia de entre 5 y 30 grados. El paso del primer fluido rodea el paso del segundo fluido y tiene una geometría interna divergente-convergente de manera que define un perfil curvo que converge con la salida del primer fluido. El paso del segundo fluido define un ángulo de expansión equivalente de entre 1 y 40 grados e incluye una parte de garganta situada entre la entrada del segundo fluido y la salida del segundo fluido. La parte de garganta tiene un área de sección transversal más pequeña que la de tanto la entrada del segundo fluido como la salida del segundo fluido de manera que la relación de áreas entre la parte de garganta y la salida de paso del segundo fluido está entre 5:7 y 2:11. La relación del área de sección transversal de la salida del paso del primer fluido a la salida de paso del segundo fluido está entre 10:3 y 1:12.

Según un segundo aspecto de la invención se proporciona un método de ensamblaje de un dispositivo de generación de niebla, el método que comprende formar un elemento de base que contiene canales de suministro del primer y segundo fluido y formar un elemento de embudo que contiene un taladro. El elemento de embudo está situado axial y concéntricamente sobre el elemento de base de manera que el taladro comunica con el canal de suministro del segundo fluido. Un elemento de conexión alargado está formado y unido axial y concéntricamente al elemento de base de manera que una parte del elemento de conexión se encuentra dentro del taladro y un paso del segundo fluido se define entre los elementos de embudo y conexión concéntricos. Se forma un elemento de cubierta, el elemento de cubierta que tiene un primer extremo adaptado para cerrar los elementos de embudo y conexión y el elemento de cubierta se adapta para situarse axial y concéntricamente sobre el elemento de base. El elemento de cubierta que además comprende un segundo extremo que tiene una salida. El elemento de cubierta está unido al elemento de base de manera que se define un paso del primer fluido entre una superficie externa del elemento de embudo y una superficie interna del elemento de cubierta. El primer paso tiene una geometría interna divergente-convergente de manera que define un perfil curvo que converge con la salida del primer fluido del primer paso. La salida del primer fluido y la salida del segundo fluido comunican con la salida del elemento de cubierta. Las salidas del primer y segundo fluido se orientan una respecto a otra de manera que tienen un ángulo de incidencia de entre 5 y 30 grados. La relación del área de sección transversal de la salida del primer fluido a la salida del segundo fluido está entre 10:3 y 1:12.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos anexos ilustran realizaciones ejemplares de la invención y, junto con la descripción general dada anteriormente y la descripción detallada dada más adelante, sirven para explicar los rasgos de la invención.

La FIG. 1 es una ilustración esquemática de un sistema de protección contra incendios de niebla líquida preferido.

La FIG. 2 es una ilustración esquemática de otra realización de un sistema de protección contra incendios de niebla líquida preferido.

La FIG. 3A es una ilustración esquemática isométrica de una realización del sistema de la FIG. 1.

La FIG. 3B es una ilustración esquemática isométrica de otra realización del sistema de la FIG. 1.

La FIG. 3C es una ilustración esquemática isométrica de otra realización del sistema de la FIG. 1.

La FIG. 3D es una ilustración esquemática isométrica de aún otra realización del sistema de la FIG. 1.

La FIG. 4A es un esquema de instalación para el sistema de la FIG. 3A.

La FIG. 4B es un esquema de instalación para el sistema de la FIG. 3B.

Las FIG. 5-7 son vistas de alzado, planta y lateral respectivamente de un patín de suministro de fluido autónomo para uso en los sistemas de las FIG. 1 y 3A-3D.

La FIG. 8 es una ilustración esquemática de la operación de los sistemas de las FIG. 1 y 2.

La FIG. 9 es un gráfico de rendimiento que compara los sistemas preferidos con sistemas conocidos.

La FIG. 10 es otro gráfico de rendimiento que compara los sistemas preferidos con sistemas conocidos.

La FIG. 11 es una vista de sección transversal de una realización de un conjunto de atomizador.

La FIG. 11A es una vista detallada del conjunto de atomizador de la FIG. 11.

La FIG. 12A es otra vista detallada del conjunto de atomizador de la FIG. 11.

La FIG. 12B es un diagrama de la relación entre los pasos del atomizador de la FIG. 11.

La FIG. 13 es una vista en sección transversal de la base del atomizador de la FIG. 11.

La FIG. 13A es una vista extrema en planta de la base de la FIG. 13.

5 La FIG. 14 es una vista en sección transversal del embudo del atomizador de la FIG. 11.

La FIG. 15 es una vista en sección transversal de la conexión del atomizador de la FIG. 11.

La FIG. 16 es una vista en sección transversal de la cubierta del atomizador de la FIG. 11.

La FIG. 17 es una vista en sección transversal de una realización de otro conjunto de atomizador.

La FIG. 17A es una vista detallada del conjunto de atomizador de la FIG. 17.

10 La FIG. 18 es una vista en sección transversal de una realización de otro conjunto de atomizador.

La FIG. 18A es una vista detallada del conjunto de atomizador de la FIG. 18.

La FIG. 19 es una vista en sección transversal de un paso de fluido en el atomizador de la FIG. 11.

La FIG. 19A es una vista detallada del paso de fluido de la FIG. 11.

La FIG. 20 es un diagrama esquemático de un patrón de pulverización desde el atomizador de la FIG. 11.

15 La FIG. 21 es una vista de despiece del atomizador de la FIG. 11 y una tapa de protección.

La FIG. 22 es un gráfico que muestra la distribución de frecuencia acumulativa de tamaños de pequeñas gotas en un patrón de pulverización desde el atomizador de la FIG. 11.

Modo(s) para llevar a cabo la invención

Sistemas preferidos

20 Mostrado en la FIG. 1 está un sistema de niebla preferido 100, preferiblemente una niebla líquida, para proporcionar protección contra incendios de niebla por inundación total de un espacio cerrado 120. Más específicamente, el sistema de niebla 100 proporciona pequeñas gotas de un agente de lucha contra incendios suspendido en un gas que se distribuye en todo el espacio cerrado en una concentración eficaz para abordar, preferiblemente controlar o suprimir y más preferiblemente extinguir un incendio. El agente de lucha contra incendios es preferiblemente un líquido tal como, por ejemplo, agua. Alternativamente, el agente de lucha contra incendios puede ser vapor o además en alternativa, el agente de lucha contra incendios puede ser una espuma tal como, por ejemplo, una espuma de formación de película acuosa (AFFF). La AFFF se puede hacer de un material producido sintéticamente tal como, por ejemplo, un detergente líquido mezclado con agua.

30 Ejemplos de un espacio cerrado 120 para el cual es adecuado el sistema de niebla 100 incluyen, pero no se limitan a: salas de motores, salas de turbo maquinaria o cualquier otro recinto que requiera protección contra incendios de riesgos de líquidos inflamables en espacios de maquinaria, espacios de maquinaria de riesgos especiales y/o recintos de turbina de combustión. El espacio cerrado 120 se puede caracterizar por varias características dimensionales tales como, por ejemplo, un volumen libre total V medido en metros cúbicos (m^3) o pies cúbicos ($pies^3$); o por sus dimensiones lineales en metros (m) o pies (pies) de longitud, altura y anchura. El volumen libre total V se define como el volumen del recinto o sala menos el volumen fijo, en el que el volumen fijo se define por el equipo fijo o permanente u otra obstrucción sólida situada en el recinto.

40 El espacio cerrado 120 preferiblemente está sellado para evitar cualquier intercambio ventilado entre el interior del espacio cerrado y el entorno exterior. Alternativamente, el área total máxima de todas las aberturas de ventilación natural en el espacio, es decir, los huecos de puertas, no es de más de 4,0 metros cuadrados (m^2) (43,1 pies cuadrados ($pies^2$)). Además como alternativa, el área máxima de las aberturas de ventilación natural puede aumentar a condición de que el espacio cerrado tenga cierres clasificados contra incendios que se cierran automáticamente tras el accionamiento del sistema 100. En la medida que el espacio cerrado tiene sistemas de ventilación forzada, es decir, ventiladores y/o apagadores, los sistemas de ventilación forzada se configuran preferiblemente para apagarse tras la actuación del sistema de protección contra incendios preferido 100.

45 El sistema preferido 100 incluye al menos uno y preferiblemente dos o más, dispositivos 130 para generar y descargar una niebla en un espacio sustancialmente cerrado 120 a ser protegido el cual define un volumen de recinto V . Los dispositivos de descarga 130 son preferiblemente dispositivos de atomización o atomizadores de líquido. En el sistema de niebla líquida 100, cada uno de los atomizadores 130 está en comunicación con una fuente de líquido 140 de fluido de lucha contra incendios, preferiblemente agua y una fuente de gas presurizado 150,

preferiblemente nitrógeno o algún otro fluido comprimible. La fuente de gas 150 sirve preferiblemente como un gas de atomización para generar la niebla líquida y como un gas portador para distribución de las pequeñas gotas de líquido que forman la niebla líquida. La fuente de gas 150 es preferiblemente inerte y por lo tanto el gas puede servir además como un agente de inactivación, mejorando el rendimiento de supresión de incendios.

5 Preferiblemente, la fuente de líquido 140 y la fuente de gas 150 del sistema 100 forman un conjunto autónomo de manera que el sistema 100 tiene una fuente independiente de líquido y gas. En el sistema preferido 100, la fuente de líquido 140 es preferiblemente un depósito autónomo dedicado de líquido de lucha contra incendios y la fuente de gas 150 es preferiblemente una batería de cilindros de gas inerte. La fuente de gas 150 se conecta a una línea de alimentación que se acopla, preferiblemente en paralelo, al depósito de agua 140 y cada uno de los atomizadores 10
10 130. La fuente de gas 150 presuriza la fuente de líquido 140 de manera que el agua se puede proporcionar a cada atomizador 130 a una presión de trabajo deseada. El gas separado alimentado a los atomizadores 130 proporciona el gas con el que atomizar y arrastrar el líquido para generación de niebla. La descarga de gas desde los atomizadores además proporciona el gas a alta velocidad, preferiblemente velocidad sónica a supersónica, para transportar y distribuir la niebla en todo el volumen del recinto V. La fuente de líquido 140 y la fuente de gas 150 se
15 dimensionan preferiblemente para proporcionar una duración de descarga de los atomizadores de al menos alrededor de diez minutos, aunque el sistema 100 se puede configurar para descarga total de los suministros de líquido y gas disponibles en un tiempo que es o bien mayor o bien menor que diez minutos.

Mostrada en la FIG. 2 está una realización alternativa 200 del sistema de niebla preferido. En lugar de utilizar suministros de líquido y gas autónomos, el sistema 200 usa suministros de agua y gas disponibles de la instalación
20 que se protege. Por ejemplo, el sistema 200 y cada uno de sus atomizadores 230 pueden estar conectados, a través de un colector 252, al suministro de agua principal 240 y el suministro de gas 250 de la instalación, tal como una planta, que se protege por el sistema preferido.

Con referencia de nuevo a la FIG. 1, el sistema preferido 100 proporciona, dentro del espacio cerrado 120, uno o más detectores 160 capaces de detectar la presencia de un incendio 110 en el espacio cerrado 120. Los detectores 160 (260 en la FIG. 2) se acoplan además preferiblemente a un accionador neumático 180 para proporcionar la
25 operación automática del sistema 100. Los detectores además se configuran preferiblemente para generar una señal para operar el accionador neumático 180. Los detectores 160 además se acoplan preferiblemente al panel de alarma 170 (270 en la FIG. 2) para alertar a los operadores del sistema para operación manual del sistema. Los detectores 160 se pueden configurar como cualquiera de un detector de calor, detector de infrarrojos, detector de temperatura fija, detector de elevación de tasa temperatura, detector de humos, detector de vapor químico, detector óptico o una
30 combinación de los mismos. Los detectores proporcionan al sistema 100 redundancia o una configuración de enclavamiento doble para evitar falsos disparos del sistema 100. En operación, los detectores de calor 160 se configuran preferiblemente para generar una señal para disparar una señal de alarma en el panel 170 a fin de proporcionar señales de alarma audibles y/o visuales de que se ha detectado un incendio 110 en el espacio 120.

35 La operación del accionador 180 inicia preferiblemente una descarga de gas desde la fuente de gas 150. El gas descargado presuriza la fuente de líquido 140 para entrega del agente de lucha contra incendios líquido a cada uno de los atomizadores 130 a una presión de trabajo deseada o a una tasa de flujo preferida. En el sistema preferido 100, un orificio en línea 132 se dispone entre la fuente de líquido 140 y cada uno de los atomizadores 130 para proporcionar el líquido a los atomizadores 130 a una tasa de flujo sustancialmente constante y presión de operación
40 sustancialmente constante. Cada uno de los atomizadores 130 atomiza el líquido entrante para generar la niebla líquida para descarga en el espacio 120 para abordar un incendio 110. El gas también se entrega directamente al atomizador 130 para atomizar el fluido entrante y para descargar como un flujo de chorro de alta velocidad. La niebla líquida y el gas se descargan con impulso suficiente para desalojar una tapa de protección dispuesta alrededor de la salida del atomizador. La tapa de protección 1002, mostrada por ejemplo en la FIG. 21 (junto con una realización preferida de un atomizador 1000), cubre la salida del atomizador para proteger las partes internas del atomizador en su estado no accionado de cualquier residuo o contaminantes que puedan estar en el espacio cerrado 120. El gas preferiblemente se descarga a una velocidad sónica a supersónica, capaz de crear turbulencia dentro del espacio cerrado 120 y/o inducir corrientes de baja velocidad que pueden transportar y distribuir la niebla líquida en todo el espacio cerrado 120 para proporcionar protección contra incendios por inundación total de niebla líquida preferida.

50 La niebla líquida está compuesta preferiblemente de una gran cantidad de pequeñas gotas de líquido que oscilan en tamaño desde alrededor de 1 micra a alrededor de 10 micras y más preferiblemente de 1 a alrededor de 5 micras que son capaces de ser transportadas por las corrientes de aire inducidas. Las pequeñas gotas de líquido descargadas se dispersan en todo el espacio cerrado 120 para rodear el incendio 110. Las pequeñas gotas atraen el incendio, evaporan y generan un gran volumen de vaho o vapor líquido capaz de desplazar el oxígeno. La tasa de
55 descarga de niebla líquida y su densidad o concentración en todo el espacio es de tal que la tasa de evaporación puede desplazar eficazmente el oxígeno para abordar el incendio, preferiblemente controlar o suprimir el incendio e incluso más preferiblemente extinguir el incendio. Además de desplazar oxígeno, el vapor líquido diluye los vapores inflamables mediante el arrastre del vapor líquido. A medida que el líquido se convierte en vapor, el calor se extrae del incendio para enfriar el combustible.

60 Realizaciones preferidas adicionales de un sistema de protección contra incendios de niebla líquida con un suministro de fluido autónomo se muestran esquemáticamente en las FIG. 3A-D, 4A y 4B y se describen en el

borrador de hoja técnica de PRODUCTOS DE TYCO FIRE & BUILDING TFP2280 titulada, "Aquasonic™: Total Flooding Water Mist Type 130 and 260 Systems" (Borrador-Noviembre de 2007). El sistema 300' de la FIG. 3A se configura preferiblemente con dos atomizadores 330' montados colgantes para protección de un espacio sustancialmente cerrado que define un volumen libre de hasta 260 metros cúbicos (m³) (9.180 pies³). El sistema 300" de la FIG. 3B se configura preferiblemente con dos atomizadores 330" montados en pared lateral para protección de un espacio sustancialmente cerrado que define un volumen libre de hasta 260 metros cúbicos (m³) (9.180 pies³). El sistema 400' de la FIG. 3C se configura preferiblemente con un único atomizador 430' que está montado colgante para protección de un espacio sustancialmente cerrado que define un volumen libre de hasta 130 metros cúbicos (m³) (4.590 pies³). El sistema 400" de la FIG. 3D se configura preferiblemente con un único atomizador 430" montado en pared lateral para protección de un área de hasta 130 metros cúbicos (m³) (4.590 pies³). Para los sistemas montados colgantes 300', 400', se proporciona preferiblemente protección contra incendios al espacio cerrado 120 en el que la altura del recinto puede variar desde alrededor de 3,0 metros a alrededor de 5,0 metros (alrededor de 9,8 pies a alrededor de 16,4 pies) hasta alrededor de 8,0 metros (26,2 pies). Para los sistemas montados en pared lateral 300', 400', se proporciona preferiblemente protección contra incendios al espacio cerrado 120 en el que la altura del recinto puede variar desde alrededor de 1,0 metro a alrededor de 3,0 metros a más preferiblemente alrededor de 5,0 metros (alrededor de 3,3 a alrededor de 16,4 pies) hasta alrededor de 8,0 metros (26,2 pies).

Aunque, las pruebas de los sistemas de niebla preferidos han demostrado la capacidad de proporcionar protección contra incendios independiente de la ubicación del atomizador dentro del espacio cerrado 120. Los inventores han identificado ubicaciones preferidas para instalación de atomizador dentro del espacio cerrado 120. En los sistemas colgantes 300', 400', los atomizadores se sitúan preferiblemente a un mínimo de alrededor de 1,2 m (4 pies), preferiblemente a un mínimo de 0,3 m (1 pie) y a un máximo de 3,4 m (11 pies) de cualquier pared del recinto de manera que el atomizador tiene un camino de descarga no obstruido de alrededor de 1,2 m (4 pies) y más preferiblemente 0,9 m (3 pies) en diámetro desde el atomizador al suelo del recinto. En el caso del sistema de atomizador colgante doble 300' los atomizadores se sitúan preferiblemente en cuadrantes adyacentes opuestos o áreas de esquina del recinto 20' como se muestra, por ejemplo, en el esquema de instalación en planta de la FIG. 4A dispuestos alrededor del equipo fijo 127. Más preferiblemente, los dos atomizadores 330 tienen un espacio D entre medias de sus centros de alrededor de 3,4 metros (11 pies) y no mayor de alrededor de 9,3 metros (30,4 pies).

Una instalación preferida para los sistemas montados en pared lateral 300", 400" proporciona que los atomizadores se monten preferiblemente en las paredes de anchura más corta del espacio cerrado 120 donde el espacio del recinto tiene una planta rectangular. Los atomizadores de los sistemas de pared lateral preferidos se montan a un mínimo de alrededor de 1,0 metro (3,3 pies) de cualquier esquina del recinto y además a un mínimo de 3,8 metros (12,5 pies) a un máximo de 12,0 metros (39,3 pies) de la pared opuesta del recinto. Además, los atomizadores 430' se montan preferiblemente a un mínimo de alrededor de 1,0 metro (3,3 pies) por debajo del techo a no más de la mitad de la altura del recinto desde el techo con un camino de descarga no obstruido de alrededor de 1,5 metros (4,9 pies) de diámetro desde el atomizador a la pared opuesta del recinto.

Alternativamente o además de, donde una instalación del sistema no pueda evitar una obstrucción en el camino de descarga o bien en la configuración colgante o bien en la de pared lateral, los atomizadores se sitúan preferiblemente de manera que el área de sección transversal de un patrón de pulverización de descarga contiene no más de un 40% de obstrucción en la zona de desarrollo del patrón de pulverización y no más del 50% de obstrucción más allá de la zona de desarrollo del patrón de pulverización. La zona de desarrollo del patrón de pulverización se define como la región desde el extremo de salida del atomizador a una distancia DZ distal del atomizador donde el patrón de pulverización está completamente desarrollado. En el esquema del atomizador preferido 1000 mostrado en la FIG. 20, el patrón de pulverización se considera completamente desarrollado a alrededor de 64 pulgadas (1,6256 metros) del extremo de salida del atomizador en cuyo punto el patrón de pulverización define una sección transversal circular que tiene un diámetro D1A de alrededor de 36 pulgadas (0,9144 metros).

En el caso del sistema de atomizador de pared lateral doble 300", los atomizadores 330' se sitúan preferiblemente en cuadrantes adyacentes o áreas de esquina opuestas del recinto 20' como se muestra, por ejemplo, en el esquema de instalación en planta de la FIG. 4B. Más preferiblemente, los dos atomizadores 330' deberían tener un espacio entre medias para definir una distancia perpendicular Dp entre las líneas centrales CL de descarga de los atomizadores que oscilan entre un mínimo de alrededor de 1,0 metros (3 pies-3 pulgadas) a un máximo de alrededor de 4,6 metros (15 pies-1pulgada).

Instalación de tuberías preferida de los sistemas de agua nebulizada

Cada uno de los atomizadores en un sistema de niebla líquida preferido se acopla preferiblemente al suministro de fluido para asegurar que el líquido se entrega al atomizador a una tasa de flujo sustancialmente constante preferida y el gas se entrega a los atomizadores a una presión de operación deseada. Una instalación más preferida de un sistema de protección contra incendios de niebla que tiene dos atomizadores para la protección de un espacio de 260 metros cúbicos (9.180 pies³) con un suministro de fluido autónomo de gas y gas de nitrógeno se describe en la publicación de ANSUL INC., Parte de Ansul N° 435650, titulada "Aquasonic™ Water-Atomizing Fire Suppression System: Design, Installation, Recharge and Maintenance Manual" (2008).

La instalación preferida proporciona un sistema de conformidad con los requisitos del estándar publicado por la NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, "NFPA 750: Standard on Water Mist Fire Protection Systems" (mayo de 2006). El sistema preferido se instala para proporcionar una operación automática, manual y remota opcional. Como un sistema autónomo, la instalación preferida proporciona un montaje de patín portátil para el suministro de líquido, suministro de gas y controles del sistema asociados. El patín se configura preferiblemente para montaje exterior o interior, en donde en particular, el patín define un conjunto de suministro de fluido y de control que tiene una huella o dimensión total de manera que el conjunto se puede mover a través de huecos de puerta de tamaño estándar.

Mostrado en las FIG. 5-7 está un patín de suministro de fluido autónomo 500 para uso en cualquiera de los sistemas de niebla fluida descritos anteriormente. El patín de suministro preferido 500 incluye una fuente de líquido configurada como un depósito 502 que tiene una capacidad de al menos 95 litros (25 galones) y más preferiblemente una capacidad de alrededor de 191 litros (50 galones) que contiene un líquido de lucha contra incendios, preferiblemente agua, para protección de al menos un espacio cerrado de 130 m³ (4.590 pies³) y más preferiblemente un espacio cerrado de 260 m³ (9.180 pies³). El depósito 502 se puede dimensionar alternativamente para proporcionar un suministro de agua basado en el volumen del recinto protegido; no obstante el depósito se debería dimensionar suficientemente para proporcionar una duración de descarga de niebla de al menos diez minutos. El depósito 502 es un vaso de presión, preferiblemente certificado ASME, a al menos alrededor de 14,8 bares (215 psi). El depósito 502 además incluye una entrada de llenado 506 y una salida 508 para conexión a las tuberías del sistema en comunicación con uno o más atomizadores.

El patín de suministro 500 además incluye una fuente de gas 510 que está configurada preferiblemente como una batería de cilindros de un gas sustancialmente inerte, por ejemplo, gas de nitrógeno. En el patín de suministro 500 mostrado, la batería de cilindros incluye un total de seis cilindros de gas de nitrógeno de 11,3 m³ (400 pies³) escenificado para la protección del espacio cerrado de 260 m³ (9.180 pies³). Se pueden proporcionar más o menos cilindros dependiendo del tamaño del espacio que se protege, por ejemplo, el patín de suministro para la protección del espacio cerrado de 130 m³ (4.590 pies³) incluye un total de tres cilindros de 11,3 m³ (400 pies³). Con independencia del número o tamaño de los cilindros, el suministro de gas se selecciona preferiblemente para proporcionar una duración de descarga de niebla de al menos 10 minutos.

El depósito 502 y los cilindros 510 se alojan dentro de un bastidor de suministro de patín 522 que se dimensiona de manera que el conjunto de patín entero pueda caber a través de un hueco de puerta de tamaño estándar. Para el conjunto de patín preferido 502 mostrado, el patín tiene una altura máxima H de alrededor de 2,2 m (6,5 pies) una anchura máxima W de alrededor de 0,9 m (3 pies) y una longitud máxima L de alrededor de 1,6 m (5,3 pies)

En una disposición de tuberías preferida para cualquiera de los sistemas de agua nebulizada autónomos descritos anteriormente, el suministro de gas 510 presuriza el suministro de líquido 502 de manera que el líquido y el gas se entregan al atomizador a la misma presión de operación, preferiblemente que oscila entre alrededor de 2,1 bares a 24,1 bares (30 psi a 350 psi), tal como por ejemplo, de alrededor de 8,3 bares (120 psi) a alrededor de 6,9 bares (100 psi), entre alrededor de 7,9 bares (115 psi) y alrededor de 6,9 bares (100 psi), entre alrededor de 7,7 bares (112 psi) y alrededor de 6,9 bares (100 psi), entre alrededor de 7,6 bares (110 psi) y alrededor de 6,9 bares (100 psi) y es más preferiblemente de alrededor de 6,9 bares (100 psi). Más específicamente, cada uno de los cilindros de gas 510 del patín 500 está equipado preferiblemente con un regulador de gas 512 preferiblemente fijado a un intervalo de presión de flujo entre alrededor de 7,7 bares (112 psi) a alrededor de 8,3 bares (120 psi) para un gas presurizado alimentado en un colector de tuberías 514. El colector de tuberías 514 incluye un extremo de salida de descarga 516 para suministrar el gas a los atomizadores del sistema con una presión mínima preferida de alrededor de 7,6 bares (110 psi).

El colector 514 además incluye preferiblemente un extremo de salida de descarga ramificado 513 para acoplar al depósito de agua 502 para presurizar el depósito 502 de agua u otro suministro de líquido a una presión de descarga a la salida de alimentación de agua 508 de al menos alrededor de 7,6 bares (110 psi). Dado el tamaño preferido de los suministros de líquido y gas en el patín de suministro de fluido autónomo preferido 500, las tuberías entre la salida de alimentación y cada uno de los atomizadores se dimensiona para tener un volumen de tuberías máximo de no más de 50 litros (13 galones) usando tubo que oscila desde tubo de 15 mm (½ pulgada) a 25 mm (1 pulgada) de diámetro. Con referencia de nuevo al esquema del sistema de la FIG. 1, las tuberías de suministro de agua además incluyen preferiblemente un dispositivo de orificio en línea 132 próximo a la entrada de cada entrada de atomizador para reducir la presión de fluido al atomizador a una presión preferiblemente sustancialmente constante de alrededor de 0,5 bares (7 psi) y una tasa de flujo más preferida de alrededor de 5,7 lpm (1,5 gpm). El orificio de restricción en línea preferido tiene un diámetro de orificio de restricción que oscila preferiblemente desde alrededor de 0,080 pulgadas (2,032 mm) a alrededor de 0,092 pulgadas (2,3368 mm) con un coeficiente de eficiencia de flujo (Cd) de aproximadamente 0,78. Alternativamente o además de, el orificio en línea define un intervalo de factores K que oscilan desde alrededor de 2,13 lpm/(bar)^½ (0,148 gpm/(psi)^½) a alrededor de 2,13 lpm/(bar)^½ (0,196 gpm/(psi)^½), en donde el flujo total desde el conjunto de atomizador y orificio es igual al factor K multiplicado por la raíz cuadrada de la presión de suministro de agua. Por consiguiente, el regulador de gas y el orificio de líquido facilitan una relación de flujo masivo de líquido a gas preferida constante en cada uno de los atomizadores.

Los sistemas de niebla líquida preferiblemente proporcionan accionamiento manual, automático y/o remoto del sistema. Por consiguiente, como se ve en la FIG. 5, el patín de suministro 500 incluye preferiblemente un panel de control 515 que acciona automáticamente el sistema de niebla líquida después de recibir una señal de entrada de uno o más dispositivos de iniciación, es decir, un accionador manual o uno de los detectores 160. El panel de control 515 además proporciona preferiblemente accionamiento manual del sistema con un conmutador de operación manual que se puede operar local o remotamente.

Un método preferido de operación para cada uno de los sistemas de agua nebulizada preferidos se muestra en la ilustración esquemática de la FIG. 8. El método preferido proporciona generar una niebla líquida para hacer eficazmente al menos uno de abordar, controlar, suprimir o más preferiblemente extinguir un incendio 110 en el área cerrada a ser protegida. Además, el método preferido incluye distribuir la niebla en todo el espacio cerrado 120 para hacer eficazmente al menos uno de abordar, controlar, suprimir o más preferiblemente extinguir un incendio 110 en el área cerrada a ser protegida. La distribución de la niebla líquida en todo el espacio cerrado 120 proporciona preferiblemente una inundación total de la niebla dentro de los espacios cerrados para distribuir sustancialmente la niebla por igual u homogéneamente en todo el espacio cerrado de manera que cada volumen unidad del espacio cerrado contiene al menos una cantidad o concentración de niebla para abordar eficazmente el incendio 110 con independencia de la ubicación u orientación del dispositivo de generación de niebla respecto al incendio.

Distribuir la niebla líquida además incluye preferiblemente generar turbulencia en el espacio cerrado para inducir corrientes capaces de transportar y dispersar la niebla líquida. Preferiblemente, los atomizadores del sistema descargan un gas en el espacio cerrado 120 a una velocidad alta que oscila de velocidad sónica a más preferiblemente supersónica para proporcionar la turbulencia preferida.

Generar la niebla líquida preferiblemente define un volumen o masa media de niebla para cada unidad de volumen de espacio (densidad de niebla) o al menos cada 130 m^3 (4.590 pies^3) de volumen de recinto V en el espacio cerrado 120 que es capaz de abordar un incendio 110 situado en cualquier sitio en el espacio cerrado 120 a través de inundación total. Por consiguiente, el método preferido puede abordar adecuadamente un incendio 110 que está o bien apantallado o bien obstruido por un objeto desde el atomizador 130 o alternativamente abordar un incendio situado fuera del camino de descarga directo del atomizador 130. De esta manera, el método preferido proporciona protección contra incendios sustancialmente en todo el espacio cerrado entero 120, independiente de la situación del atomizador 130 respecto al incendio. Además debido a que la cantidad mínima de niebla suficiente para abordar un incendio es una función del volumen del recinto V del espacio cerrado 120, el método de protección por niebla es independiente de cualquier característica dimensional lineal del espacio cerrado 120.

Además la densidad de niebla mínima puede ser una función de la manera en la que va a ser abordado un incendio. Por ejemplo, el método preferido puede proporcionar una densidad de niebla configurada para abordar el incendio mediante cualquiera de: control, supresión y/o extinción de un incendio. Más específicamente, el sistema preferido y su método de generación de una niebla líquida que incluye proporcionar una distribución adecuada de pequeñas gotas que tienen un tamaño de pequeña gota eficaz para abordar un incendio. Preferiblemente, la niebla líquida se compone sustancialmente de pequeñas gotas de líquido que tienen un diámetro por debajo de 50 micras, más preferiblemente por debajo de 10 micras e incluso más preferiblemente que oscila desde alrededor de 1 a alrededor de 5 micras. El tamaño pequeño de las pequeñas gotas de agua hace posible a corrientes de aire de baja velocidad, derivadas de la turbulencia generada preferiblemente, transportar y distribuir por igual estas pequeñas gotas en múltiples direcciones dentro del espacio cerrado 120.

Se cree que generar una niebla líquida que tiene pequeñas gotas de líquido en el intervalo de tamaño preferido en combinación con distribución homogénea de la niebla líquida en todo el espacio cerrado 120 puede abordar eficazmente un incendio independiente de la ubicación u orientación del atomizador 130 beneficiándose de la capacidad de evaporación del líquido, por ejemplo agua, para desplazar oxígeno para privar a un incendio de oxígeno a fin de abordarlo, controlarlo, suprimirlo o más preferiblemente extinguirlo. El desplazamiento de oxígeno por vapor de agua ocurre tanto localmente, es decir, dentro de la llama del fuego, como globalmente, es decir, fuera de la llama y dentro del espacio cerrado 120. Además la conversión del agua a vapor proporciona el otro mecanismo de lucha contra incendios descrito anteriormente, por ejemplo, extrayendo calor del incendio enfriando el combustible.

El agua desplaza el oxígeno mediante su evaporación, conversión y expansión de líquido a vapor. Un litro de agua líquida a presión atmosférica se expande a aproximadamente 1600-1700 litros de vapor de agua tras su evaporación. Por consiguiente, la capacidad de desplazamiento de la niebla líquida para una unidad de volumen de niebla líquida está relacionada directamente con la proporción de su volumen capaz de evaporación tras el acoplamiento con un incendio o el calor que emana del mismo. De esta manera, los sistemas de niebla preferidos y su método de operación entregan en el espacio cerrado 120 una descarga de niebla en la que una gran proporción de la niebla es capaz de evaporación en una región próxima a la columna de fuego. Las columnas de fuego típicas a ser abordadas por los sistemas preferidos, oscilan en velocidad desde alrededor de 1,5 metros por segundo (5 pies por segundo) a alrededor 15 metros por segundo (50 pies por segundo) y la región en la que las pequeñas gotas de agua de una agua nebulizada necesitan evaporar está dentro de los 8 cm a 30 cm (3 a 12 pulgadas) iniciales de la columna de fuego.

No deseando que esté limitado por ninguna teoría particular, se cree que las pequeñas gotas de agua dentro de esta región necesitan evaporar preferiblemente dentro de un intervalo de 0,02 segundos a alrededor de 0,05 segundos para extinguir directamente el incendio a través de la reducción de oxígeno sustancialmente localizada. Teniendo un agua nebulizada en la que una gran distribución de las pequeñas gotas de agua tienen un tamaño en el intervalo de tamaño de pequeñas gotas preferido de por debajo de 10 micras, la niebla contiene una distribución de pequeñas gotas de agua que se pueden evaporar dentro del intervalo de 0,02 a 0,05 segundos tras estar dentro de los 8 cm a 30 cm (3 a 12 pulgadas) iniciales de la columna de fuego.

Además, debido a que una mayor parte de la niebla de descarga se usa para reducción de oxígeno, se requiere una menor cantidad de líquido para abordar eficazmente un incendio comparado con los sistemas de rociadores convencionales. El método preferido de protección contra incendios de niebla líquida o más específicamente inundación total, se cree que también usa menos agua que los sistemas de protección contra incendios de agua nebulizada conocidos para abordar eficazmente un incendio. El método preferido y su niebla líquida descargada incluyen mecanismos adicionales con los cuales abordar un crecimiento del incendio, por ejemplo, además de desplazar oxígeno, la evaporación de las pequeñas gotas de agua extrae calor del fuego enfriando por ello el combustible.

Los sistemas y métodos de niebla preferidos presentan una "tecnología ecológica" o medioambientalmente fácil de usar para protección contra incendios. Específicamente, los bajos volúmenes de agua usados por los sistemas minimizan el gasto de agua y el escurrimiento. Además, el uso del gas de nitrógeno preferido como un fluido de atomización y transporte no presenta un riesgo adicional para el medio ambiente, los operadores del sistema o el personal en el caso de un incendio y accionamiento del sistema.

Parámetros del sistema

El diseño y rendimiento de los sistemas de niebla líquida preferidos como un todo se pueden definir como una función de uno o más parámetros de entrada del sistema tales como, por ejemplo, la presión y/o tasa de flujo de los fluidos a los dispositivos de atomización, el volumen y configuración del espacio cerrado 120 a ser protegido, el combustible en el espacio cerrado a ser protegido, el tipo/tamaño de incendio anticipado a ser abordado por el sistema y/o el tamaño y la configuración de la abertura de ventilación en el espacio cerrado.

Más específicamente, el volumen, flujo, densidad de niebla y/o tamaño de las pequeñas gotas de la niebla fluida a ser descargadas por el sistema en el espacio cerrado 120 se pueden definir, por ejemplo, por las características de entrada del gas, la tasa de flujo de líquido y/o la relación entre los dos. Por ejemplo, en los sistemas de protección contra incendios de niebla descritos anteriormente, una tasa de flujo de líquido dada puede proporcionar una niebla líquida eficaz para abordar un incendio a condición de que haya un flujo y presión suficiente de gas de atomización. Los atomizadores 130 usados en los métodos y sistemas preferidos descritos anteriormente se configuran preferiblemente como atomizadores de múltiples fluidos, por ejemplo tales como, atomizadores de fluido gemelos o dobles que usan preferiblemente un líquido y un gas para generar la niebla. Los atomizadores preferidos para uso en los sistemas y métodos preferidos anteriores se describen en mayor detalle más adelante. Alternativamente, atomizadores de fluido único u otros de líquido se pueden usar a condición de que tales dispositivos puedan proporcionar la niebla deseada que tiene la concentración de volumen, el tamaño de pequeñas gotas y las características de distribución adecuadas que se describe en la presente memoria.

Descrito en la presente memoria más adelante, por ejemplo, con respecto a usar el atomizador preferido de la FIG. 11. Los solicitantes han identificado una presión de gas de entrada o presión de operación de gas para formación de la niebla líquida preferida que oscila desde alrededor de 2,1 bares a 24,1 bares (30 psi a 350 psi); preferiblemente oscila desde alrededor de 5,0 bares a 13,8 bares (72 psi a alrededor de 200 psi); más preferiblemente oscila desde alrededor de 5,9 bares a 9,0 bares (85 psi a alrededor de 130 psi); aún incluso más preferiblemente oscila desde alrededor de 6,9 bares a alrededor de 8,4 bares (100 psi a alrededor de 122 psi); y es lo más preferiblemente de alrededor de 7,6 bares (110 psi). Alternativamente o además de, estas presiones de gas de entrada definen tasas de flujo masivas y tasas de flujo de gas volumétrico que oscilan preferiblemente desde alrededor de 0,0141 kg/s (25 scfm) a alrededor de 0,1667 kg/s; 0,0476 kg/s (84 scfm) a alrededor de 0,0619 kg/s (109 scfm) y es preferiblemente de alrededor de 0,0476 kg/s (84 scfm). Los sistemas de agua nebulizada preferidos y su operación son también más eficientes que los sistemas de agua nebulizada conocidos debido a que los sistemas preferidos 300', 400' operan a presiones más bajas que los sistemas de agua nebulizada de alta presión conocidos. Específicamente, los sistemas de agua nebulizada de alta presión conocidos requieren una presión de operación mínima de alrededor de 70 bares (1.015 psi.). Comparativamente, los sistemas 300, 400 solamente requieren una presión de operación mínima de alrededor de 6,9 bares (100 psi).

Los solicitantes han determinado que a fin de generar una niebla fluida eficaz para abordar un crecimiento del incendio usando los atomizadores preferidos, se requiere un suministro de líquido configurado adecuadamente en la entrada del atomizador en vista del suministro de entrada de gas. Preferiblemente, la presión de líquido en la entrada de líquido del atomizador preferido es de alrededor de 0,5 bares (7 psi) y a una tasa de flujo de alrededor de 1-4 gpm (3,8-15,1416 lpm), tal como por ejemplo, alrededor de 3 gpm (11,3562 lpm) o alrededor de 3,8 lpm a alrededor de 7,61 lpm (1-2 gpm). Más preferiblemente, el rendimiento de un sistema de agua nebulizada preferido y las características de la niebla fluida a ser descargada son una función de la relación de flujo masivo de líquido a gas.

Más específicamente, los solicitantes han determinado que los atomizadores preferidos 130 proporcionan una niebla líquida eficaz donde los fluidos en la entrada del atomizador 130 proporcionan una relación de flujo masivo de líquido a gas dentro del intervalo de alrededor de 1:1 a alrededor de 3:1 y más preferiblemente de alrededor de 1,75:1 a alrededor de 2,25:1 a alrededor de 2,5:1 para un flujo masivo de entrada o presión de gas dados al dispositivo de atomización. Debido a que tal relación se puede definir por un fluido como una función del otro, el rendimiento del atomizador y por lo tanto el rendimiento de lucha contra incendios del sistema se pueden determinar por las características de entrada de al menos un fluido, preferiblemente el gas.

Alternativamente, el diseño y rendimiento del sistema pueden ser una función del tamaño de la sala. Por ejemplo, una realización preferida del sistema de niebla proporciona descargar al menos uno de un volumen mínimo y máximo de niebla líquida, medida en litros (L) (galones (gal.)), para abordar un incendio en el espacio cerrado 120. En una realización particular del sistema de niebla preferido un volumen de descarga de niebla líquida oscila desde un mínimo de alrededor de 22,7 litros (6 galones) de líquido a alrededor de 57 litros (15 galones) para protección contra incendios de un espacio cerrado 120 que tienen un volumen de alrededor de 260 m³ (9.180 pies³). El método además define protección contra incendios de un espacio cerrado 120 que tiene un volumen de alrededor de 130 metros cúbicos (m³) (4.590 pies³) con un volumen de descarga de niebla líquida que oscila desde un mínimo de 11,4 litros (3 galones) de líquido a alrededor de 28,4 litros (7,5 galones) para la misma concentración de pequeñas gotas. En un aspecto preferido, un volumen de suministro de líquido total de un sistema preferido oscila desde cincuenta y siete litros (57 L) (quince galones (15 galones)) a alrededor de noventa y cinco litros (95 L) (veinticinco galones (25 galones)) para cada 130 m³ (4.590 pies³) de espacio cerrado.

Aunque los sistemas de niebla preferidos se dimensionan para un tiempo de descarga total mínimo, preferiblemente de alrededor de diez minutos, el sistema se puede dimensionar alternativamente para proporcionar un volumen de descarga total mínimo de niebla líquida como una función del tamaño del incendio anticipado en el espacio cerrado a ser protegido. Por ejemplo, un diseño de sistema preferido puede proporcionar un volumen de líquido de descarga total de niebla para extinguir un fuego para una unidad de volumen de recinto dada, el volumen de extinción, medido en litros por metro cúbico (l/m³) (galones por pie cúbico (gal/pie³)). Preferiblemente, el volumen de extinción total de la niebla líquida es menor que alrededor de ocho galones (8 galones) por cada 130 m³ (4.590 pies³) de espacio cerrado. Más preferiblemente el volumen de extinción total del sistema oscila desde 0,57 litros por metro cúbico (0,57 litros/m³) (0,0042 galones por pie cúbico (0,0042 galones/pie³)) a 0,057 litros por metro cúbico (0,057 litros/m³) (0,00042 galones por pie cúbico (0,00042 galones/pie³)) para un intervalo normalizado de tamaños de incendio que oscilan desde alrededor de uno (1 kW/m³) a alrededor de ocho (8 kW/m³).

Debido a que el diseño y el método de operación preferidos de los sistemas preferidos puede proporcionar un volumen total de extinción de incendio, los parámetros de sistema preferidos pueden definir además un intervalo de tiempo de extinción de un intervalo de tamaños de incendios normalizados. En un aspecto del método preferido, los tiempos de extinción para un sistema preferido oscilan desde alrededor de 780 segundos a alrededor de 80 segundos, preferiblemente desde alrededor de 500 segundos a alrededor de 80 segundos y más preferiblemente desde alrededor de 420 segundos a alrededor de 80 segundos, para un intervalo normalizado de tamaños de incendios que oscilan desde alrededor de 1 kW/m³ a alrededor de 8 kW/m³.

Rendimiento y escalabilidad

Tres de los sistemas de niebla preferidos descritos anteriormente se probaron bajo diversos retos de incendio en un espacio cerrado 120 que mide 7,72 m (25,3 pies) (largo) por 6,55 m (21,5 pies) (ancho) por 5,1 (16,8 pies) (alto) para un volumen V de alrededor de 260 m³ (9180 pies³) Con referencia de nuevo a las FIG. 3A-3C los siguientes sistemas: (i) sistema de niebla 300' que tiene dos atomizadores montados en techo 330'; (ii) sistema de niebla 300' que tiene dos atomizadores montados en pared lateral 330"; y (iii) sistema de niebla 400' con un único atomizador montado en techo 430'. Los atomizadores de cada sistema se situaron de una manera preferida como se describió anteriormente, con los atomizadores montados en techo a una altura libre mínima de alrededor de 1,2 m (4 pies) desde la pared del recinto y los atomizadores de pared lateral situados en las paredes cortas para maximizar su distancia de descarga.

Cada uno de los sistemas se probaron con un incendio de combustible heptano en el que la tasa de liberación de calor (HRR) se varía como sigue: 250 kW, 500 kW, 1000 kW y 2.000 kW. Para cada escenario de incendio, el combustible se situó en una cazoleta circular con un diámetro que varió con la cantidad de combustible, Dia. (cm)/Cant. de Combustible (litros), como sigue: 45 cm/(16 litros) para la HRR de 250 kW; 62 cm/(30 litros) para la HRR de 500 kW; 79 cm/(24,5 litros) para la HRR de 1.000 kW; y 112 cm/(49 litros) para la HRR de 2.000 kW. Para cada uno de los incendios de 1.000 kW y 2.000 kW, se añadieron al combustible partes iguales de agua. Los incendios de prueba se situaron en el suelo en el centro geométrico del espacio cerrado, por debajo de una obstrucción de tabla de acero (2,0 m x 2,0 m), con la obstrucción de alrededor de 0,7 m por encima de la cazoleta circular de combustible. Adicionalmente, se permitió a cada incendio arder (arder previamente) durante un periodo de tiempo predeterminado antes de que se encendiese el sistema de supresión por agua nebulizada. Los incendios de 250 kW y 500 kW se permitieron que ardiesen previamente durante 120 segundos y los incendios de 1.000 kW y 2.000 kW se permitieron que ardiesen previamente durante 30 segundos.

ES 2 569 071 T3

5 Para cada escenario de incendio, cada uno de los sistemas de dos atomizadores 300', 400' se probaron primero con una tasa de flujo de agua a presión de gas de nitrógeno de 5,7 lpm (1,5 gpm) para 6,9 bares (100 psi) entregada a cada atomizador y entonces probada posteriormente con una tasa de flujo de agua a presión de gas de nitrógeno de alrededor de 9,5 lpm (2,5 gpm) para 12,1 bares (175 psi) entregada a cada atomizador. El sistema de atomizador único se probó primero con una tasa de flujo de agua a presión de gas de nitrógeno de 11,4 lpm (3 gpm) para 13,8 bares (200 psi) entregada a cada atomizador. Cada uno de los sistemas se probó con un incendio de combustible heptano midiendo, para una tasa de liberación de calor dada: (i) el tiempo del sistema para la extinción; (ii) la descarga de volumen de agua nebulizada total en el momento de la extinción; y (iii) la concentración de oxígeno en el espacio cerrado 120 en el momento de la extinción.

10 Resumen de los resultados de las pruebas para dos atomizadores de montaje en techo

Tamaño de Incendio [kW]	Tamaño de Incendio HRR [kW/m ³]	Tamaño de Incendio Normalizado [kW/m ³]	Presión para cada Atomizador [bar (psi)]	Tasa de Flujo Total del Sistema [lpm (gpm)]	Tiempo de Ext. [seg]	O2 Final [%]	Flujo Total a la Ext. [L (gal.)]
2.000	7,69	7,69	6,9 (100)	11,4 (3,0)	111	15,4	21,2 (5,6)
2.000	7,69	7,69	12,1 (175)	17,8 (4,7)	111	15,5	32,9 (8,7)
1.000	3,85	3,85	6,9 (100)	11,4 (3,0)	374	15,7	70,8 (18,7)
1.000	3,85	3,85	12,1 (175)	18,2 (4,8)	216	15,4	86,3 (22,8)
500	1,92	1,92	6,9 (100)	11,4 (3,0)	455	15,4	86,3 (22,8)
500	1,92	1,92	12,1 (175)	18,9 (5,0)	301	15,0	95,0 (25,1)
250	0,96	0,96	6,9 (100)	11,4 (3,0)	1.018	15,0	193 (50,9)
250	0,96	0,96	12,1 (175)	18,9 (5,0)	431	15,1	136 (35,9)

Resumen de los resultados de las pruebas para dos atomizadores de montaje en pared lateral

Tamaño de Incendio [kW]	Tamaño de Incendio HRR [kW/m ³]	Tamaño de Incendio Normalizado [kW/m ³]	Presión para cada Atomizador [bar (psi)]	Tasa de Flujo Total del Sistema [lpm (gpm)]	Tiempo de Ext. [seg]	O2 Final [%]	Flujo Total a la Ext. [L (gal.)]
2.000	7,69	7,69	6,9 (100)	11,4 (3,0)	82	17,0	15,5 (4,1)
2.000	7,69	7,69	12,1 (175)	18,9 (5,0)	85	16,0	26,9 (7,1)
1.000	3,85	3,85	6,9 (100)	11,4 (3,0)	224	16,8	42,4 (11,2)
1.000	3,85	3,85	12,1 (175)	18,9 (5,0)	164	17,0	51,9 (13,7)
500	1,92	1,92	6,9 (100)	11,4 (3,0)	349	16,5	66,2 (17,5)
500	1,92	1,92	12,1 (175)	18,9 (5,0)	319	15,6	101
250	0,96	0,96	6,9 (100)	11,4 (3,0)	866	15,6	164 (43,3)
250	0,96	0,96	12,1 (175)	18,9 (5,0)	501	15,3	158 (41,8)

Resumen de los resultados de las pruebas para un único atomizador de montaje en techo

Tamaño de Incendio HRR [kW]	Tamaño de Incendio Normalizado [kW/m ³]	Presión para cada Atomizador [bar (psi)]	Tasa de Flujo Total del Sistema [lpm (gpm)]	Tiempo de Ext. [seg]	O2 Final [%]	Flujo Total a la Ext [L (gal.)]
2.000	7,69	13,8 (200)	11,4 (3,0)	145	14,7	27,6 (7,3)
1.000	3,85	13,8 (200)	11,4 (3,0)	237	15,2	45,0 (11,9)
500	1,92	13,8 (200)	11,4 (3,0)	500	16,1	94,6 (25,0)
250	0,96	13,8 (200)	11,4 (3,0)	766	16,1	145 (38,3)

5 Los resultados de pruebas de incendio con éxito demuestran la capacidad de los sistemas y métodos preferidos descritos en la presente memoria para proporcionar protección contra incendios eficaz. Además, las pruebas de incendios demuestran que el rendimiento del sistema está influido, por ejemplo, por uno o más de los parámetros del sistema de entrada tratados anteriormente.

10 Por ejemplo, mostrados en la FIG. 9 hay tres gráficos para el consumo de agua total para la extinción sobre un intervalo de tamaños de incendios normalizados nominales en los sistemas preferidos 300', 300", 400' descritos anteriormente. El incendio normalizado es el tamaño de incendio por volumen unidad del recinto medido en kilovatios por metro cúbico (kW/m³). El gráfico 600 muestra el consumo de agua para la extinción para el sistema preferido 300' en el que se montan en techo dos atomizadores 330'. El gráfico 602 muestra el consumo de agua para la extinción por el sistema preferido 400' en el que se monta en el techo un único atomizador 430'. El gráfico 604 muestra el consumo de agua para la extinción para el sistema preferido 300" en el que se montan en las paredes laterales dos atomizadores 330".

15 Los tres gráficos 600, 602, 604 son sustancialmente similares sobre el intervalo de tamaños de incendios normalizados nominales. Los gráficos 600, 602, 604 por lo tanto ilustran que los sistemas y métodos preferidos proporcionan un rendimiento de protección contra incendios sustancialmente constante con independencia de dónde o de qué manera se montan los atomizadores dentro del recinto. Más específicamente, los gráficos 600, 602, 604 indican que un sistema de atomizador único puede cumplir igual que un sistema de atomizador doble, es decir, requieren sustancialmente la misma cantidad de agua para la extinción, para un intervalo común de tamaños de incendios nominales, preferiblemente que oscilan desde alrededor de 1 kW/m³ a 8 kW/m³. Por lo tanto, se cree que un sistema preferido que tiene un único atomizador puede cumplir igual que un sistema con dos atomizadores a condición de que sus tasas de flujo total sean iguales. De esta manera, un sistema 400' con un único atomizador 430' se puede escalar adecuadamente descargando líquido a una tasa de flujo de 11,4 lpm (3 gpm) para proporcionar una protección contra incendios igual que un sistema 300', 300" que tiene dos atomizadores 330', 330" cada uno que descarga a una tasa de flujo de 5,7 lpm (1,5 gpm). Los otros gráficos 606, 608 muestran respectivamente el rendimiento de un sistema de agua nebulizada de alta presión conocido y un sistema de agua nebulizada de baja presión, cada uno de los cuales requiere una gran cantidad de agua para la extinción.

30 Otro conjunto de gráficos de rendimiento 700, 702, 704 se proporciona en la FIG. 10, en la que cada gráfico muestra el tiempo de extinción para una tasa de liberación de calor de incendio normalizada nominal. El gráfico 700 muestra el tiempo de extinción por el sistema preferido 300' en el que se montan en el techo dos atomizadores 330'. El gráfico 702 muestra el tiempo de extinción por el sistema preferido 400' en el que se monta en el techo un único atomizador 430'. El gráfico 704 muestra el tiempo de extinción por el sistema preferido 300" en el que se montan en pared lateral dos atomizadores 330". Los otros gráficos 706, 708 de la FIG. 10 muestran el tiempo de extinción respectivamente para un sistema de niebla de alta presión y un sistema de niebla de baja presión conocidos. Los gráficos 700, 702, 704 para los sistemas preferidos convergen sustancialmente para un tamaño de incendio normalizado de alrededor de 8 kW/m³ y solamente varía ligeramente relativamente a medida que disminuye el tamaño de incendio normalizado. De nuevo, los gráficos 700, 702, 704 demuestran que los sistemas preferidos se pueden configurar para proporcionar sustancialmente el mismo rendimiento de protección contra incendios, es decir, tiempo de extinción, independiente de la orientación de montaje y/o ubicación de los atomizadores dentro del recinto que se protege. Además, los gráficos ilustran un rendimiento sustancialmente igual de un único atomizador comparado con un sistema con dos atomizadores a condición de que cada sistema tenga un volumen de descarga total constante o equivalente en el volumen. En el intervalo inferior de tamaños de incendios normalizados, los gráficos ilustran la capacidad de los sistemas preferidos 300', 300", 400' de tener un tiempo más corto de extinción cuando se compara con o bien el sistema de agua nebulizada de alta presión conocido o bien un sistema de niebla de baja presión.

Se dirigieron pruebas adicionales para demostrar la escalabilidad de los sistemas preferidos para proporcionar protección contra incendios de niebla a sistemas cerrados más grandes más allá de 260 m³ (9.180 pies³). En particular, las pruebas de fuego se dirigieron a evaluar el rendimiento del sistema de agua nebulizada preferido en un espacio cerrado que mide 13 m (42,5 pies) de largo por 10 m (32,8 pies) de ancho por 8,0 m (26,2 pies) de alto para un volumen V de alrededor de 1.040 m³ (36.700 pies³) con una abertura de ventilación de 4 m² en una de las dos paredes más cortas. Los atomizadores montados en el techo en una orientación colgante se utilizaron para todas las pruebas. El rendimiento del sistema de dos atomizadores colgantes 300' para el recinto de 260 m³ (9.180 pies³), en el que cada atomizador se dotó con 6,9 bar (100 psi) de presión de gas y una tasa de flujo de agua de 5,7 lpm (1,5 gpm) que corresponde a una tasa de flujo de sistema total de 11,4 lpm (3 gpm), se usó como un base comparativa a fin de evaluar el rendimiento de un sistema de recinto más grande.

Se utilizó para todas las pruebas un incendio de prueba con una tasa de liberación de calor nominal de 2.000 kW. Para cada incendio, 38 litros (10 galones) de combustible heptano y aproximadamente 38 litros (10 galones) de agua se situaron en una cazoleta circular con un diámetro de 112 cm. Los incendios de prueba se situaron en el suelo en el centro geométrico del espacio cerrado, por debajo de una obstrucción de tabla de acero (2,0 m x 2,0 m), con la obstrucción de alrededor de 0,7 m por encima de la cazoleta circular de combustible. Cada incendio de prueba se permitió que ardiese previamente durante 30 segundos anterior a la iniciación del sistema de supresión por niebla.

Se dirigieron tres pruebas en un sistema de agua nebulizada preferido configurado para la protección de un espacio cerrado que tiene un volumen libre de 1.040 m³ (36.700 pies³), cuatro veces el volumen del recinto base de 260 m³ (9.180 pies³). En cada prueba, se varió un parámetro del sistema y el rendimiento del sistema medido para evaluar la escalabilidad de los sistemas de agua nebulizada preferidos con respecto al parámetro variado.

En la primera prueba, Prueba 1, el número de atomizadores se aumentó proporcionalmente al tamaño de la sala. Por consiguiente, con el volumen libre aumentado cuatro veces, la prueba 1 aumentó el número de atomizadores desde dos (2) a un total de ocho (8) atomizadores. Los atomizadores se instalaron en un patrón de rejilla espaciada uniformemente en el techo del recinto que consta de dos filas de cuatro atomizadores nominalmente de 5,0 m (16,4 pies) por 3,25 m (10,7 pies) separadamente. La tasa de flujo a cada atomizador se mantuvo a la tasa constante de 5,7 lpm (1,5 gpm) y la presión de gas de operación se mantuvo a 6,9 bares (100 psi). Por consiguiente, el sistema de Prueba 1 proporcionó un flujo de sistema total de 45,4 lpm (12 gpm).

En la segunda prueba, Prueba 2, el número de atomizadores se aumentó desde dos (2) a un total de cuatro (4) atomizadores. Los ocho (8) atomizadores utilizados en la prueba 1 se dejaron en su ubicación de instalación original, pero el suministro de fluido a todos los demás atomizadores se cortó, provocando el total fijado de cuatro (4) atomizadores funcionales en un patrón escalonado. La tasa de flujo a cada atomizador se mantuvo a la tasa constante de 5,7 lpm (1,5 gpm) y la presión de gas de operación se mantuvo a 6,9 bares (100 psi). Por consiguiente, el sistema de Prueba 2 proporcionó un flujo de sistema total de 22,7 lpm (6 gpm).

En la tercera prueba, Prueba 3, el sistema de prueba se dotó de nuevo con los mismos cuatro atomizadores funcionales utilizados en la prueba 2, pero esta vez se aumentó la tasa de flujo a cada uno. Más específicamente, la tasa de flujo de agua a cada atomizador se dobló desde 5,7 lpm (1,5 gpm) a 11,4 lpm (3 gpm). La presión de gas a cada atomizador también se dobló desde 6,9 bares (100 psi) a 13,8 bares (200 psi). Por consiguiente, el sistema de Prueba 3 proporcionó un flujo de sistema total de 45,4 lpm (12 gpm).

Para cada configuración de prueba, se abordó y extinguió un incendio de 2 kW por el sistema de prueba. El tiempo de extinción para cada sistema se registró junto con el agua total descargada en el momento de la extinción. También se registró la concentración de oxígeno final en la sala en el momento de la extinción. El sistema de Prueba 1 se probó dos veces; una vez con el espacio del recinto de 1.040 m³ (36.700 pies³) ventilado a través de una abertura de ventilación de 4,0 metros cuadrados (43,1 pies²) y una vez con el espacio del recinto no ventilado. Los resultados de las pruebas se proporcionan más abajo:

Resumen de resultados para atomizadores montados en techo en un recinto de 1.040 m³

Tamaño de Incendio HRR [kW]	Tamaño de Incendio Normalizado [kW/m ³]	Cantidad de Atomizadores	Presión para cada Atomizador [bar (psi)]	Tasa de Flujo Total del Sistema [lpm (gpm)]	Tiempo de Ext. [seg.]	O2 Final [%]	Flujo Total a la Ext. [L (gal.)]
2.000	1,9	8	6,9 (100)	45,4 (12,0)	390	15,0	295 (78,0)
2.000	1,9	8	6,9 (100)	45,4 (12,0)	390	15,0	295 (78,0)
2.000	1,9	8	6,9 (100)	45,4 (12,0)	253	15,4	192

ES 2 569 071 T3

Tamaño de Incendio HRR [kW]	Tamaño de Incendio Normalizado [kW/m ³]	Cantidad de Atomizadores	Presión para cada Atomizador [bar (psi)]	Tasa de Flujo Total del Sistema [lpm (gpm)]	Tiempo de Ext. [seg.]	O2 Final [%]	Flujo Total a la Ext. [L (gal.)]
							(50,6)
2.000	1,9	4	6,9 (100)	22,7 (6,0)	430	15,4	163 (43,0)
2.000	1,9	4	6,9 (100)	22,7 (6,0)	459	15,2	174 (45,9)
2.000	1,9	4	6,9 (100)	22,7 (6,0)	344	15,0	130 (34,4)
2.000	1,9	4	6,9 (100)	22,7 (6,0)	348	15,0	132 (34,8)
2.000	1,9	4	10 (145)	30,3 (8,0)	353	15,0	178 (47,1)
2.000	1,9	4	13,8 (200)	45,4 (12,0)	381	14,8	288 (76,2)
2.000	1,9	4	13,8 (200)	45,4 (12,0)	193	14,8	146 (38,6)

- 5 A partir de los resultados de las pruebas, los solicitantes han concluido que un recinto de 1.040 metros cúbicos (36.700 pies³) con una abertura de ventilación de 4 metros cuadrados (43,1 pies²) se puede proteger con al menos tan sólo 4 atomizadores totales y una tasa de flujo de agua en general de 22,7 lpm (6 galones por minuto). La columna de pulverización de alta velocidad del atomizador genera una cantidad significativa de turbulencia, que llena rápidamente el espacio protegido con agua nebulizada. Como resultado, el rendimiento de extinción de incendios parece ser independiente tanto del número de dispositivos utilizados, como de su orientación general dentro del compartimento.
- 10 Los resultados en general de las pruebas en el recinto de 1.040 metros cúbicos (36.700 pies³) fueron coherentes con los de las pruebas en el recinto de 260 metros cúbicos (9.180 pies³) para un tamaño de incendio normalizado constante. Esto sugiere que el rendimiento de extinción del sistema permanece constante siempre que la relación de flujo masiva de agua a gas se mantenga constante y la tasa de flujo total de agua descargada en el espacio protegido se escale linealmente con el volumen del recinto.
- 15 El tiempo total de extinción aumentó marginalmente mientras que la cantidad total de agua requerida para extinguir el incendio disminuyó significativamente cuando la tasa de flujo de agua total se redujo desde 45,4 litros (12 galones por minuto) a 22,7 litros por minuto (6 galones por minuto), el número de atomizadores de descarga se redujo de 8 a 4 y la presión de nitrógeno se mantuvo constante a 6,9 bares (100 psi).
- 20 Cuando se probó en el recinto de 1.040 metros cúbicos (36.700 pies³), el sistema demostró un rendimiento casi idéntico que cuando se probó con 8 atomizadores fijados a 5,7 litros (1,5 galones por minuto) cada flujo de agua y una presión de nitrógeno de 6,9 bares (100 psi) y 4 atomizadores fijados a 11,4 litros por minuto (3,0 galones por minuto) cada flujo de agua y una presión de nitrógeno de 13,8 bares (200 psi). Estos ajustes correspondieron a una relación de flujo masivo de agua a gas de aproximadamente 2,25:1. Los tiempos de extinción a una presión de nitrógeno de 200 psi fueron marginalmente más cortos que los observados a una presión de nitrógeno de 6,9 bares (100 psi). Esto sugiere que la turbulencia en general aumenta como resultado del aumento en la velocidad de la columna de pulverización a presiones de gas aumentadas.
- 25 El cierre de la abertura de ventilación de 4 metros cuadrados provocó un aumento de aproximadamente 25 - 50% en el rendimiento (como se define por el tiempo de extinción y el agua total descargada en la extinción). El nitrógeno comprimido utilizado para atomizar el agua pareció mantener una presión más alta dentro del recinto con respecto al entorno externo, reduciendo posteriormente la cantidad de aire fresco que se drenó a través de la abertura de

ventilación. Se sospecha que los efectos de la ventilación se pueden reducir significativamente si no eliminar presurizando un recinto con una tasa de introducción lo bastante alta de gas inerte como nitrógeno en el espacio.

Prueba FM

5 Las pruebas de incendios referenciadas anteriormente se dirigieron según el Estándar Factory Mutual Global ("FM Global") 5560 (mayo de 2005), Apéndices D, E y F, en las páginas 127 a la página 146. Las pruebas de incendios se pueden dirigir según estándares alternativos tales como, por ejemplo, IMO, VDS, UL, CCCF, etc. Más específicamente, las pruebas de incendios se dirigieron para ilustrar la efectividad del método preferido en proporcionar protección contra incendios de agua nebulizada para: (i) Espacios de Maquinaria; (ii) Espacios de Maquinaria de Riesgos Especiales; y (iii) Recintos de Turbinas de Combustión. Los tres protocolos de pruebas proporcionan para cada uno de (i) una prueba de combustible diesel y una de heptano, (ii) un total de cinco pruebas de incendios para espacios de maquinaria y (iii) siete pruebas para turbinas de combustión aisladas. Preferiblemente, el combustible diesel es diesel de punto de inflamación alto usado preferiblemente en riesgo normal y turbinas de combustión y el combustible heptano es de un tipo de riesgo especial de punto de inflamación bajo. Cada uno de los incendios probados oscilaron entre alrededor de 1 megavatio a justo por encima de 2 megavatios (1-2 MW) y se configuró como cualquiera de un incendio de pulverización de combustible apantallado pequeño, un incendio de orla de aislamiento empapada, un incendio de combustible ventilado, un incendio en grupo y un incendio de cazoleta.

20 Cada uno de los escenarios de pruebas de incendio se dirigió usando los dos preferidos el sistema de niebla de dos atomizadores 300' y el sistema de niebla de atomizador único 400'. El primer sistema preferido 300' que tiene dos atomizadores 330" se evaluó en un espacio cerrado de 260 metros cúbicos (9.180 pies³) 120 que mide generalmente 6,6 m (21,6 pies) de ancho por 7,7 m (25,3 pies) de largo por 5,1 m (16,8 pies) de alto y el segundo sistema preferido 400 que tiene un único atomizador 430 se evaluó en un recinto de 130 m³ (4.590 pies³) que mide generalmente 6,6 m (21,6 pies) de ancho por 3,9 m (12,8 pies) de largo por 5,1 m (16,8 pies) de alto. Según los requisitos de la prueba FM, el espacio cerrado incluía una puerta de personal, preferiblemente (0,81 m (2,7 pies) x 2,03 m (6,7 pies)), situada a 2,7 m (9 pies) de una de las esquinas del recinto. A lo largo de una de las paredes largas del recinto, se proporciona un panel preferiblemente extraíble (1,22 m (4,0 pies) x 2,44 m (8,0 pies)) para proporcionar acceso al recinto. El espacio cerrado 120 además incluía dos trampillas de techo con bisagras (0,91 m (3,0 pies) x 1,83 m (6,0 pies)) en esquinas diagonales opuestas para proporcionar liberación de calor y humo a la terminación de la prueba.

30 Cada uno de los sistemas 300', 400' se construye y prueba con sus atomizadores 330', 430' montados inicialmente en el techo y luego se prueba posteriormente con los atomizadores montados en pared lateral 300", 400". Para cada prueba de incendio, los atomizadores 330', 430' se dotaron con un flujo de agua de alrededor de 11,4 litros por minuto (3 gpm) y una tasa de flujo de gas de 4,6 kg/min (150 scfm) a una presión de operación de alrededor de 6,9 bares (100 psi). El tiempo de descarga de agua nebulizada total desde los sistemas fue de alrededor de 10 minutos.

35 Según los resultados de las pruebas de incendio para cada uno de los sistemas preferidos 300' y 400', la extinción del incendio de prueba se logró en menos de cinco minutos con una concentración final de oxígeno por volumen dentro del espacio del recinto a o por encima del quince por ciento en volumen.

40 Según el Apéndice D de FM 5560, se dirigen cinco pruebas: D1) un incendio de pulverización diesel de 1 MW no apantallado; D2) un incendio de pulverización diesel de 1 MW apantallado; D3) un incendio de grupo diesel; D4) un incendio de pulverización diesel de 2 MW apantallado con ventilación natural limitada; y D5) un incendio de pulverización diesel de 2 MW apantallado en el volumen del recinto más pequeño.

Resumen de resultados de pruebas del Apéndice D de FM

Número de Prueba de Clase 5560	Cantidad de Boquillas	Separación de Boquillas pies [m]	Tasa de Flujo de Agua [gpm (lpm)]	Presión de Nitrógeno [bar (psi)]	Tamaño de Incendio Estimado [kW]	Tiempo de Ext. [seg]	Agua Total a la Ext [litros (gal)]	Densidad de Masa Total % de Ext. (g/m ³)
D.3.1	2	9,5 × 13,5	5,7 (1,5)	6,9 (100)	1.000	145	27,4 (7,25)	105,19
		(2,9 × 4,1)						
D.3.2	2	9,5 × 13,5	5,7 (1,5)	6,9 (100)	1.000	225	42,6 (11,25)	163,23

ES 2 569 071 T3

Número de Prueba de Clase 5560	Cantidad de Boquillas	Separación de Boquillas pies [m]	Tasa de Flujo de Agua [gpm (lpm)]	Presión de Nitrógeno [bar (psi)]	Tamaño de Incendio Estimado [kW]	Tiempo de Ext. [seg]	Agua Total a la Ext [litros (gal)]	Densidad de Masa Total % de Ext. (g/m ³)
		(2,9 × 4,1)						
D.3.2	2	13,5 × 17,5	5,7 (1,5)	6,9 (100)	1.000	153	29,0 (7,65)	111,00
		(4,1 × 5,3)						
D.3.3	2	9,5 × 13,5	5,7 (1,5)	6,9 (100)	1.541	145	27,4 (7,25)	105,19
		(2,9 × 4,1)						
D.3.4	2	9,5 × 13,5	5,7 (1,5)	6,9 (100)	2.000	223	42,2 (11,15)	161,78
		(2,9 × 4,1)						
D.3.5	1	-	5,7 (1,5)	6,9 (100)	2.000	105	19,9 (5,25)	152,35

5 Según el Apéndice E de FM 5560, se dirigen cinco pruebas: E1) un incendio de pulverización de Heptano de 1 MW no apantallado; E2) un incendio de pulverización de Heptano de 1 MW apantallado; E3) un incendio de grupo de Heptano apantallado de 10,8 pies³ (1 m³); E4) un incendio de pulverización de Heptano de 2 MW apantallado con ventilación natural limitada; y E5) un incendio de pulverización diesel de 2 MW apantallado en el volumen de recinto más pequeño.

Resumen de resultados de pruebas del Apéndice E de FM

Número de Prueba de Clase 5560	Cantidad de Boquillas	Separación de Boquillas pies [m]	Tasa de Flujo de Agua [gpm (lpm)]	Presión de Nitrógeno [bar (psi)]	Tamaño de Incendio Estimado [kW]	Tiempo de Ext. [seg]	Agua Total en la Ext [litros (gal)]	Densidad de Masa Total % de Ext. (g/m ³)
E.3.1	2	9,5 × 13,5	5,7 (1,5)	6,9 (100)	1.000	196	37,1 (9,8)	284,38
		(2,9 × 4,1)						
E.3.2	2	9,5 × 13,5	5,7 (1,5)	6,9 (100)	1.000	208	39,4 (10,4)	301,80
		(2,9 × 4,1)						
E.3.3	2	9,5 × 13,5	5,7 (1,5)	6,9 (100)	2.900	133	25,2 (6,65)	192,97
		(2,9 × 4,1)						
E.3.4	2	9,5 × 13,5	5,7 (1,5)	6,9 (100)	2.000	204	38,6	295,99

ES 2 569 071 T3

Número de Prueba de Clase 5560	Cantidad de Boquillas	Separación de Boquillas pies [m]	Tasa de Flujo de Agua [gpm (lpm)]	Presión de Nitrógeno [bar (psi)]	Tamaño de Incendio Estimado [kW]	Tiempo de Ext. [seg]	Agua Total en la Ext [litros (gal)]	Densidad de Masa Total % de Ext. (g/m ³)
							(10,2)	
		(2,9 × 4,1)						
E.3.4	2	13,5 × 17,5	5,7 (1,5)	6,9 (100)	2.000	203	38,6 (10,2)	294,54
		(4,1 × 5,3)						
E.3.5	1	-	5,7 (1,5)	6,9 (100)	2.000	105	19,9 (5,25)	152,35

5 Según el Apéndice F de FM 5560, se dirigen cinco pruebas: F1) un incendio de pulverización diesel de 1 MW no apantallado; F2) un incendio de pulverización diesel de 1 MW apantallado; F3) un incendio de grupo diesel apantallado de 10,8 pies³ (1 m³); F4) un incendio de pulverización diesel de 2 MW apantallado con ventilación natural limitada; y F5) un incendio de pulverización diesel de 2 MW apantallado en el volumen de recinto más pequeño. F7) un incendio de pulverización y orla de aislamiento saturada; y F8) una orla de aislamiento saturada grande.

Resumen de resultados de pruebas del Apéndice F de FM

Número de Prueba de Clase 5560	Cantidad de Boquillas	Orientación de Boquillas	Separación de Boquillas pies [m]	Tasa de Flujo de Agua [gpm (lpm)]	Presión de Nitrógeno [bar (psi)]	Tamaño de Incendio Estimado [kW]	Tiempo de Ext. [seg]	Agua Total a la Ext [litros (gal)]	Densidad de Masa Total % de Ext. (g/m ³)
F.3.1	2	Techo	9,5 × 13,5 (2,9 × 4,1)	5,7 (1,5)	6,9 (100)	1.000	145	27,4 (7,25)	105,19
F.3.2	2	Techo	9,5 × 13,5 (2,9 × 4,1)	5,7 (1,5)	6,9 (100)	1.000	225	42,6 (11,25)	163,23
F.3.2	2	Techo	13,5 × 17,5 (4,1 × 5,3)	5,7 (1,5)	6,9 (100)	1.000	153	29,0 (7,65)	111,00
F.3.3	2	Techo	9,5 × 13,5 (2,9 × 4,1)	5,7 (1,5)	6,9 (100)	1.541	145	27,4 (7,25)	105,19
F.3.4	2	Techo	9,5 × 13,5 (2,9 × 4,1)	5,7 (1,5)	6,9 (100)	2.000	223	42,4 (11,15)	161,78
F.3.5	1	Techo	-	5,7 (1,5)	6,9 (100)	2.000	105	19,9 (5,25)	152,35
F.3.1	2	Pared lateral	14,9 × 25,5 (4,6 × 6,6)	5,7 (1,5)	6,9 (100)	1.000	242	45,8 (12,1)	175,56
F.3.2	2	Pared	14,9 × 25,5	5,7	6,9 (100)	1.000	214	40,5	155,25

ES 2 569 071 T3

Número de Prueba de Clase 5560	Cantidad de Boquillas	Orientación de Boquillas	Separación de Boquillas pies [m]	Tasa de Flujo de Agua [gpm (lpm)]	Presión de Nitrógeno [bar (psi)]	Tamaño de Incendio Estimado [kW]	Tiempo de Ext. [seg]	Agua Total a la Ext [litros (gal)]	Densidad de Masa Total % de Ext. (g/m ³)
		lateral	(4,6 × 6,6)	(1,5)				(10,7)	
F.3.3	2	Pared lateral	14,9 × 25,5 (4,6 × 6,6)	5,7 (1,5)	6,9 (100)	1.541	242	45,8 (12,1)	175,56
F.3.4	2	Pared lateral	14,9 × 25,5 (4,6 × 6,6)	6,6 (1,75)	7,6 (110)	2.000	147	27,8 (7,35)	106,64
F.3.5	1	Pared lateral	-	5,7 (1,5)	6,9 (100)	2.000	255	48,3 (12,75)	369,99
F.3.7	2	Techo	9,5 × 13,5 (2,9 × 4,1)	5,7 (1,5)	6,9 (100)	1.100	183	34,6 (9,15)	265,52
F.3.7	2	Pared lateral	14,9 × 25,5 (4,6 × 6,6)	5,7 (1,5)	6,9 (100)	1.100	197	37,3 (9,85)	285,83
F.3.8	2	Techo	9,5 × 13,5 (2,9 × 4,1)	5,7 (1,5)	6,9 (100)	1.541	279	52,8 (13,95)	404,81
F.3.8	2	Techo	13,5 × 17,5 (4,1 × 5,3)	5,7 (1,5)	6,9 (100)	1.541	240	45,4 (12,0)	348,23
F.3.8	2	Pared lateral	14,9 × 25,5 (4,6 × 6,6)	5,7 (1,5)	6,9 (100)	1.541	257	48,6 (12,85)	372,89

Debido a los resultados de las pruebas con éxito, los sistemas y métodos preferidos se considera que proporcionan protección contra incendios industriales en espacios cerrados al menos hasta mil cuarenta metros cúbicos (1.040 m³) para aplicaciones de riesgos especiales que incluyen, pero no se limitan a: (i) bombas y depósitos de aceite; (ii) filtros de combustible; (iii) generadores; (iv) cámaras de transformadores; (v) generadores de accionamiento diesel; (vi) cajas de cambio; (vii) ejes de accionamiento; (viii) patines de lubricación; (ix) turbinas de combustión; (x) motores de combustión interna; (xi) generadores de energía hidráulica; (xii) cabinas de pintura; (xiii) células de prueba de motores, (xiv) células de manipulación de disolventes; y (xv) almacenes de líquidos inflamables.

5

Los sistemas y métodos preferidos tienen una capacidad demostrada de proporcionar protección eficaz contra incendios más eficientemente que los sistemas de agua nebulizada conocidos o los sistemas de pulverización o de rociadores de agua convencionales. En particular, la tabla de más adelante ilustra que el método y sistema preferidos de protección contra incendios proporcionan una protección contra incendios eficaz con al menos uno de (i) menos agua; y (ii) a menor presión; cuando se compara con sistemas de agua nebulizada de alta o baja presión conocidos. La Tabla 1 de más abajo muestra respectivamente el consumo de agua total requerido y la presión correspondiente requerida para la extinción por inundación total de un incendio de 1 MW nominal para cada uno del sistema de agua nebulizada preferido, un sistema de niebla a alta presión conocido y un sistema de niebla a baja presión conocido.

10

15

Datos de Prueba - (Datos de Compartimento Sellado Solamente)						
Sistema	Presión de Operación Mín. [bar (psi)]	Tasa de Flujo de Ref. [lpm (gpm)]	Consumo de Agua [litros (galones)]			
			1 kW/m ³	2 kW/m ³	4 kW/m ³	8 kW/m ³
			(97 BTU/pies ³ h)	(194 BTU/pies ³ h)	(388 BTU/pies ³ h)	(776 BTU/pies ³ h)
Sistema Preferido 300, 400*	6,9 (100)	11,4 (3,0)	164 (43,3)	66,2 (17,5)	42 (11,2)	15,5 (4,1)
Niebla a Alta Presión Conocida (HI-FOG ®)	80 (1.160)	30 (7,9)	1.305 (345)	270 (71,3)	135 (36)	50 (13,2)
Niebla a Baja Presión Conocida (AQUAMIST ® de TYCO FIRE PRODUCTS LP)	12,4 (180)	48,5 (12,8)	1.358 (359)	548 (145)	242,5 (64)	111,5 (29,5)
Sistema Preferido 300, 400*	6,9 (100)	11,4 (3,0)	866	349	224	82
Niebla a Alta Presión Conocida (HI-FOG ®)	80 (1.160)	30 (7,9)	2.630	542	270	100
Niebla a Baja Presión Conocida (AQUAMIST ® de TYCO FIRE PRODUCTS LP)	12,4 (180)	48,5 (12,8)	1.691	678	298	137

* Sistema probado en un compartimento ligeramente más grande que los sistemas de Alta Presión y Baja Presión referenciados.

Un dispositivo de atomización preferido

- 5 Un atomizador preferido 1000 para uso en los sistemas de agua nebulizada anterior se muestra en las FIG. 11, 13, 14 y 15. El atomizador 1000 es un dispositivo de generación de niebla fluida gemela que tiene un paso de primer fluido 1080 y un paso de segundo fluido 1090. Los pasos del primer y segundo fluido 1080, 1090 del atomizador 1000 se definen por la manera en la que los componentes del dispositivo interconectan e interrelacionan unos con otros. Los componentes del atomizador 1000 generalmente incluyen: una base 1012, un embudo 1030, una conexión 1050 y una cubierta 1070.
- 10 La base 1012 es preferiblemente un elemento generalmente circular que tiene una cara trasera 1014, una cara delantera 1016 y unos pasos de entrada del primer y segundo fluido 1018, 1020 adaptados para recibir respectivamente el líquido y gas desde sus fuentes de suministro de fluido respectivas (no mostradas). Cada uno de los pasos de entrada de fluido 1018, 1020 es sustancialmente paralelo con el eje longitudinal L del aparato. Extendiendo longitudinalmente a través del centro de la base 1012 está un taladro 1017.
- 15 El embudo 1030 se engancha con la base 1012 de manera que la base 1012 y el embudo 1030 se disponen concéntricamente alrededor del eje longitudinal L. El embudo 1030 tiene un primer extremo 1044, un segundo extremo 1042 y un taladro 1046 que se extiende longitudinalmente a través del embudo 1030 desde el primer extremo 1044 al segundo extremo 1042 para definir de manera general el paso del segundo fluido 1090. El taladro 1046 tiene una entrada 1047 en el primer extremo 1044, una salida 1048 en el segundo extremo 1042 y una parte de garganta 1049 intermedia de la entrada 1047 y la salida 1048. En la entrada 1047 el taladro 1046 tiene un diámetro D1, en la parte de garganta 1049 el diámetro del taladro 1046 es D2 y en la salida 1048 el diámetro del taladro es
- 20

D3. El diámetro D1 en la entrada 1047 es mayor que el diámetro D2 o D3, mientras que el diámetro D2 en la parte de la garganta 1049 es menor que los diámetros D1 y D3. Como resultado, el taladro 1046 se estrecha desde su punto más ancho en la entrada 1047 a un diámetro estrecho en la parte de la garganta 1049 antes de ensanchar de nuevo hasta que alcanza la salida 1048. El embudo 1030 se forma preferiblemente como un elemento de una única pieza que tiene una parte de reborde que se extiende radialmente 1032 y una parte de cuerpo que se proyecta axialmente 1034. La parte del cuerpo 1034 tiene una superficie exterior 1037. Una parte de borde anular 1031 se extiende hacia atrás desde la parte de reborde 1032 definiendo un paso del primer fluido 1038 y un puerto de inspección 1039.

La conexión 1050 es un elemento alargado que tiene un primer extremo 1051 y un segundo extremo 1052. La conexión 1050 tiene una primera parte generalmente cilíndrica 1053 y una segunda parte cónica 1055 que se extiende desde y preferiblemente formada íntegramente con, la parte cilíndrica 1053. La parte cónica 1055 tiene un diámetro más pequeño D4 adyacente a la parte cilíndrica 1053 y su diámetro más grande D5 en el segundo extremo 1052 de la conexión 1050. La conexión 1050 se acopla con la base 1012 de manera que la parte cónica 1055 de la conexión 1050 proporciona un saliente sólido dispuesto en el taladro 1046 del embudo 1030. Más específicamente, la superficie interior del taladro 1046 y la superficie exterior de la conexión 1050 definen una configuración preferida del segundo paso de fluido 1090.

La entrada 1047 del taladro del embudo 1046 actúa como la entrada del paso del segundo fluido 1090. El paso del segundo fluido 1090 además incluye una parte de garganta 1092 adyacente a la garganta 1049 del taladro 1046 del embudo y una salida 1094 adyacente a los segundos extremos respectivos 1042, 1052 del embudo 1030 y de la conexión 1050. Como resultado de las variaciones mencionadas previamente en el diámetro del taladro 1046 y la conicidad hacia fuera de la parte cónica 1055 de la conexión 1050, el paso del segundo fluido 1090 tiene una geometría interna convergente-divergente. En otras palabras, el área de sección transversal de la parte de garganta 1092 del paso 1090 es considerablemente más pequeña que la de la entrada 1047 y la salida 1094. El área de sección transversal del paso 1090 en la salida 1094 es preferiblemente más grande que la de la parte de garganta 1092, pero menor que la de la entrada 1047. El volumen total del paso del segundo fluido 1090 desde la entrada 1047 a la salida 1094 puede ser de alrededor de 24.900 mm^3 y está más preferiblemente entre $24,3 \text{ cm}^3$ ($1,48 \text{ pulgadas}^3$) y $25,500 \text{ cm}^3$ ($1,56 \text{ pulgadas}^3$).

La cubierta 1070 está colocada axialmente sobre la base 1012 de manera que la cubierta entonces es concéntrica con los otros componentes alrededor del eje L. La cubierta 1070 es generalmente en forma de cúpula, que tiene un primer extremo 1072 de mayor diámetro que un segundo extremo 1074. Proyectando axialmente desde el segundo extremo 1074 de la cubierta 1070 está un borde anular 1076. Con referencia a la FIG. 21, el borde 1076 forma una superficie exterior a la cubierta 1070 sobre la cual una tapa de polvo 1002 u otra cubierta de protección que se puede asegurar para evitar que entre contaminante al atomizador a través del espacio de descarga 508 cuando el sistema está en un estado no accionado. Como se trató anteriormente, la cubierta 1002 se dispone alrededor del borde 1076 de manera que los fluidos de descarga desde el atomizador desalojan la tapa de polvo 1002 desde el borde 1076.

Con referencia de nuevo a la FIG. 16, el borde 1076 tiene una superficie interna 1078 que define una cámara o taladro de diámetro sustancialmente constante. La cubierta 1070 tiene una primera sección adyacente al primer extremo 1072 que tiene una primera superficie interior 1073 de diámetro sustancialmente constante. Una segunda sección de la cubierta 1070 que se extiende entre la primera sección y el borde 1076 tiene una segunda superficie interior 1075. El diámetro de la segunda sección se reduce en la dirección en la dirección del segundo extremo 1074. Más preferiblemente, la segunda superficie interior 1075 tiene un perfil suave que se curva hacia dentro a medida que progresa hacia el segundo extremo 1074, sin escalones o ángulos presentes en la superficie interior 1075. La segunda superficie interior 1075 de la cubierta 1070 y la superficie exterior 1037 del embudo 1030 definen el paso del primer fluido 1080 que tiene una entrada 1082 y una salida 1084. La entrada 1082 del paso del primer fluido 1080 está en comunicación fluida con la entrada del primer fluido 1018 de la base 1012 y el paso del primer fluido 1038 del embudo 1030. Debido a los contornos de la segunda superficie interior 1075 de la cubierta y la superficie exterior 1037 del embudo el paso del primer fluido 1080 tiene una geometría interna divergente-convergente. En otras palabras, el área de sección transversal de una parte del paso del primer fluido 1080 intermedio de la entrada 1082 y la salida 1084 es mayor que el área de sección transversal o bien a la entrada 1082 o bien a la salida 1084. El área de sección transversal del paso del primer fluido 1080 se reduce progresivamente a continuación de la parte intermedia. El volumen total del paso del primer fluido 1080 desde la entrada 1082 a la salida 1084 puede estar entre 119.000 m^3 y 121.500 m^3 .

La FIG. 12A muestra una vista detallada de las salidas respectivas 1084, 1094 de los pasos del primer y segundo fluido 1080, 1090. Una vez que los diversos componentes se ensamblan correctamente, la salida 1094 del paso del segundo fluido 1090 se define entre los segundos extremos 1052, 1042 de la conexión 1050 y del embudo 1030. La salida 1084 del paso del primer fluido 1080 se define entre el segundo extremo 1042 del embudo 1030 y la superficie interior 1078 del borde 1076.

La forma y medios en que se genera una niebla por el aparato se describirá ahora con referencia particular a las Figuras 11, 12A y 12B. Inicialmente, los suministros del primer y segundo fluidos se conectan a las entradas del primer y segundo fluido respectivas 1018, 1020 del atomizador 1000. El primer fluido, también conocido como el

fluido de trabajo, es un agente de lucha contra incendios líquido, preferiblemente agua. El líquido se introduce preferiblemente a una tasa de flujo masiva de entre 4 kg/min y 20 kg/min en la entrada del primer fluido 1018. El líquido pasa a través del paso del primer fluido 1080 que se estrecha considerablemente en la dirección de su salida 1084 para definir una boquilla de trabajo. Como resultado de este hueco estrecho a la salida 1084, el líquido se expulsa fuera de la salida 1084 como una corona circular de líquido, inicialmente siguiendo un camino representado en la FIG. 12A por la línea de puntos 1200. El camino inicial del líquido 1200 desde la salida 1084 del primer paso 1080 es sustancialmente paralelo a la superficie interior 1078 del borde 1076.

El segundo fluido, también conocido como el fluido de transporte o portador, es preferiblemente un gas tal como aire comprimido, nitrógeno o helio, por ejemplo. El gas se introduce preferiblemente a la entrada del segundo fluido 1020 a una presión de entre 4 bares y 18 bares para paso a través del paso del segundo fluido 1090 para expulsión desde la salida 1094 para definir una boquilla de transporte. Debido a la reducción y el posterior aumento en el área de sección transversal del paso del segundo fluido 1090 entre su entrada 1047, garganta 1092 y salida 1094, el gas que entra en la entrada 1047 se acelera a una velocidad alta, posiblemente incluso supersónica, a medida que sale de la salida 1094. El gas se puede descargar a una tasa de flujo masiva de entre 2 kg/min y 6 kg/min.

El ángulo del paso del segundo fluido 1090 es de manera que el segundo flujo de fluido acelerado, cuya trayectoria inicial se muestra como una línea de puntos 1220 en la FIG. 12A, sale de la salida 1094 e interactúa con la corona circular de líquido que se emite desde la salida 1084. El ángulo de incidencia entre los flujos del líquido y del gas 1200, 1220 se muestra en la FIG. 12A como un ángulo α .

Con referencia a las FIG. 12A y 12B, se puede calcular un ángulo equivalente de expansión para el segundo paso 1090 a medida que se expande entre la garganta 1092 y la salida 1094. En particular, la FIG. 12B muestra esquemáticamente cómo este ángulo equivalente de expansión para el paso del segundo fluido se puede calcular cuando se conocen las áreas de sección transversal de la garganta y la salida y la distancia de camino equivalente entre la garganta y la salida. E1 es el radio de un círculo que tiene la misma área de sección transversal que la garganta del paso del segundo fluido. E2 es el radio de un círculo que tiene la misma área de sección transversal que la salida del paso del segundo fluido. La distancia d es la distancia del camino equivalente entre la garganta y la salida. Un ángulo β se calcula dibujando una línea a través de la parte superior de E2 y E1 que se cruza en una continuación de la línea de distancia equivalente d. Este ángulo β se puede o bien medir a partir de un dibujo a escala o bien calcular también a partir de trigonometría usando los radios E1, E2 y la distancia d. El ángulo equivalente de expansión para el paso del segundo fluido se puede calcular entonces multiplicando el ángulo β por un factor de dos, donde $\gamma=2\beta$.

Para el rendimiento óptimo del aparato, se ha encontrado que el área de sección transversal de la parte de garganta 1092 del paso del segundo fluido 1090 debería estar preferiblemente entre 20 mm² y 35 mm². El área de sección transversal a la salida 1094 del paso del segundo fluido puede ser de entre 1,1 y 28 veces mayor que la de la parte de garganta 1092, de manera que la relación de áreas entre la garganta 1092 y la salida 1094 del paso del segundo fluido 1090 puede estar entre 10:11 y 1:28. El área de sección transversal a la salida 1094 del paso del segundo fluido puede estar más preferiblemente entre 1,4 y 5,5 veces mayor que la de la parte de garganta 1092, de manera que la relación de áreas entre la garganta 1092 y la salida 1094 del paso del segundo fluido 1090 está más preferiblemente por lo tanto entre 5:7 y 2:11. Este aumento en el área de sección transversal entre la parte de garganta 1092 y la salida 1094 crea un ángulo de expansión incluido equivalente para el paso del segundo fluido 1090 de entre 1 y 40 grados y un ángulo que está más preferiblemente entre 2 y 13 grados. Además, el área de sección transversal de la salida del paso del segundo fluido 1094 puede ser de entre 0,3 y 12 veces mayor que el área de sección transversal de la salida de paso del primer fluido 1084, de manera que la relación de áreas entre la salida del primer fluido 1084 y la salida del segundo fluido 1094 está por lo tanto entre 10:3 y 1:12. El área de sección transversal de la salida del paso del segundo fluido 1094 es más preferiblemente de entre 1 y 6 veces mayor que el área de sección transversal de la salida del primer fluido 1084, de manera que la relación de áreas entre la salida del primer fluido 1084 y la salida del segundo fluido 1094 es por lo tanto más preferiblemente de entre 1:1 y 1:6.

El flujo de gas 1220 que entra en contacto con el flujo de líquido 1200 causa la extracción de cizallamiento de las pequeñas gotas desde la corona circular de líquido 1200 debido a inestabilidades de Kelvin-Helmholtz y Raleigh-Taylor en la superficie del primer fluido. Estas inestabilidades hacen a los ligamentos del líquido romper desde la corona circular y formar un régimen de flujo de pequeñas gotas dispersas del líquido y gas. En otras palabras, una fase dispersa de las pequeñas gotas del primer fluido se dispersa en una fase continua del segundo fluido. A medida que las pequeñas gotas se arrancan del flujo de líquido 1200 se aceleran por el gas, causando separación de cizallamiento. Donde el gas sale de la salida 1094 a una velocidad supersónica, se puede crear una onda de choque supersónica distal del aparato que puede ser beneficiosa para el mecanismo de atomización. La onda de choque se crea como las transiciones de gas desde velocidad supersónica a subsónica. La onda de choque se crea en el punto de transición desde velocidad supersónica a subsónica. En este caso, el primer fluido se atomiza además por la onda de choque en el punto de transición.

El gas crea una región de turbulencia 1240 a medida que se mueve lejos del aparato e induce corrientes de baja velocidad capaces de transportar las pequeñas gotas del primer fluido preferiblemente a través del espacio circundante, preferiblemente de una manera homogénea. Esta región de turbulencia 1240 se causa por los cambios

rápidos en la presión y velocidad del gas generando numerosos torbellinos inestables y un remolino del gas. La región de turbulencia 1240 aplica fuerzas de aceleración y deceleración sobre las pequeñas gotas del líquido, conduciendo a una atomización adicional de las pequeñas gotas transportadas por el segundo fluido. Este mecanismo de atomización se puede controlar, entre otras cosas, controlando la relación de flujo de impulso entre el primer y segundo fluidos.

La relación de flujo de impulso M se define por la ecuación

$$M = \frac{(\rho_s \times U_s^2)}{(\rho_f \times U_f^2)}$$

donde ρ = Densidad del fluido

U = Velocidad del fluido

s representa el segundo fluido (gas)

f representa el primer fluido (líquido)

De esta manera, la relación de flujo de impulso entre el líquido y gas se puede controlar variando la densidad o velocidad de los fluidos. La velocidad se puede variar ajustando la presión de alimentación mientras que la densidad se puede variar cambiando la temperatura del fluido.

Como se muestra más claramente en la FIG. 12A, los flujos de líquido y gas 1200, 1220 que se emiten desde sus salidas respectivas 1084, 1094 están angulados uno respecto a otro en un ángulo de incidencia α . El ángulo de incidencia α es el ángulo entre las trayectorias iniciales de los flujos 1200, 1220, mostradas como las líneas de puntos en la FIG. 12A. Estas trayectorias iniciales se dictan por la pared interior 1043 del paso del primer fluido 1080 y la pared exterior 1045 del paso del segundo fluido 1090 en sus respectivas salidas 1084, 1094. De esta manera, para obtener un ángulo de incidencia en un intervalo deseado, el ángulo entre estas paredes de paso 1043, 1045 en las salidas del primer y segundo fluido 1084, 1094 debería estar en el mismo intervalo. En la realización ilustrada, se definen por el embudo 1030 tanto la pared interior del primer paso 1043 como la pared exterior del segundo paso 1045, como se ve mejor en la FIG. 14. Con referencia de nuevo a la FIG. 12A, el ángulo de incidencia α hace al flujo del segundo fluido 122 incidir en la corona circular que forma el flujo del primer fluido 120. El ángulo de incidencia α es menor que 90 grados y preferiblemente está entre 5 y 30 grados. Más preferiblemente, el ángulo de incidencia α está entre 10 y 20 grados.

Los atomizadores 1000, 1000' y 1000" de las FIG. 11, 17 y 18 proporcionan medios para atomizar un primer fluido con un segundo fluido. En particular, cada uno de los atomizadores incluye los pasos del primer y segundo fluido 1080, 1090 cada uno que define un camino de fluido y volumen para descargar, acoplar y mezclar un flujo de un líquido con un gas a alta velocidad para atomización del flujo de líquido para generación y distribución de una niebla. No obstante, se pueden proporcionar medios alternativos para producir y acoplar un flujo de líquido y gas a alta velocidad para atomizar y dispersar el líquido como una niebla. En vista de los atomizadores descritos en la presente memoria, los dispositivos de generación de niebla conocidos se podrían modificar para descargar una corona circular de líquido desde un paso de fluido y acelerar y descargar un gas inerte desde otro paso de fluido para atomizar la corona circular de líquido para generación y distribución de una niebla líquida en un espacio cerrado a ser protegido y de esta manera proporcionar un medio para atomizar un primer fluido con un segundo fluido.

Con referencia de nuevo a la FIG. 11, la superficie interior 1078 del borde 1076 de la cubierta 1070 asegura que las pequeñas gotas más grandes arrancadas del primer flujo de fluido 1200 que se podrían proyectar lejos del eje longitudinal L del aparato por el segundo flujo de fluido 1220 se evita que se haga así para proporcionar mezcla del líquido y del gas en la cámara del borde 1076. Además, las pequeñas gotas retenidas contra la superficie interior 1078 del borde 1076 se atomizan más fácilmente ya que están sometidas tanto a la fuerza del segundo fluido como a las fuerzas de fricción de la superficie interior 1078.

El mecanismo de atomización de la presente invención es capaz de atomizar el líquido en una niebla en la que una gran proporción, preferiblemente mayor que el 80% de las pequeñas gotas, oscilan en tamaño desde alrededor de 1 micra a alrededor de 10 micras y más preferiblemente que oscilan desde alrededor de 1 micra a alrededor de 5 micras. Mostrada en la FIG. 22, para propósitos de ilustración está una distribución de tamaño de frecuencia acumulativa de las pequeñas gotas en la niebla producida por un atomizador preferido. Según el gráfico, la niebla incluye una distribución de pequeñas gotas en la que más del 90% tienen un tamaño de pequeña gota que oscila entre 1 a 10 micras de diámetro. El gas de descarga y la corona circular de líquido juntos definen preferiblemente un patrón de pulverización de niebla sustancialmente cónico. Con referencia a la FIG. 20, el patrón de pulverización de niebla para un atomizador preferido se ilustra en una vista de sección transversal lateral. El perímetro del patrón de pulverización de niebla que define el área de sección transversal define un ángulo incluido Δ de alrededor de 15° grados ($\pm 2^\circ$) con el eje central del atomizador y por lo tanto un ángulo incluido de 2Δ de alrededor de 30° grados ($\pm 2^\circ$) entre el perímetro del patrón de pulverización que define la forma cónica de la niebla.

Se ha determinado que el patrón de pulverización cónico está sustancialmente completamente desarrollado a una distancia axial DZ de alrededor de 1,1 m (42 pulgadas) desde el extremo de descarga del atomizador y más preferiblemente completamente desarrollado a una distancia axial DZ de alrededor de 1,6 m (64 pulgadas) desde el extremo de descarga del atomizador. Por "sustancialmente completamente desarrollado" se entiende que el patrón de pulverización cónico ha maximizado su distancia radial desde el eje central del atomizador para encontrar un círculo extremo del patrón de pulverización cónico que tiene un diámetro D1A de alrededor de 0,6 m (24 pulgadas) a la distancia axial de alrededor de 1,1 m (42 pulgadas) desde el atomizador y más preferiblemente que tiene un diámetro D1A de alrededor de 0,9 m (36 pulgadas) en la distancia axial de alrededor de 1,6 m. (64 pulgadas) del atomizador.

Para el dispositivo de atomización 1000 mostrado en la FIG. 11, los solicitantes suministraron un flujo de agua a 11,3 lpm (3 gpm) con un suministro de gas de nitrógeno a 6,9 bares (100 psi). El patrón de pulverización de niebla resultante se observó contra un fondo negro y se fotografió. La forma y los ángulos incluidos del patrón de pulverización de niebla se calcularon en base a la relación de escala entre la fotografía y un rasgo dimensionado real del atomizador. Por ejemplo, donde el extremo de descarga del atomizador tiene un diámetro de alrededor de 40 mm (1,57 pulgadas) y en la fotografía tiene un diámetro de alrededor de 5,9 mm (0,232 pulgadas) para definir un factor de escala de foto de alrededor de 6,75.

Los componentes del atomizador 1000 se describirán en mayor detalle. Con referencia a las FIG. 13 está una vista en sección longitudinal a través de la base 1012. Como se señaló anteriormente, la base 1012 es generalmente circular y tiene una cara trasera 1014, una cara delantera 1016 y pasos de entrada del primer y segundo fluido 1018, 1020 adaptados para recibir el primer y segundo fluidos desde sus fuentes respectivas (no mostradas). Cada uno de los pasos de entrada de fluido 1018, 1020 es sustancialmente paralelo con el eje longitudinal L del aparato. Cada paso de entrada de fluido 1018, 1020 tiene una rosca interna adaptada para recibir la rosca externa de las tuberías de suministro de fluido respectivas (no mostradas). Extendiéndose longitudinalmente a través del centro de la base 1012 está el taladro 1017. Con referencia a la FIG. 13A, el taladro 1017 tiene un rebaje en forma generalmente triangular 1019 que se abre en la cara trasera 1014 de la base 1012. La base 1012 incluye una parte de reborde que se extiende radialmente 1015 y una proyección anular que se proyecta axialmente 1022 que se proyecta hacia delante de la cara delantera 1016. Una pluralidad de aperturas separadas circularmente 1021 se extienden longitudinalmente a través de la parte de reborde 1015. La proyección anular 1022 tiene una superficie interior 1024 y una superficie exterior 1026. La superficie exterior 1026 contiene un surco 1027 en el que se sitúa una junta tórica 1028.

La FIG. 14 muestra el embudo 1030 como un elemento de proyección formado preferiblemente como una única pieza que tiene una parte de reborde que se extiende radialmente 1032 y una parte de cuerpo que se proyecta axialmente 1034. La parte del cuerpo 1034 tiene una superficie exterior 1037. Una parte de borde anular 1031 se extiende hacia atrás desde la parte de reborde 1032 y define una superficie exterior 1033. La superficie exterior 1033 contiene un surco 1035 en el que se sitúa una junta tórica 1036. La parte de reborde 1032 es anular y se extiende alrededor de la circunferencia entera del elemento de proyección 1030. Definidos dentro de la parte de reborde 1032 están un paso del primer fluido 1038 y un puerto de inspección 1039.

Como se describió anteriormente, el embudo 1030 tiene un primer extremo 1044 y un segundo extremo 1042 y un taladro 1046 que se extiende longitudinalmente a través del embudo 1030 desde el primer extremo 1044 al segundo extremo 1042. El taladro 1046 tiene la entrada 1047 en el primer extremo 1044, la salida 1048 en el segundo extremo 1042 y la parte de garganta 1049 intermedia de la entrada 1047 y la salida 1048. El taladro 1046 puede tener una longitud axial de entre 52mm y 55mm. En la entrada 1047 el taladro 1046 tiene un diámetro D1 que puede estar entre 53mm y 59mm. En la parte de garganta 1049 el diámetro del taladro 1046 es D2 el cual puede estar entre 7,5mm y 13mm y en la salida 1048 el diámetro del taladro es D3 que puede estar entre 30mm y 34mm. El diámetro D1 en la entrada 1047 es mayor que el diámetro D2 o D3, mientras que el diámetro D2 en la parte de la garganta 1049 es menor que los diámetros D1 y D3. Como resultado, el taladro 1046 se estrecha desde su punto más ancho en la entrada 1047 a un diámetro estrecho en la parte de la garganta 1049 antes de ensanchar de nuevo hasta que alcanza la salida 1048.

La FIG. 15 muestra la conexión 1050 que forma una parte adicional del aparato de generación de niebla. Como se describió de manera general anteriormente, la conexión 1050 es un elemento alargado que tiene un primer extremo 1051 y un segundo extremo 1052. La conexión 1050 tiene una primera parte generalmente cilíndrica 1053 y una segunda parte cónica 1055 que se extiende desde y preferiblemente formada íntegramente con, la parte cilíndrica 1053. Más preferiblemente, parte de la parte cilíndrica 1053 adyacente al primer extremo 1051 se dota con una rosca externa 1054. La parte cónica 1055 es en forma de un cono invertido, con el punto más estrecho del cono adyacente a la parte cilíndrica 1053 y el punto más ancho del cono en el segundo extremo 1052 de la conexión 1050. La parte cónica 1055 tiene un diámetro más pequeño D4 adyacente a la parte cilíndrica 1053 y un diámetro más grande D5 en el segundo extremo 1052 de la conexión 1050. La parte cilíndrica 1053 tiene un primer y segundo surcos 1056, 1058 separados longitudinalmente uno de otro y que se extienden alrededor de la circunferencia de la parte cilíndrica 1053. El primer surco 1056 es un surco de liberación de rosca que coopera con la rosca externa 1054. También formado en parte del camino a lo largo de la parte cilíndrica 1053 está un borde que se proyecta radialmente 1060, que define una superficie de apoyo 1062 que se enfrenta hacia el primer extremo 1051 de la

conexión 1050. El segundo surco 1058 sujeta una junta tórica 1057. Un surco adicional 1059 se proporciona en la parte cilíndrica 1053 de la conexión 1050 adyacente al primer extremo 1051.

5 El segundo extremo 1052 de la conexión 1050, que también es la parte más ancha de la parte cónica 1055, tiene una cara extrema que es cóncava. De esta manera, una cavidad en forma de plato 1064 se forma en la segunda cara extrema de la conexión 1050. La cara extrema del segundo extremo 1052 también incluye un par de agujeros de posicionamiento 1061.

10 La FIG. 16 muestra la cubierta 1070 que forma parte del aparato de generación de niebla. La cubierta 1070 es generalmente preferiblemente en forma de cúpula, que tiene un primer extremo 1072 de diámetro más grande que un segundo extremo 1074. Proyectando axialmente desde el segundo extremo 1074 de la cubierta 1070 está un borde anular 1076. El borde 1076 tiene una superficie interna 1078 que define un taladro de diámetro sustancialmente constante. En otras palabras, el borde 1076 tiene paredes internas que son sustancialmente paralelas cuando se ven en sección transversal vertical, tal como aquí en la FIG. 16. La cubierta 1070 tiene una primera sección adyacente al primer extremo 1072 que tiene una primera superficie interior 1073 de diámetro sustancialmente constante. Situados en el primer extremo 1072 de la cubierta 1070 a intervalos separados circularmente están una pluralidad de agujeros roscados que se extienden axialmente 1088. Una segunda sección de la cubierta 1070 que se extiende entre la primera sección y el borde 1076 tiene una segunda superficie interior 1075. La parte de la segunda sección adyacente a la primera sección tiene un tamaño menor que el de la primera sección, de manera que se define un apoyo que se enfrenta hacia atrás 1071 entre la primera y segunda secciones de la cubierta 1070. El diámetro de la segunda sección se reduce en la dirección del segundo extremo 1074. En otras palabras, la segunda superficie interior 1075 se estrecha hacia dentro desde el apoyo 1071 hasta que alcanza la superficie interna 1078 del borde 1076. De esta manera, la segunda superficie interior 1075 tiene un perfil suave que se curva hacia dentro a medida que progresa hacia el segundo extremo 1074, sin escalones o ángulos presentes en la superficie interior 1075.

25 La manera en la que se ensambla el aparato de generación de niebla, generalmente designado 1000, se describirá ahora con referencia particular a las FIG. 11 y 11A. En primer lugar, cada uno de los componentes mostrados en las FIG. 13-16 está formado de un material adecuado, que es preferiblemente acero inoxidable. En el primer paso de ensamblaje del aparato 1000, el embudo 1030 se inserta sobre la base 1012 de manera que la base 1012 y el embudo 1030 son concéntricos alrededor del eje longitudinal L, con la superficie exterior 1033 del borde del embudo 1031 que se guía por la superficie interior 1024 de la proyección anular 1022, hasta que la cara trasera de la parte de reborde 1032 se apoya en la superficie de la proyección anular 1022. La junta tórica 1036 situada en el surco 1035 en la superficie exterior 1033 asegura un ajuste de estanqueidad entre los dos componentes. Cuando la base 1012 y el embudo 1030 están colocados correctamente, el paso de entrada del primer fluido 1018 de la base 1012 y el paso del primer fluido 1038 del embudo están alineados y son capaces de una comunicación fluida uno con otro. Además, la entrada 1047 del taladro del embudo 1046 y el paso de entrada del segundo fluido 1020 de la base 1012 están ahora en comunicación fluida uno con otro también. Una vez que la base 1012 y el embudo 1030 se han orientado correctamente uno con respecto a otro, un anillo de bloqueo temporal (no mostrado) se asegura sobre la parte de reborde 1032 del embudo 1030 de manera que la base 1012 y el embudo 1030 se bloquean entre sí.

40 Una vez que la base 1012 y el embudo 1030 están bloqueados temporalmente entre sí, la conexión 1050 se puede introducir, en primer lugar a través del taladro 1046 del embudo 1030 y luego del taladro 1017 de la base 1012. Como se ve mejor en la FIG. 13A, se inserta una tuerca de bloqueo 1102 en el rebaje 1019. A medida que la conexión 1050 se inserta a través de los taladros 1046, 1017 se rota por una herramienta adecuada (no mostrada) que la sitúa en los agujeros de posicionamiento 1061. A medida que la conexión 1050 se rota la superficie roscada 1054 de la conexión 1050 casa con la rosca interna de la tuerca de bloqueo 1102. Las caras exteriores de la tuerca 1020 contactan las superficies interiores del rebaje triangular 1019 de manera que el rebaje 1019 evita que la tuerca 1020 rote a medida que se roscan a través el primer extremo 1051 y la superficie roscada 1054 de la conexión 1050. El borde 1060 de la conexión 1050 tiene un diámetro mayor que el taladro 1017. Consecuentemente, una vez que la superficie de apoyo 1062 del borde 1060 entra en contacto con la base 1012, la conexión 1050 no se puede roscar más allá a través de la tuerca 1020. En este punto, una arandela 1040 y una arandela de retención 106 se montan en el primer extremo 1051 de la conexión 1050 de manera que la tuerca 1020 no puede trabajar por sí misma suelta. 50 La arandela de retención 106 se sitúa en el surco 1059 proporcionada en el primer extremo 1051 de la conexión 1050. La junta tórica 1057 situada en la parte cilíndrica 1053 de la conexión 1050 asegura un ajuste de estanqueidad entre la conexión 1050 y el taladro 1017.

55 Como se puede ver en la FIG. 11, una vez que la conexión 1050 se sitúa axial y concéntricamente en el taladro 1017, la parte cónica 1055 de la conexión 1050 se encuentra entre la parte de garganta 1049 y la salida 1048 del taladro 1046 en el embudo 1030. Consecuentemente, la superficie interior del taladro 1046 y la superficie exterior de la conexión 1050 ahora definen un paso del segundo fluido 1090.

60 Una vez que la conexión 1050 se ha fijado a la base 12, el puerto de inspección 1039 se puede usar para medir la distancia axial entre la superficie superior de la proyección anular 1022 y los segundos extremos remotos 1042, 1052 del embudo 1030 y la conexión 1050. Esto asegura que la base 1012, el embudo 1030 y la conexión 1050 se colocan todos correctamente unos respecto a otros. Al mismo tiempo, se pueden usar instrumentos de medición para comprobar el hueco entre el embudo 1030 y la conexión 1050 que forma el paso del segundo fluido 1090.

Una vez que se han completado las comprobaciones de medición y colocación, el anillo de bloqueo temporal se puede extraer y sustituir con la cubierta 1070. La cubierta 1070 se coloca axialmente sobre la base 1012 de manera que el apoyo 1071 contacta la parte de reborde 1032 del embudo 1030 y la cubierta entonces está concéntrica con los otros componentes y el eje L. Esto empareda la parte de reborde 1032 entre la base 1012 y la cubierta 1070, sujetando la base 1012 y el embudo 1030 uno contra otro. Al mismo tiempo, la junta tórica 1028 asegura un ajuste de estanqueidad entre la base 1012 y la cubierta 1070. La cubierta 1070 está alineada con la base 1012 de manera que las aperturas roscadas 1088 se alinean con las aperturas 1021 en la base 1012. Una pluralidad de tornillos de fijación 1180 se aprietan entonces en las aperturas roscadas 1088 a través de las aperturas 1021 en la base 1012. Una vez que los tornillos 1180 están completamente apretados las cabezas de los tornillos 1180 están al menos a ras con la cara trasera 1014. Un número de agujeros de montaje ciegos 1100 con roscas internas también se proporcionan en la cara trasera 1014 de la base 1012 para unir el aparato a un patín de montaje o similar adecuado.

Como se ve mejor en la FIG. 11, una vez que la cubierta 1070 se monta con éxito, la segunda superficie interior 1075 de la cubierta 1070 y la superficie exterior 1037 del embudo 1030 definen un primer paso de fluido 1080 que tiene una entrada 1082 y una salida 1084. La entrada 1082 está en comunicación fluida con la entrada del primer fluido 1018 y el paso del primer fluido 1038. Debido a los contornos de la segunda superficie interior 1075 y la superficie exterior 1037 el paso del primer fluido 1080 tiene una geometría interna divergente-convergente. En otras palabras, el área de sección transversal de una parte del paso del primer fluido 1080 intermedio de la entrada 1082 y la salida 1084 es mayor que el área de sección transversal o bien a la entrada 1082 o bien a la salida 1084. El área de sección transversal del paso del primer fluido 1080 se reduce progresivamente a continuación de la parte intermedia. El volumen total del paso del primer fluido 1080 desde la entrada 1082 a la salida 1084 es de alrededor de 120.400 mm^3 y puede estar más preferiblemente entre 119.000 mm^3 y 121.500 mm^3 .

La capacidad del atomizador 1000 de generar niebla, como se describió anteriormente, que tiene la distribución de tamaño de pequeñas gotas preferida para las tasas de flujo de agua preferidas y las presiones de gas bajas se cree que es una función de la geometría de los pasos del primer y segundo fluido 1080, 1090. La capacidad del líquido de formar la corona circular delgada deseada es una función del paso del primer fluido 1080. Mostrada en la FIG. 19 está una vista en sección transversal detallada del paso de flujo del primer fluido 1080. El perfil del paso 1080 se puede definir por una curva que es una función de las tres áreas críticas: (i) el área de entrada A1 en el área de entrada del paso 1080; (ii) el área de salida A3 en el área de salida del paso 1080; y (iii) el área intermedia máxima A3 entre el área de entrada A1 y área de salida A3. Cada una de las áreas críticas A1, A2, A3 definen un área sustancialmente circular dispuesta coaxialmente a lo largo del camino de fluido FP central del paso 1080. Las áreas A1, A2 y A3 están separadas unas de otras a lo largo del camino FP por una distancia de camino del primer fluido L1 entre las áreas A1 y A2 y una segunda distancia de camino del segundo fluido L2 entre las áreas A2 y A3.

Usando los radios de las áreas críticas A1, A2 y A3, la tasa angular de cambio en los radios de un área a la siguiente adyacente se puede determinar por su relación trigonométrica. Los radios aumentan desde el área de entrada A1 al área intermedia A2. En la realización preferida, el área equivalente A2 es mayor que A1 en un factor de entre 1 a 50, está preferiblemente entre 1 a 5 y es más preferiblemente de alrededor de 1 a 1,5, para definir un cambio angular preferible entre los radios desde A1 a A2 de alrededor de 83° ($82,7^\circ$). Los radios aumentan desde el área de salida A3 al área intermedia A2. En la realización preferida, el área equivalente A2 es mayor que A1 en un factor de entre 50 a 400, preferiblemente 100 a 300 y más preferiblemente 270 a 280, para definir un cambio angular entre los radios desde A3 a A1 de alrededor de 84° ($83,6^\circ$).

El perfil del paso 1080 es preferiblemente suave. La suavidad se puede definir como la separación angular entre segmentos discretos adyacentes que pueden aproximar el perfil de superficie. Con referencia a la FIG. 19A, se muestra una vista detallada del perfil de pared del paso 1080 que se ha deshecho en segmentos discretos y se mide el ángulo de cambio entre cada segmento. Los segmentos discretos cada uno son de alrededor del 1 por ciento de la longitud del camino de fluido FP. En un perfil de superficie que es suave, entonces hay un pequeño cambio angular desde un segmento al siguiente que tiene un cambio máximo de alrededor de 90° , preferiblemente un máximo de 45° , incluso más preferiblemente un máximo de 45° y aún incluso es más preferiblemente menor que 30 grados. Por el contrario, si hay un escalón repentino en el perfil, entonces el cambio angular es mayor. En la realización preferida del atomizador, el perfil de segmento del paso 1080 tiene un cambio angular máximo que es menor que 30 grados. Más específicamente, la superficie del paso 1080 definida por la superficie interior de la cubierta tiene un cambio angular máximo entre segmentos adyacentes de alrededor de 27° grados. La superficie del paso 1080 definida por la superficie exterior del embudo tiene un cambio angular máximo entre segmentos adyacentes de alrededor de $4,5^\circ$ grados.

Volviendo de nuevo a la FIG. 11, una vez que se ensamblan correctamente los diversos componentes, la salida 1094 del paso del segundo fluido 1090 se define entre los segundos extremos 1052, 1042 de la conexión 1050 y del embudo 1030. La salida 1084 del paso del primer fluido 1080 se define entre el segundo extremo 1042 del embudo 1030 y la superficie interior 1078 del borde 1076.

Una realización alternativa del atomizador se muestra en las FIG. 18 y 18A. En el atomizador 1000", los componentes son los mismos que los del atomizador 1000 mostrado en la FIG. 11. No obstante, en esta realización alternativa, el embudo 1030" y la conexión 1050" se dimensionan de manera que el embudo y la conexión ocupan el taladro del borde anular 1074" en el segundo extremo 1074" de la cubierta 1070". La configuración del atomizador

1000" elimina eficazmente el borde que sobresale situando las salidas del primer y segundo fluido 1084", 1094" adyacentes al segundo extremo 1074" de la cubierta 70".

Las Figuras 17 y 17A muestran vistas de otra realización alternativa de un aparato de generación de niebla según la presente invención. La realización alternativa de los aparatos, designados de manera general 1000', comparte un número de componentes con la realización descrita previamente y atomiza el primer fluido de la misma manera que se describió anteriormente. No obstante, la realización alternativa también tiene un número de diferencias a partir de la primera realización. La más notable, el segundo extremo 1074' de la cubierta 1070' no tiene un borde que sobresale. El segundo extremo 1074' por lo tanto es adyacente a las salidas del primer y segundo fluido 1084', 1094'. El embudo 1030' de esta realización alternativa no tiene una parte de reborde que se proyecta radialmente la cual se empareda entre la cubierta 1070' y la base 1012'. En su lugar, el embudo 1030' se asegura directamente a la base 1012' mediante un número de tornillos de fijación (no mostrados). Adicionalmente, en lugar de ser asegurados juntos por fijaciones de tornillo la cubierta 1070' tiene una rosca interna en su superficie interior 1073' que coopera con una rosca externa en la superficie exterior 1026' de la base 1012'. La cubierta 1070' por lo tanto se puede roscar sobre la base 1012' y girando la cubierta 1070' respecto a la base 1012' se ajustará la distancia axial entre la cubierta 1070' y tanto la base 1012' como el embudo 1030' se aseguran directamente a la base 1012'.

Como se ve mejor en la FIG. 17A, la primera salida de fluido 1084' se ha adaptado en varias formas en la realización alternativa. En primer lugar, se ha aumentado la anchura del hueco entre los segundos extremos 1042', 1074' del embudo 1030' y la cubierta 1070' que forma la primera salida de fluido 1084'. Aumentar el hueco amplía la salida del primer fluido 1084' y reduce la velocidad de salida del primer fluido para la misma condición de tasa de flujo. En segundo lugar, como la distancia axial entre la cubierta 1070' y el embudo 1030' se puede ajustar en esta realización, también se puede ajustar el ángulo de proyección y la velocidad de salida del primer fluido. Ajustar la posición axial de la cubierta 1070' respecto a la base 1012' y el embudo 1030' ajusta las posiciones axiales relativas del segundo extremo 1074' de la cubierta 1070' y el segundo extremo 1042' del embudo 1030', ambos de los cuales definen la salida del primer fluido 1084'. El ajuste de estos componentes por lo tanto también ajusta el tamaño de hueco de la salida del primer fluido 1084' y el camino inicial 1200' del flujo del primer fluido a medida que sale a través de la salida del primer fluido 1084'. Como resultado, cuanto más se atornilla la cubierta 1070' sobre la base 1012' más divergirá el camino inicial del flujo del primer fluido 1200' que se emite desde la salida 1084' desde el eje longitudinal L' del aparato 1000'. En la primera realización, el ángulo de proyección era sustancialmente paralelo con el eje longitudinal del aparato. La variación en el ángulo de proyección también reduce el ángulo de incidencia α' entre el primer y segundo flujos de fluido 1200', 1220' que se emiten desde sus respectivas salidas 1084', 1094'.

La conexión 1050' en la realización alternativa tiene una superficie roscada más larga 1054' y ninguna parte de borde que limita su posición axial respecto a la base 1012'. El taladro 1017' en la base 1012' tiene una rosca interna que engancha la superficie roscada 1054' de la conexión 1050'. Como resultado, la posición axial de la conexión 1050' respecto a la base 1012' y los otros componentes principales se pueden ajustar dependiendo de la cantidad que se atornilla la conexión 1050' en la base 1012'. Esto también permite que la anchura del paso del segundo fluido 1090' y la salida 1094' sean ajustadas, ya que la posición de la conexión 50' se puede ajustar respecto al embudo 30'. Consecuentemente, el ajuste de la conexión 1050' también ajusta la relación de áreas entre la garganta y la salida del paso del segundo fluido, así como el ángulo de expansión equivalente del paso del segundo fluido. Una vez que la conexión 1050' se ha colocado de manera que la relación de áreas entre la primera y segunda salidas y el ángulo de expansión equivalente están entre los intervalos expuestos anteriormente, una tuerca de bloqueo 1020' se monta sobre el primer extremo 1051' de la conexión 1050' que sobresale desde la cara trasera 1014' de la base 1012'.

La presente invención proporciona un aparato de generación de niebla que tiene un único canal de suministro para cada uno del primer y segundo fluidos. Los canales de suministro son sustancialmente paralelos con el eje longitudinal del aparato, reduciendo por ello las presiones de suministro necesarias para suministrar los fluidos. Tener canales de suministro únicos para cada fluido que son sustancialmente paralelos al eje longitudinal del aparato permite al aparato y las líneas de suministro ser fabricados e instalados más fácilmente sobre un patín de montaje o similar, en comparación con los generadores de niebla que tienen uno o más canales de suministro que entran en el aparato perpendiculares al eje longitudinal.

La geometría de los pasos de fluido y sus salidas respectivas también dota a la presente invención con rendimiento mejorado comparado con los generadores de niebla existentes en términos de eficiencia (la cantidad de segundo fluido usado para atomizar el primer fluido) y el grado de atomización del primer fluido. Específicamente, la relación de áreas entre las salidas del primer y segundo fluido y el ángulo de incidencia entre los dos flujos del fluido que sale de las salidas mejoran el rendimiento de atomización en la presente invención. Proporcionando una relación de áreas entre las salidas respectivas como se detalló anteriormente, la presente invención proporciona una lámina de película fina del primer fluido que se puede atomizar más eficientemente por el segundo fluido. El área de salida menor de la salida del primer fluido también aumenta la velocidad de salida del primer fluido, lo que en sí mismo puede conducir a un grado de atomización del primer fluido a medida que sale del aparato. Proporcionar un ángulo de incidencia entre los dos flujos que cae dentro de los intervalos detallados anteriormente proporciona una atomización mejorada del primer fluido (en términos de tamaño de pequeñas gotas y distribución de pequeñas gotas) mientras que se reduce el riesgo de las pequeñas gotas del primer fluido atomizado se unan entre sí de nuevo. Cuanto mayor sea el ángulo de incidencia entre los flujos, mayor será la transferencia de impulso inicial

desde el segundo fluido al primer fluido. No obstante, un ángulo de incidencia grande también puede conducir a la lámina de película del primer fluido a convergir cuando entra en contacto con el flujo del segundo fluido, aumentando el riesgo de que algunas de las pequeñas gotas de primer fluido atomizadas se unan de nuevo entre sí.

5 Usar el flujo del segundo fluido para crear una región turbulenta fuera del aparato asegura la atomización adicional del primer fluido, mejorando de nuevo el rendimiento de atomización de la presente invención. De esta manera, la presente invención proporciona un aparato de generación de niebla que (i) genera una niebla con el tamaño de pequeñas gotas de agua deseado y (ii) genera turbulencia en el espacio de protección para distribución sustancialmente homogénea de las pequeñas gotas en todo el volumen del espacio circundante.

10 El método en el que se ensambla el aparato también tiene beneficios. La base, embudo, conexión y cubierta todos se ensamblan concéntricamente de tal forma que los huecos que definen los pasos de fluido y salidas entre los componentes son coherentes a lo largo de la longitud y alrededor de la circunferencia del aparato. Además, a medida que cada uno del embudo, conexión y cubierta se unen o montan a la placa de la base, los componentes tienen un punto de referencia común. Esto asegura que se minimizan los errores de tolerancia en lugar de ser multiplicados, como a menudo es el caso en conjuntos de la técnica anterior donde los componentes se ensamblan entre sí sin una referencia común.

15 En la realización que tiene el elemento de cubierta con un borde que sobresale axialmente, el borde evita el daño al embudo y la conexión si se deja caer el aparato. Las posiciones relativas de estos componentes y por lo tanto la geometría del primer y segundo pasos, se protege por lo tanto. Adicionalmente, la superficie interior del borde asegura que el aparato tiene direccionalidad, es decir, las pequeñas gotas atomizadas se pueden dirigir hacia una ubicación elegida. Aunque como se trató anteriormente, tal direccionalidad no es necesaria para el propósito de protección contra incendios de niebla fluida eficaz.

20 Además, las pequeñas gotas retenidas contra la superficie interior del borde se atomizan más fácilmente ya que están sometidas tanto a la fuerza del segundo fluido como a las fuerzas de fricción de la superficie interior. No obstante, se debería entender que esta primera realización puede tener alternativamente un borde que sobresale una distancia relativamente corta, por ejemplo, unos pocos milímetros o el borde se puede omitir de la primera realización. En estos casos, el proceso de atomización descrito anteriormente tendrá lugar sustancialmente fuera del aparato de generación de niebla.

25 En la realización en la que el elemento de cubierta no tiene borde de proyección, no hay restricción radial de los flujos de fluido. Por lo tanto se permite a los flujos expandirse radialmente lejos del eje longitudinal L del aparato en una etapa anterior que lo harían si hubiera un borde presente. Esto crea un mayor grado de turbulencia en el segundo fluido, lo cual puede mejorar la atomización del primer fluido. Adicionalmente, la columna de niebla resultante tiene una extensión más amplia, lo cual puede ser beneficioso en una situación donde el aparato es para llenar un volumen particular con la niebla en contraposición a dirigir la columna hacia una ubicación específica.

30 Uno o más de los tornillos de fijación usados en el montaje del aparato se puede sustituir con una fijación mecánica alternativa donde sea adecuado. Ejemplos adecuados incluyen tornillos de fijación, abrazaderas o una combinación de los mismos. Una o más de las fijaciones mecánicas pueden ser a prueba de manipulación o fijación de evidente manipulación a fin de o bien evitar o bien resaltar el desmontaje del aparato a continuación de la instalación.

35 En lugar de usar una disposición roscada como en la realización alternativa, el ajuste de la posición axial de la cubierta respecto a la base se puede lograr alternativamente insertando cuñas entre los dos componentes y entonces apretando los dos componentes entre sí usando fijaciones mecánicas de la misma manera que la de la primera realización.

40 Se debería reconocer que los rasgos adaptados de la segunda realización ilustrada no se limitan a ser usados en combinación. Estos rasgos se pueden incorporar por lo tanto individualmente en la primera realización si se desea. Por ejemplo, una realización del aparato que no tiene borde presente no necesita tampoco ser dotada con la disposición de ajuste para el elemento de cubierta también.

45 Mientras que es preferido que el aparato se forme de la manera descrita a partir de una base, embudo, conexión y elemento de cubierta, se debería reconocer que el aparato de la presente invención no está limitado a la formación de los diversos canales y pasos de fluido usando estos componentes específicos. Los canales y pasos de fluido deseados se pueden crear dentro del aparato de una manera alternativa a la descrita. Por ejemplo, los canales y pasos se pueden formar taladrando el aparato o también mediante fundición del aparato con los canales y pasos formados dentro del mismo.

50 Aunque el aparato se fabrica preferiblemente de acero inoxidable, también se pueden usar en su lugar materiales alternativos que comparten las mismas propiedades. Los requisitos primarios del material son resistencia a la corrosión, los productos químicos y el desgaste. También es preferible que el material se mecanice o forme fácilmente y sea relativamente barato. Posibles materiales alternativos incluyen metales tales como aluminio y bronce y aleaciones de metal tales como tungsteno. También se pueden usar plásticos o materiales cerámicos que tengan las propiedades antes mencionadas.

- De nuevo, mientras que el primer fluido preferido se ha descrito como agua, la presente invención no está limitada a este primer fluido específico. Por ejemplo, el primer fluido podría ser en su lugar un retardante de incendios líquido. De manera similar, mientras que el segundo fluido es preferiblemente un gas, no se tiene que considerar como limitado a los ejemplos de gas dados en la descripción precedente. También se pueden usar otros fluidos comprimibles que tengan propiedades similares a los gases descritos sin afectar la manera de operación de la presente invención. El segundo fluido preferiblemente debería ser fácilmente obtenible, relativamente barato y no corrosivo. También puede ser beneficioso usar un segundo fluido que tenga los beneficios adicionales de ser generado en el lugar (por ejemplo, a través de un compresor) y/o tenga beneficios de ser inerte cuando se usa en supresión de incendios.
- 5
- 10 Los inventores han proporcionado dispositivos para protección contra incendios de tipo niebla líquida que proporcionan rendimiento mejorado sobre los sistemas y la tecnología de niebla conocidos previamente. En particular, los métodos, sistemas y dispositivos preferidos proporcionan protección contra incendios de niebla líquida independiente de la ubicación del dispositivo de descarga o atomizador respecto a cualquiera de la geometría de espacio de suelo y/o la ubicación del riesgo o incendio. Además, el sistema y métodos preferidos proporcionan un
- 15 rendimiento igual independiente del número de atomizadores utilizados a condición de que el volumen total que se descarga para las diversas configuraciones del sistema sea sustancialmente igual. Finalmente, los sistemas preferidos han demostrado rendimiento por encima de los sistemas de niebla conocidos (i) requiriendo menos agua y consumo de presión; y (ii) reduciendo el tiempo de extinción por encima de los sistemas de niebla conocidos previamente.
- 20 Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a ciertas realizaciones preferidas, son posibles numerosas modificaciones, alteraciones y cambios a las realizaciones descritas sin apartarse del alcance de la presente invención definido por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de generación de niebla que comprende: un paso de primer fluido (1080) que tiene una entrada del primer fluido (1082) y una salida del primer fluido (1084) dispuestas alrededor de un eje longitudinal (L) del dispositivo; y un paso de segundo fluido (1090) que tiene una entrada del segundo fluido (1047) y una salida del segundo fluido (1094) a través de las cuales pasa un segundo fluido, en donde las salidas del paso del primer y segundo fluido (1084,1094) se orientan una respecto a otra de manera que tienen un ángulo de incidencia (α) de entre 5 y 30 grados;
- 5 caracterizado por que:
- 10 el paso del primer fluido (1080) rodea el paso del segundo fluido (1090) y tiene una geometría interna divergente-convergente de manera que define un perfil curvo que converge con la salida del primer fluido (1084);
- 15 en donde el paso del segundo fluido (1090) define un ángulo de expansión equivalente de entre 1 y 40 grados e incluye una parte de garganta (1092) situada entre la entrada del segundo fluido (1047) y la salida del segundo fluido (1094), la parte de garganta (1092) que tiene un área de sección transversal menor que la de tanto la entrada del segundo fluido (1047) como la salida del segundo fluido (1094) de manera que la relación de áreas entre la parte de garganta (1092) y la salida del paso del segundo fluido (1094) está entre 5:7 y 2:11; y
- en donde la relación del área de sección transversal de la salida del paso del primer fluido (1084) a la salida del paso del segundo fluido (1094) está entre 10:3 y 1:12.
- 20 2. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde el área de sección transversal de la salida del segundo fluido (1094) es entre 4 y 7 veces mayor que la de la salida del primer fluido (1084).
3. El dispositivo de cualquier reivindicación precedente, en donde la parte de garganta de paso del segundo fluido (1092) y la salida del segundo fluido (1094) rodea el eje longitudinal (L) del dispositivo y la entrada del segundo fluido (1047) está desplazada radialmente del eje longitudinal (L).
- 25 4. El dispositivo de cualquier reivindicación precedente, en donde el paso del primer fluido (1080) se sitúa radialmente hacia fuera del paso del segundo fluido (1090).
5. El dispositivo de cualquier reivindicación precedente en donde el paso del segundo fluido (1090) se define parcialmente por una conexión alargada (1050) que es coaxial con el eje longitudinal (L) del dispositivo.
- 30 6. El dispositivo de cualquier reivindicación precedente, en donde el paso del primer fluido (1080) incluye una parte intermedia situada entre la entrada del primer fluido (1018) y la salida del primer fluido (1084), la parte intermedia que tiene un área de sección transversal que es entre 50 y 400 veces mayor que la de la salida del primer fluido (1084).
7. El dispositivo de la reivindicación 5, en donde la conexión (1050) tiene un primer y segundo extremos y el segundo extremo comprende una cara extrema cóncava que está rodeada por las salidas de paso del primer y segundo fluido (1084, 1094).
- 35 8. El dispositivo de cualquier reivindicación precedente, en donde el paso del primer fluido (1080) define un volumen total de entre 119.000 mm^3 y 121.500 mm^3 y el paso del segundo fluido (1090) define un volumen total de entre 24.300 mm^3 y 25.500 mm^3 .
9. El dispositivo de cualquier reivindicación precedente, que además comprende:
- 40 un canal de suministro de un primer fluido que tiene un primer extremo adaptado para ser conectado a un suministro de un primer fluido y un segundo extremo conectado a la entrada del primer fluido; y
- un canal de suministro de un segundo fluido que tiene un primer extremo adaptado para ser conectado a un suministro de un segundo fluido y un segundo extremo conectado a la entrada del segundo fluido;
- 45 en donde el primer y segundo canales de suministro son sustancialmente paralelos al eje longitudinal (L) del dispositivo.
10. El dispositivo de cualquier reivindicación precedente que además comprende una cámara en comunicación con las salidas del primer y segundo fluido (1084, 1094) para mezcla de la descarga de líquido y gas para formar la niebla.
- 50 11. El dispositivo de cualquier reivindicación precedente, en donde el área de sección transversal de la parte de garganta (1092) del segundo paso (1090) está entre 20mm^2 y 35mm^2 .

12. Un método de ensamblaje de un dispositivo de generación de niebla, que comprende los pasos de:

formar un elemento de base (1012) que contiene canales de suministro del primer y segundo fluido (1018, 1020);

5 formar un elemento de embudo (1030) que contiene un taladro (1046) y situar axial y concéntricamente el elemento de embudo (1030) sobre el elemento de base (1012) de manera que el taladro (1046) comunica con el canal de suministro del segundo fluido (1020);

10 formar un elemento de conexión alargado (1050) y unir axial y concéntricamente el elemento de conexión (1050) al elemento de base (1012) de manera que una parte del elemento de conexión (1050) se encuentre dentro del taladro (1046) y un paso de segundo fluido (1090) se define entre el embudo concéntrico y los elementos de conexión (1030, 1050);

formar un elemento de cubierta (1070), el elemento de cubierta (1070) que tiene un primer extremo (1072) adaptado para cerrar el embudo y los elementos de conexión (1030, 1050) y adaptado para situarse axial y concéntricamente sobre el elemento de base (1012), el elemento de cubierta (1070) que además comprende un segundo extremo (1074) que tiene una salida; y

15 unir el elemento de cubierta (1070) al elemento de base (1012) de manera que se define un paso del primer fluido (1080) entre una superficie externa (1037) del elemento de embudo (1030) y una superficie interna (1075) del elemento de cubierta (1070), el primer paso (1080) que tiene una geometría interna divergente-convergente de manera que define un perfil curvo que converge a una salida del primer fluido (1084) del primer paso (1080) y en donde la salida del primer fluido (1084) y la salida del segundo fluido (1094) comunican con la salida del elemento de cubierta (1070), las salidas del primer y segundo fluido (1084, 1094) se orientan una respecto a la otra de manera que tienen un ángulo de incidencia (α) de entre 5 y 30 grados y la relación del área de sección transversal de la primera salida de fluido (1084) a la salida del segundo fluido (1094) está entre 10:3 y 1:12.

20

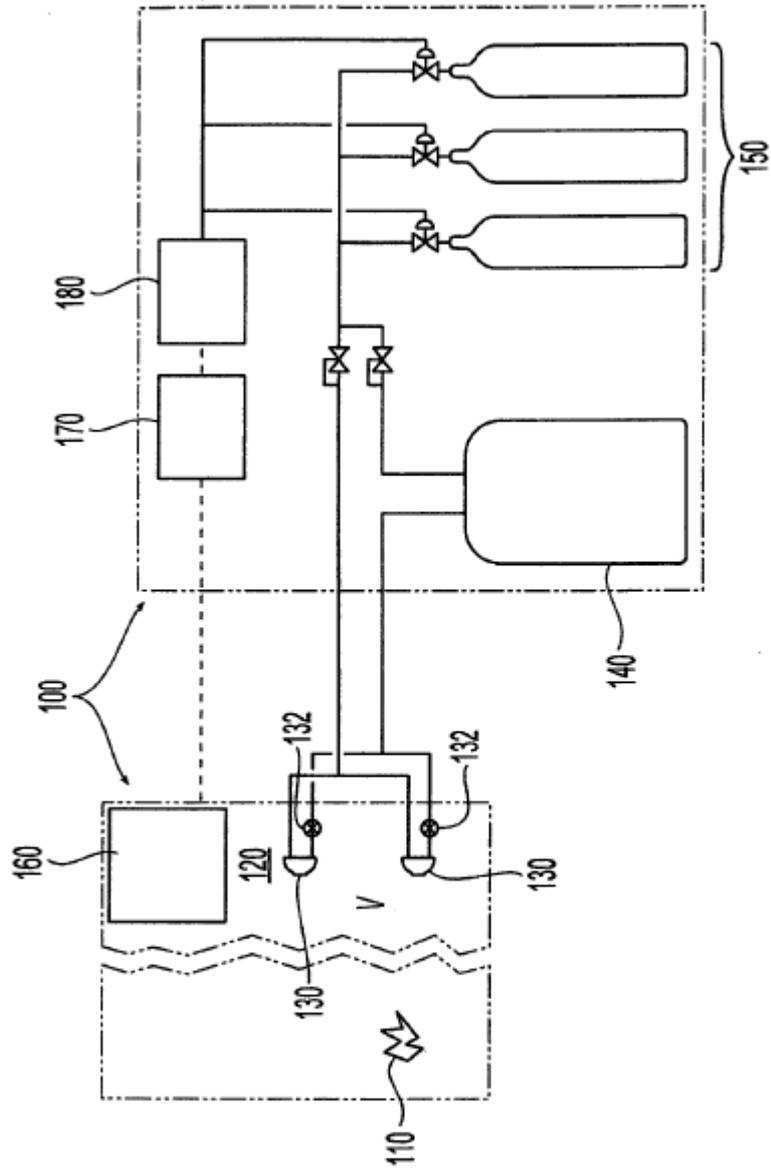


Fig. 1

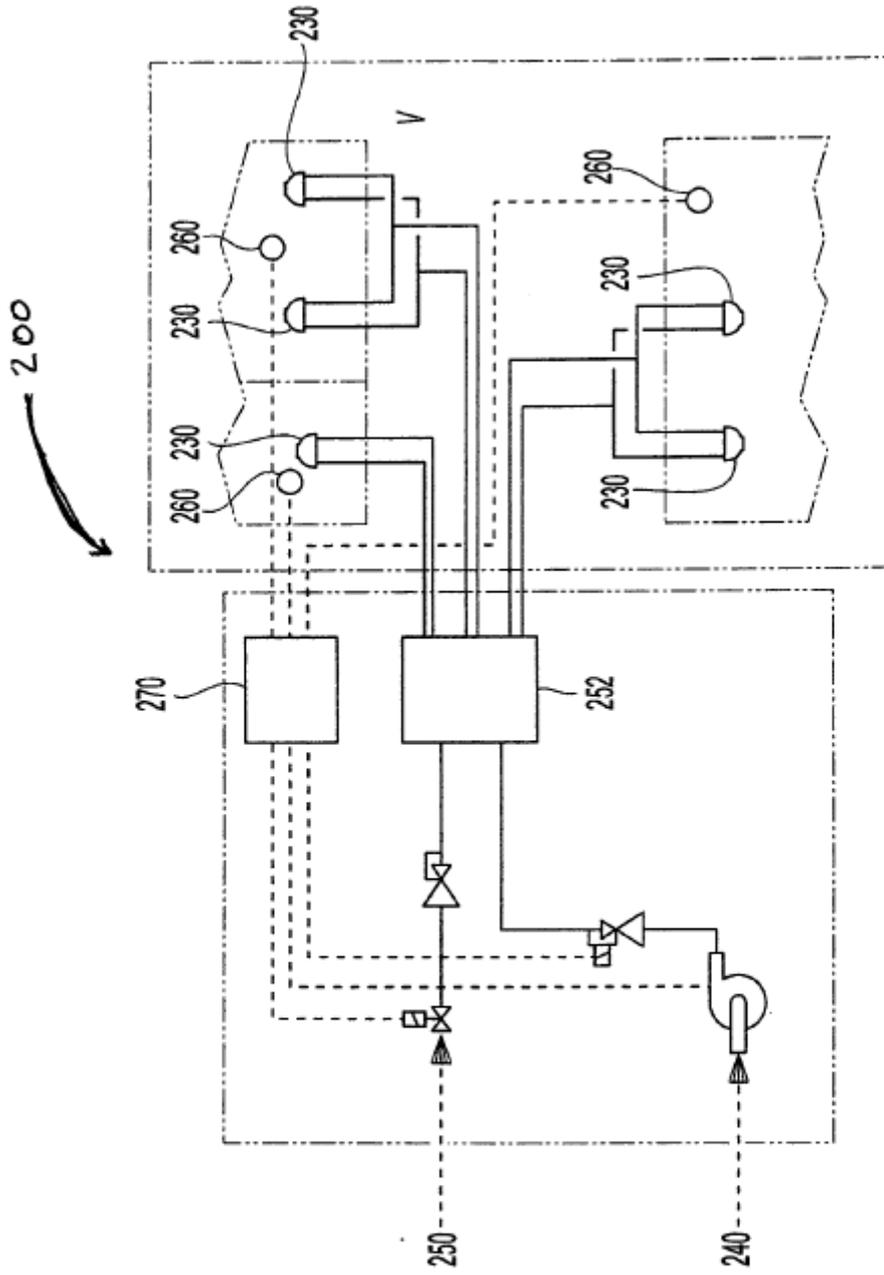


Fig. 2

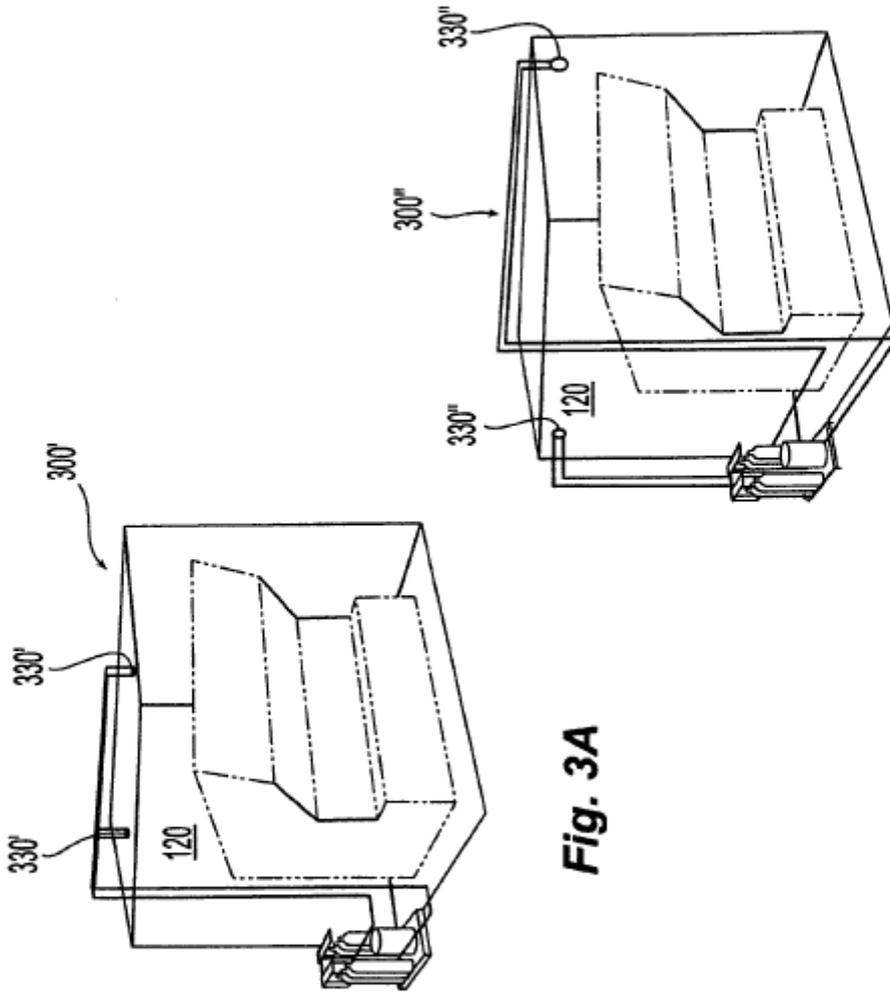


Fig. 3A

Fig. 3B

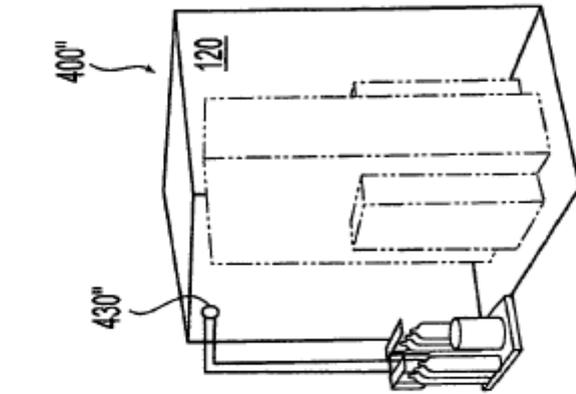


Fig. 3D

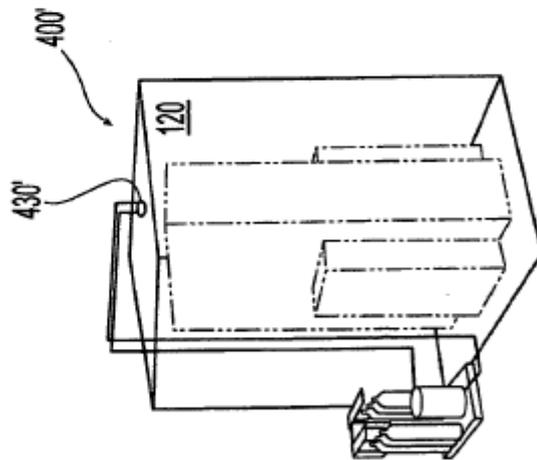


Fig. 3C

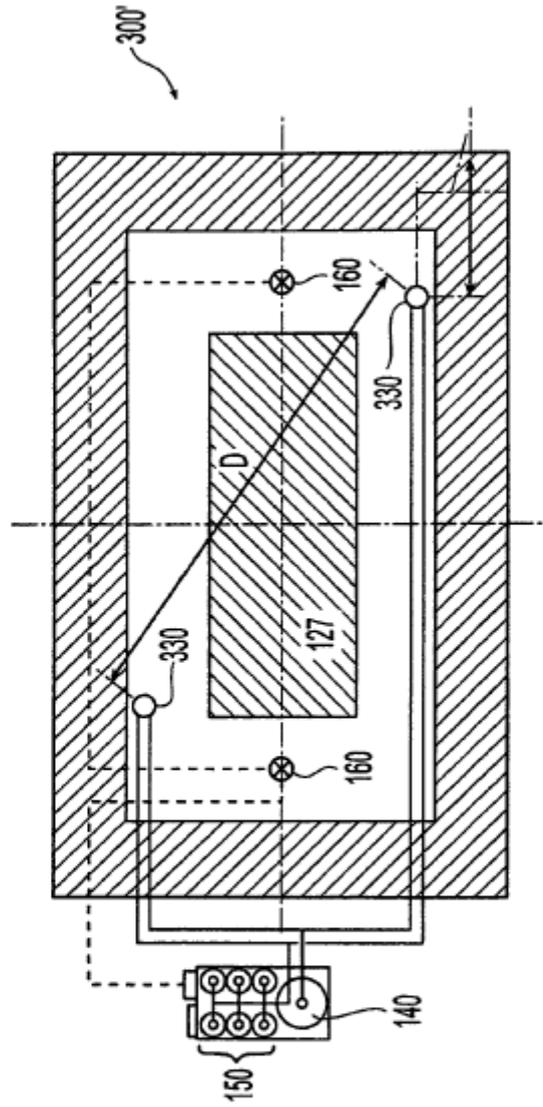


Fig. 4A

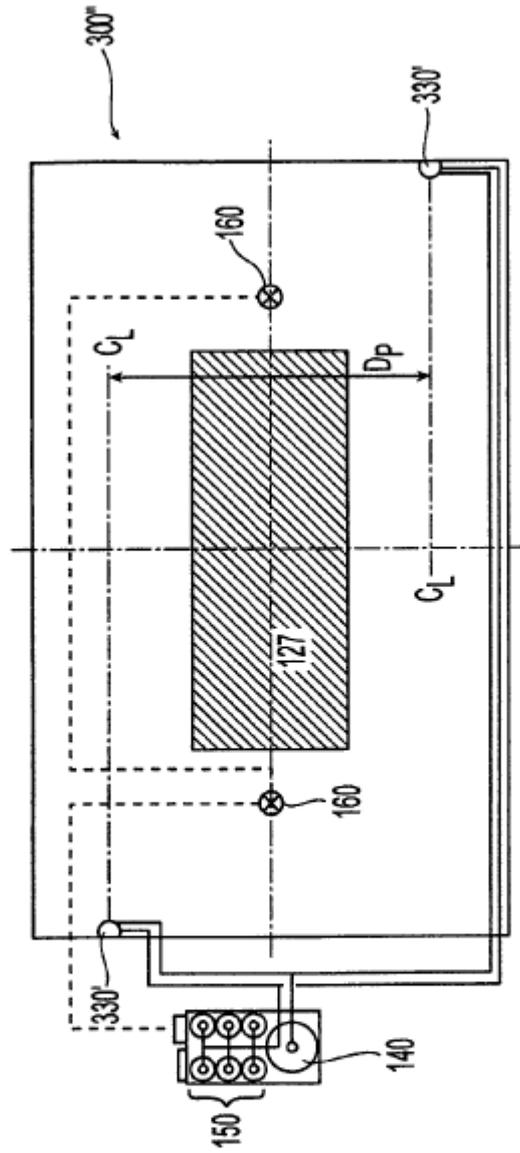


Fig. 4B

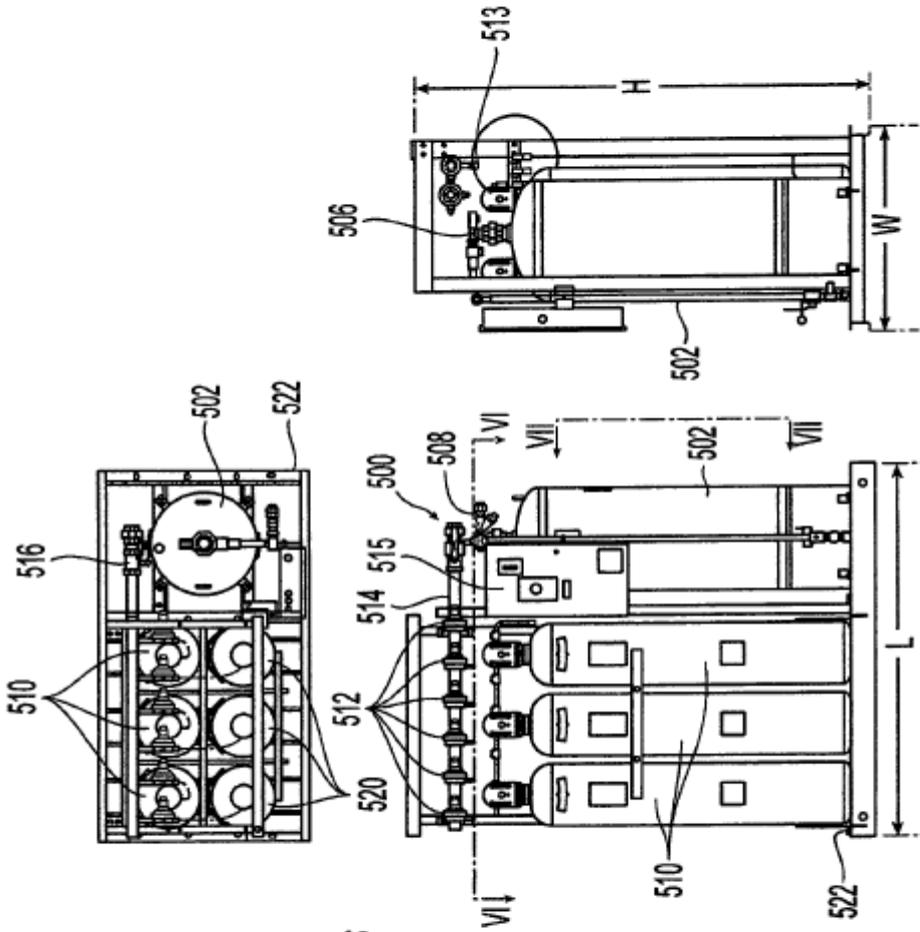


Fig. 6

Fig. 5

Fig. 7

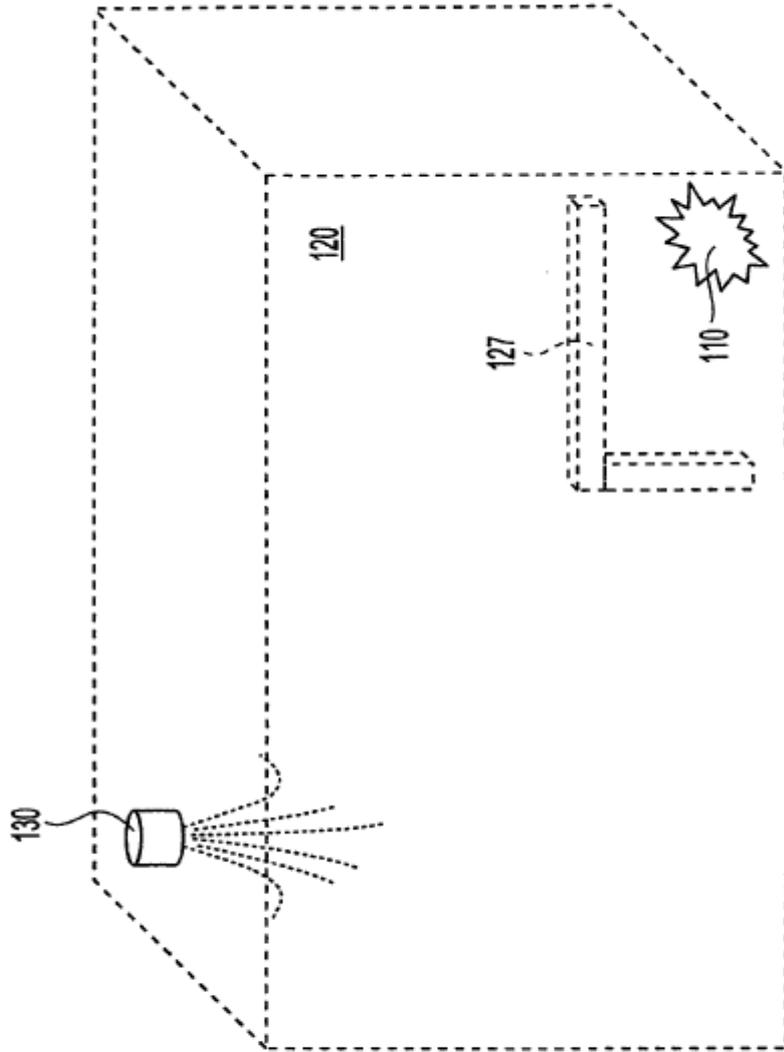


Fig. 8

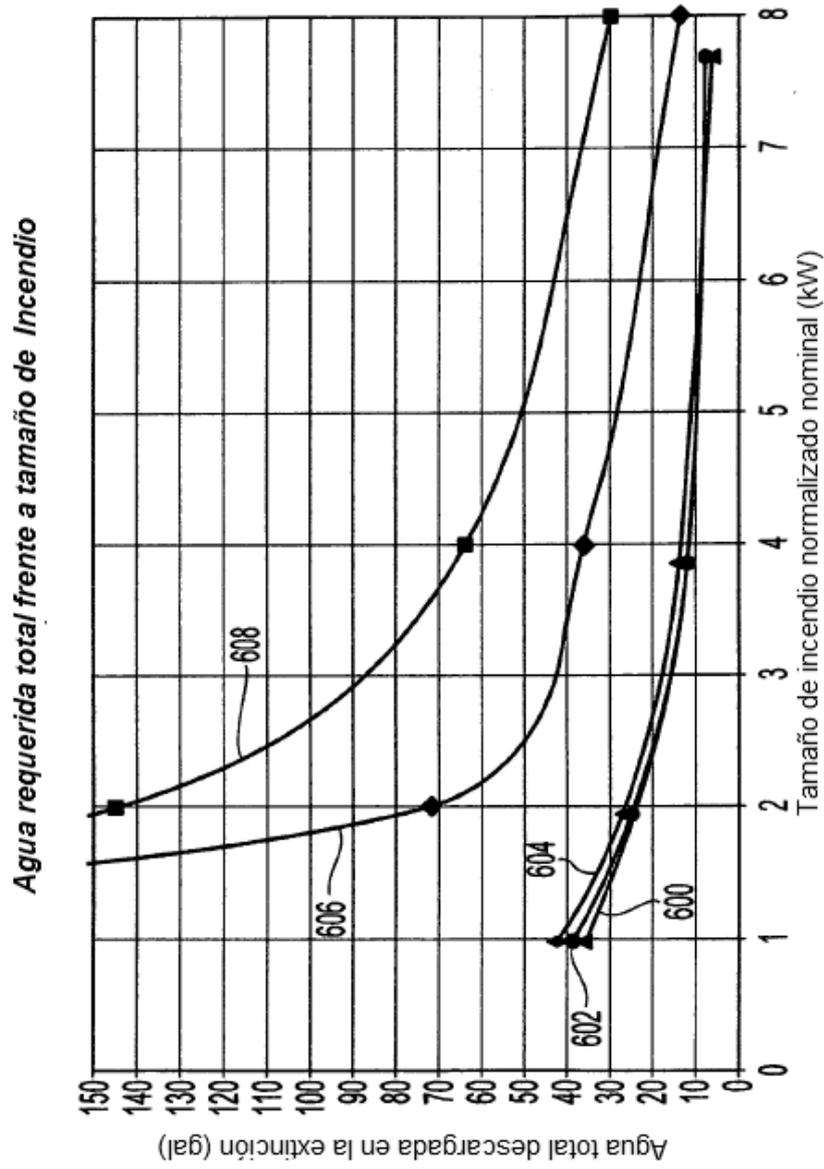


Fig. 9

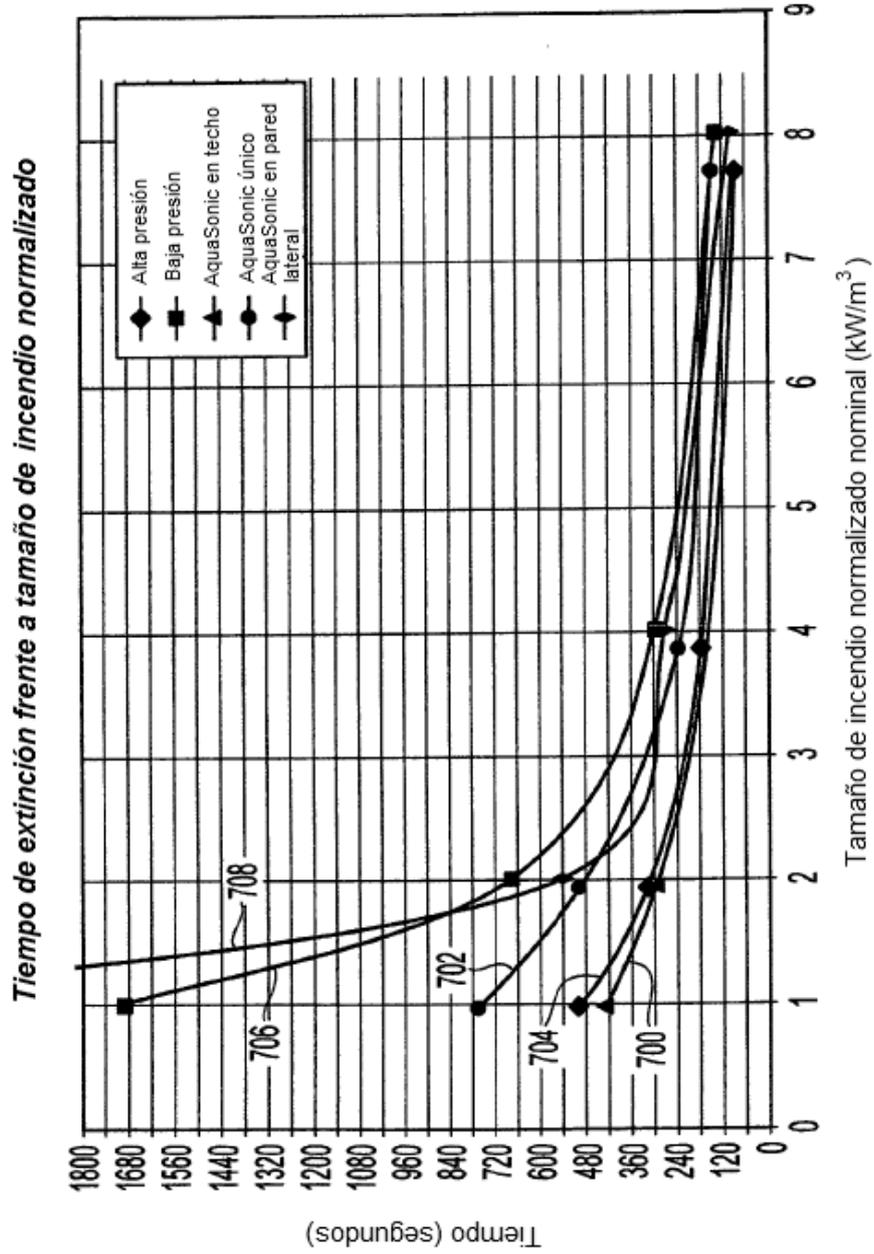


Fig. 10

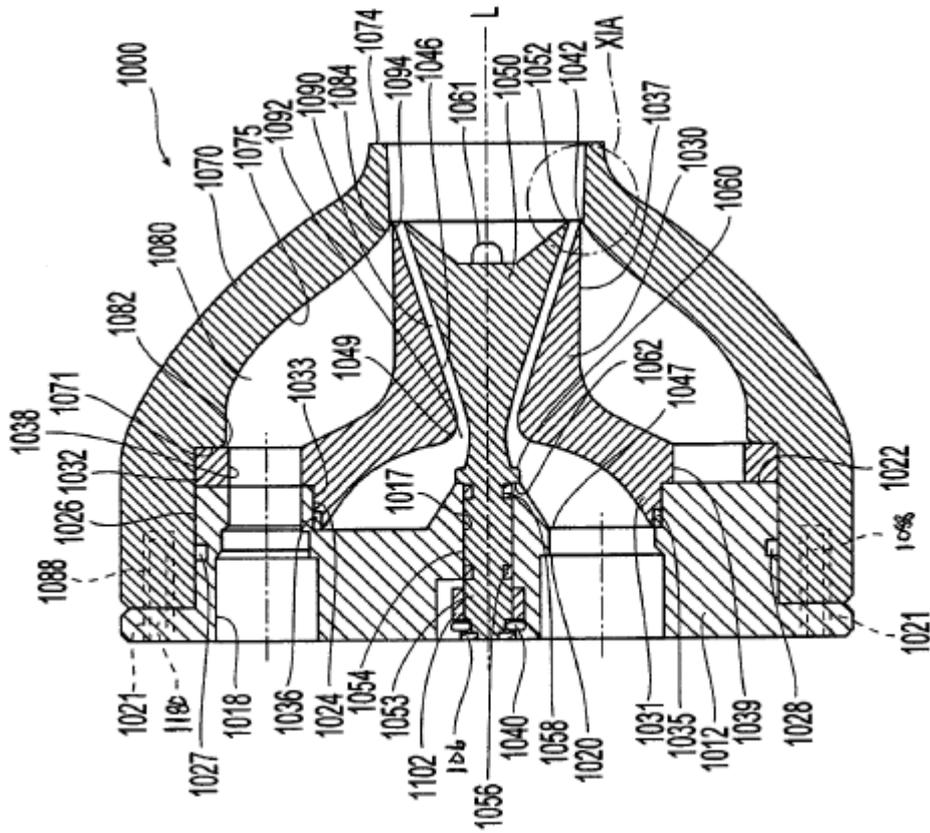


Fig. 11

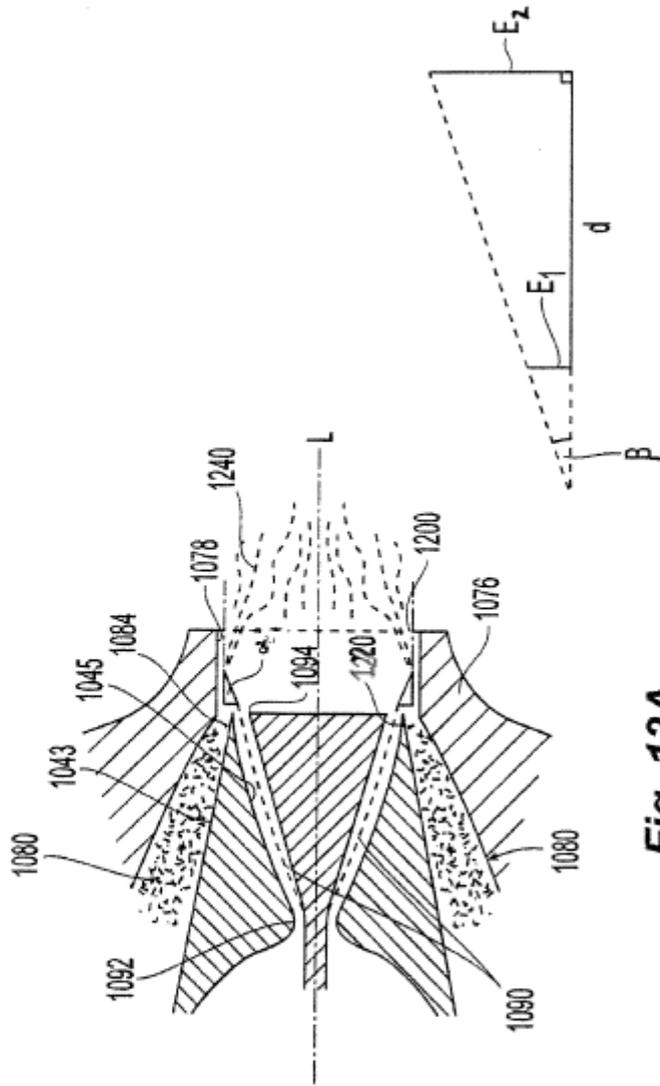


Fig. 12A

Fig. 12B

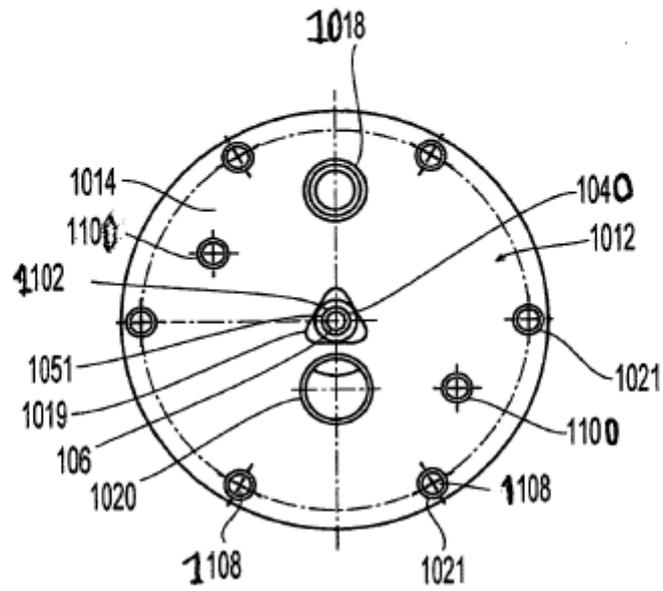


Fig. 13A

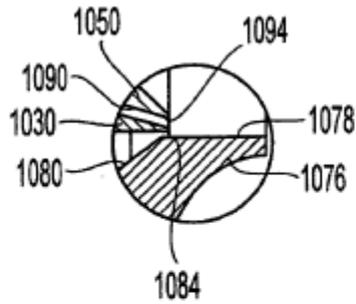


Fig. 11A

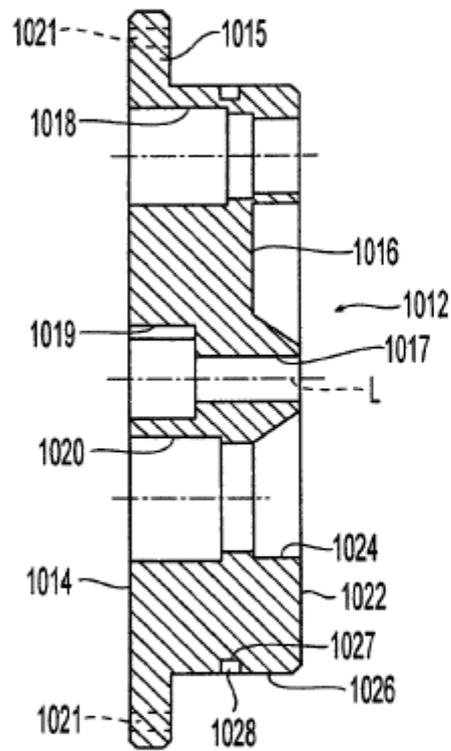


Fig. 13

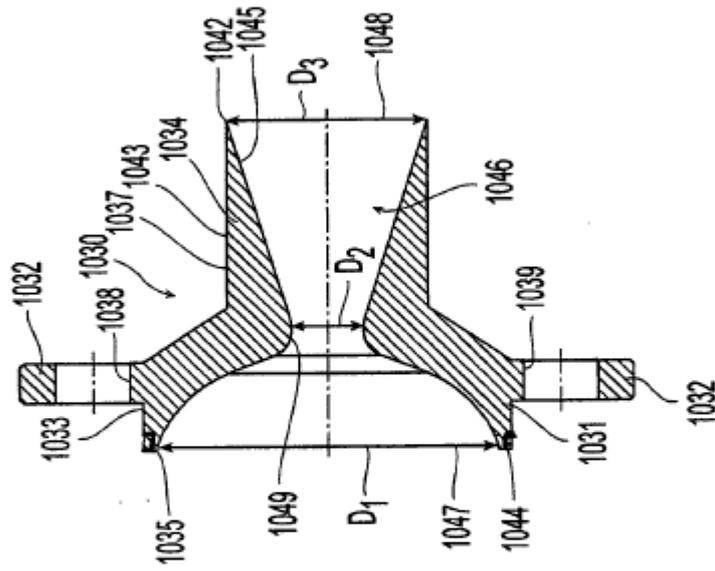


Fig. 14

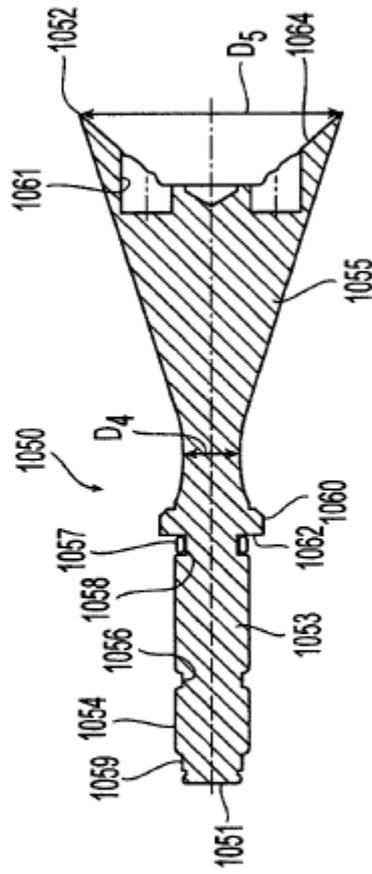


Fig. 15

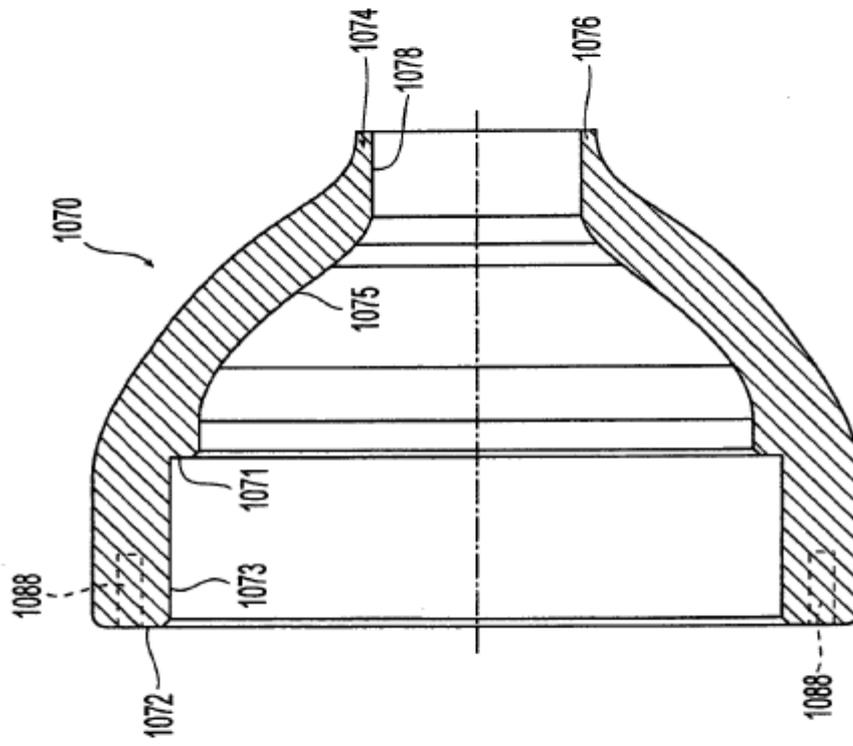


Fig. 16

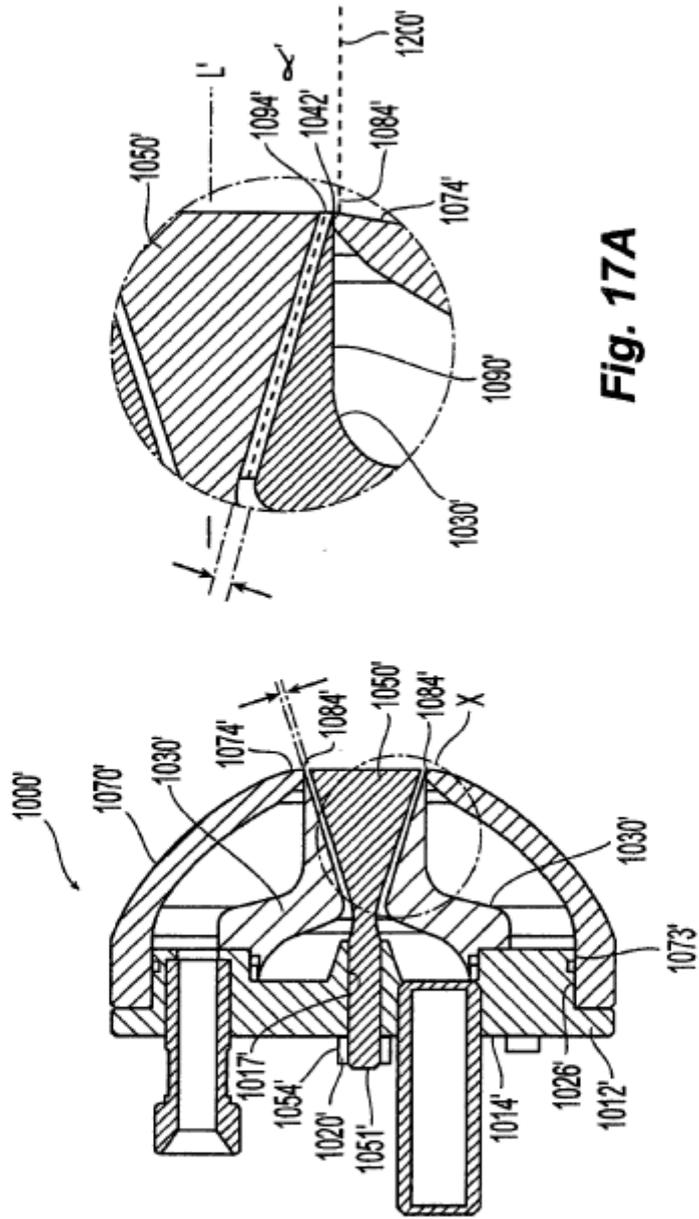


Fig. 17A

Fig. 17

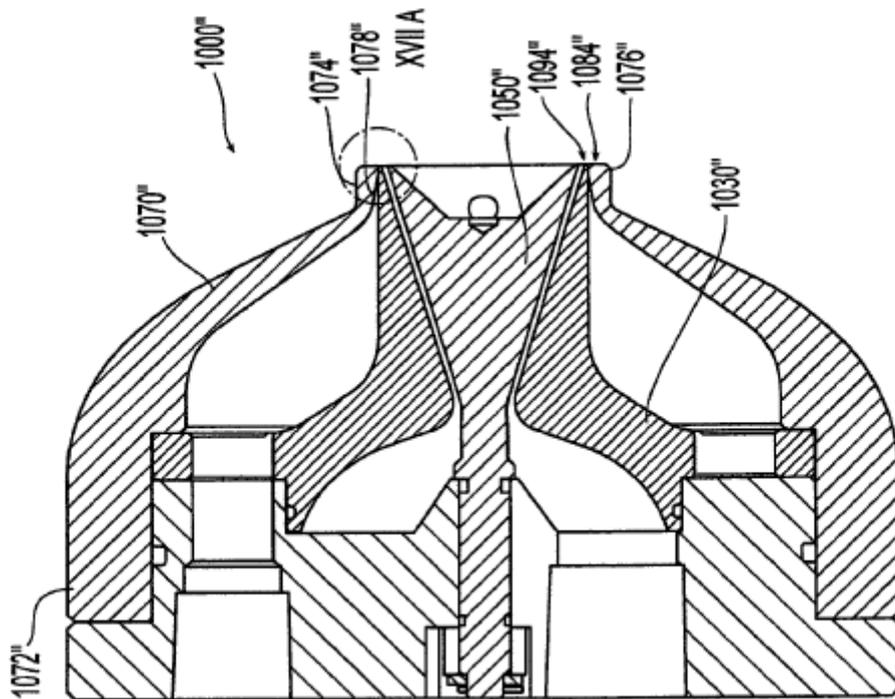


Fig. 18

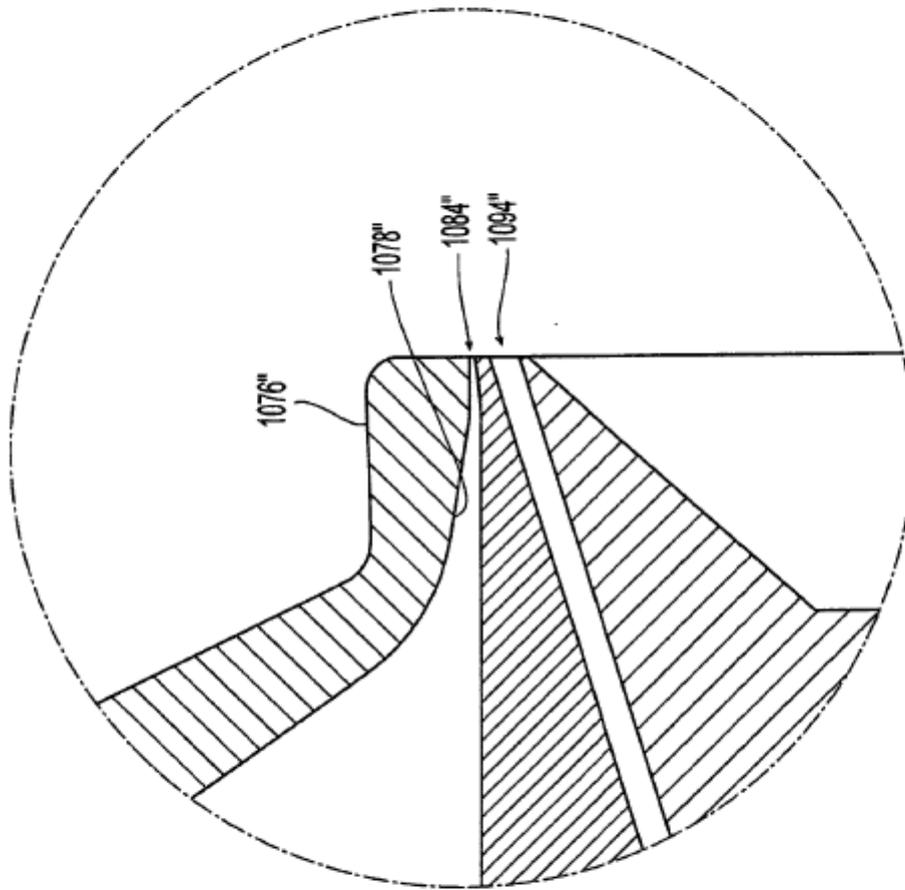


Fig. 18A

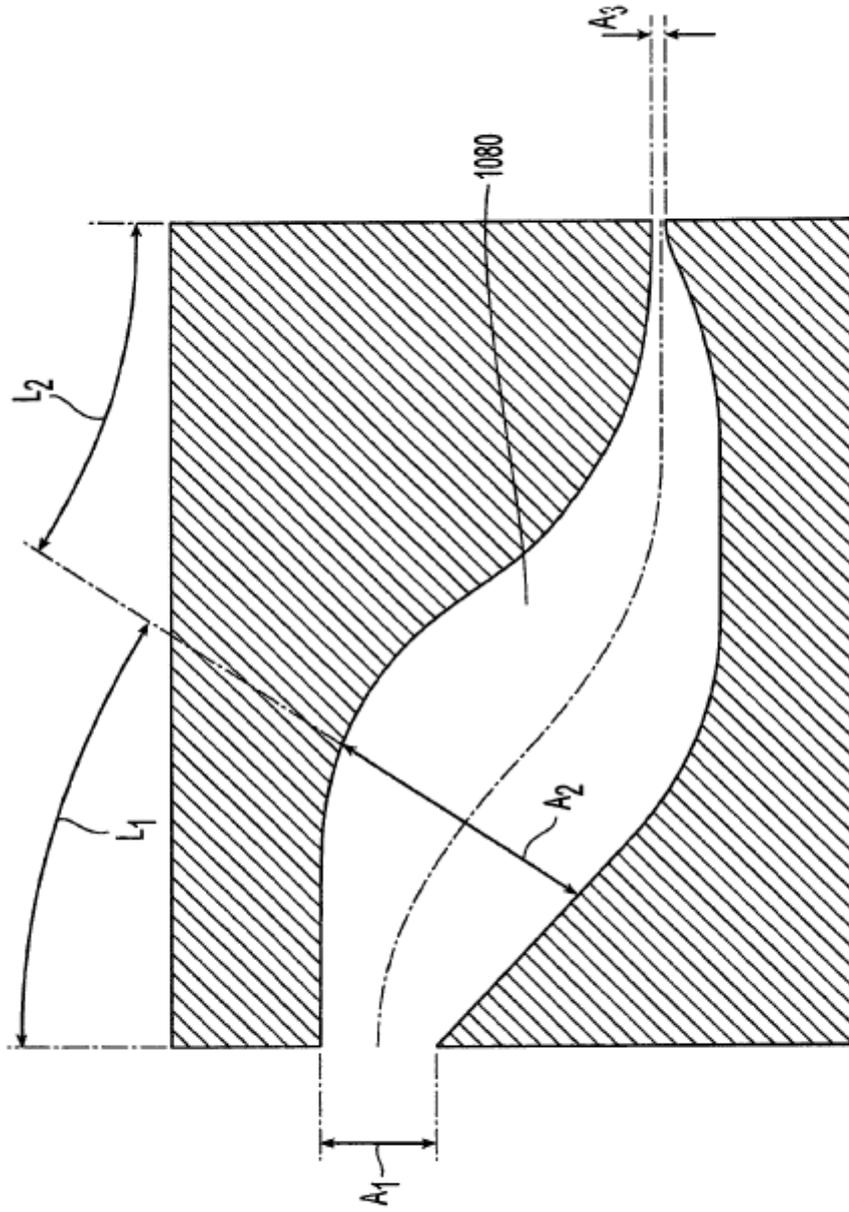


Fig. 19

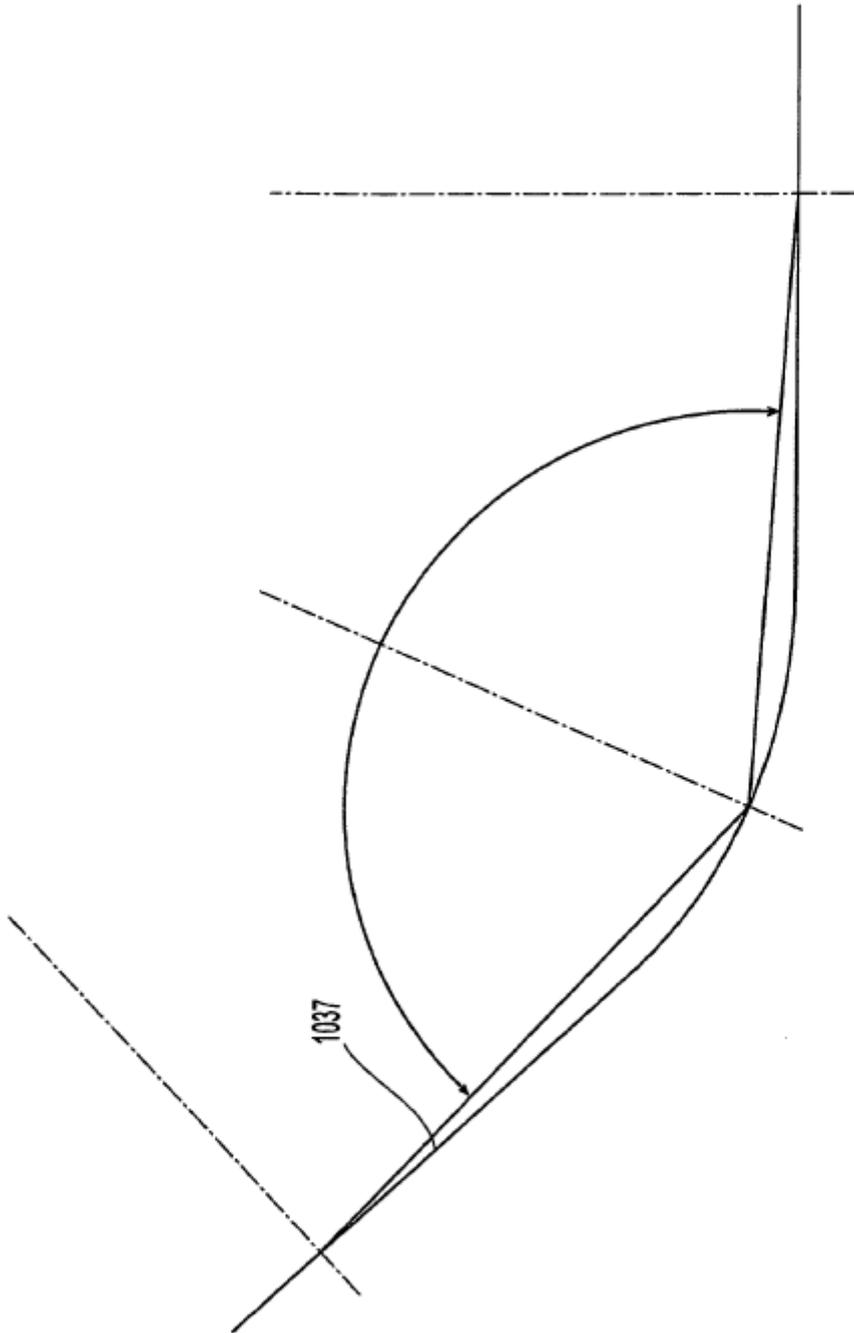


Fig. 19A

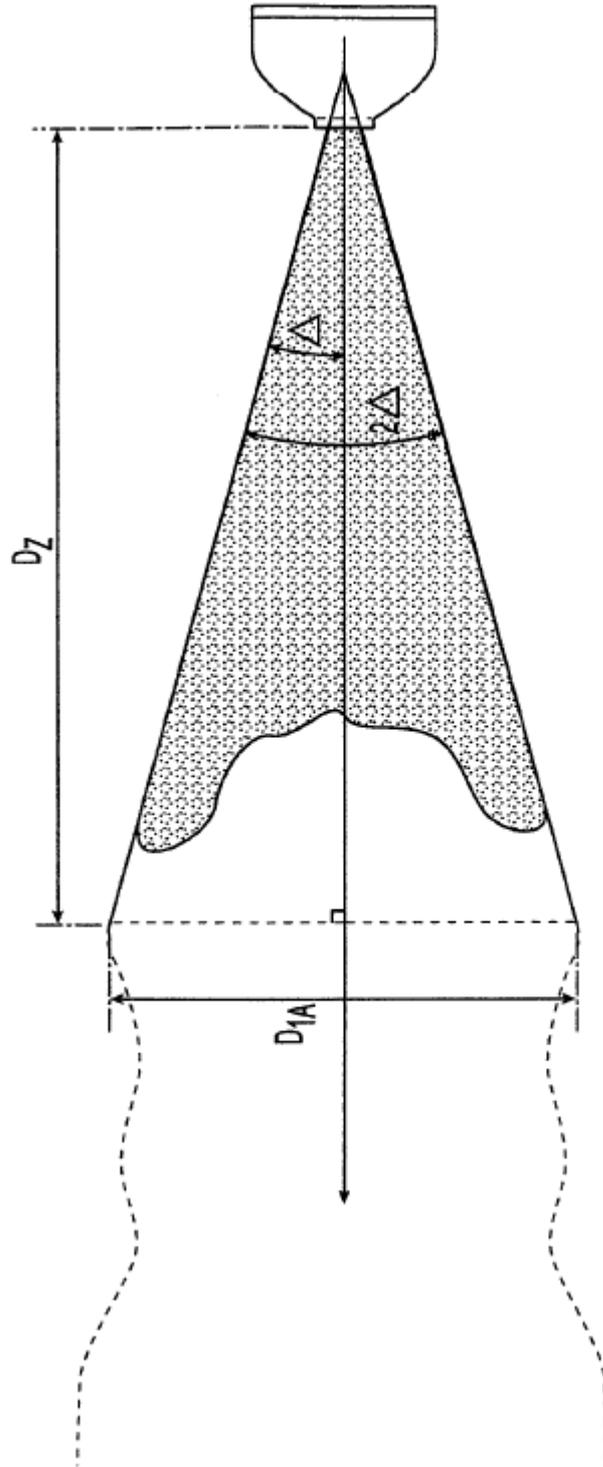


Fig. 20

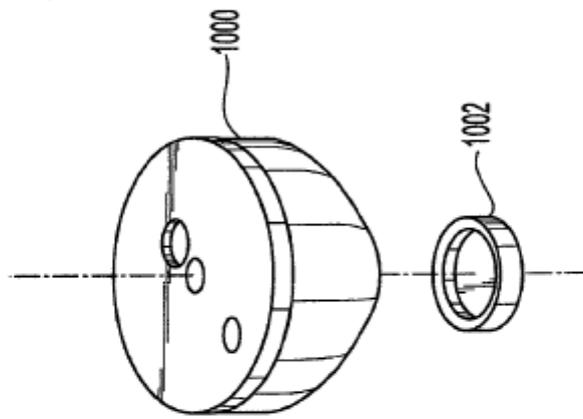


Fig. 21

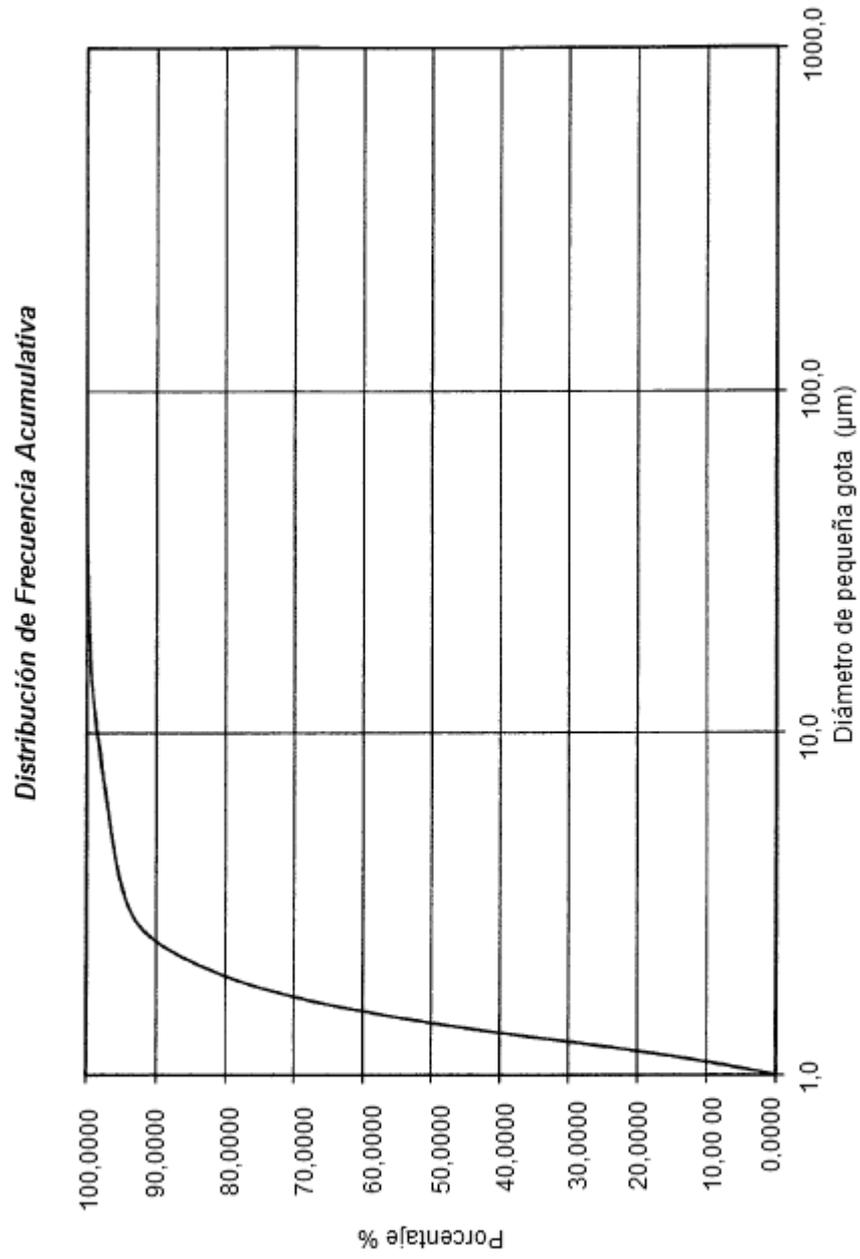


Fig. 22