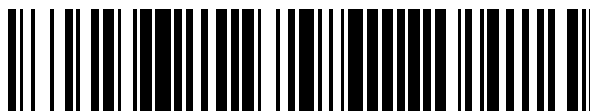


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 368 867**

51 Int. Cl.:

G01N 1/22 (2006.01)

G01N 1/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06784523 .0**

96 Fecha de presentación: **01.06.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1893970**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.03.2008**

54 Título: **SISTEMA DE MONITORIZACIÓN DEL AIRE QUE PRESENTA UNA TUBERÍA CON UNA SUPERFICIE INTERIOR CONDUCTORA ELÉCTRICAMENTE PARA TRANSPORTAR LAS MUESTRAS DE AIRE.**

30 Prioridad:
10.06.2005 US 149941

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
23.11.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
23.11.2011

73 Titular/es:
**AIRCIUTY INCORPORATED
39 CHAPEL STREET
NEWTON, MA 02458, US**

72 Inventor/es:
**DESROCHERS, Eric, M.;
SHARP, Gordon, P.;
FARRINGTON, David, L. y
FLANSBURY, Martin, D.**

74 Agente: **Curell Aguila, Marcelino**

ES 2 368 867 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

Sistema de monitorización del aire que presenta una tubería con una superficie interior conductora eléctricamente para transportar las muestras de aire.

Campo de la invención

La presente invención se refiere globalmente al muestreo de aire y, más particularmente, a sistemas para medir las características del aire.

Antecedentes de la invención

Como es conocido en la técnica, existen diversas aplicaciones en las que el aire es transportado a través de un tubo o una tubería para su muestreo o medición. Por ejemplo, un sistema de medición de la calidad del aire puede presentar sensores remotamente colocados en lugar de en el entorno detectado. Además, un sensor puede ser utilizado para detectar diversas ubicaciones. Para los sistemas de este tipo, pueden ser utilizados múltiples tubos para desplazar las muestras de aire desde múltiples ubicaciones hasta un sensor o sensores centralizados. Los conmutadores de aire o válvulas de solenoide ubicados centralmente pueden ser utilizados en estos planteamientos para conmutar secuencialmente el aire desde estas ubicaciones a través de los diferentes tubos hacia el sensor para medir el aire a partir de múltiples ubicaciones remotas. Estos sistemas a modo de pulpo o configurados en estrella utilizan considerables cantidades de tubería. Otro sistema de muestreo de múltiples ubicaciones conocido como un sistema de muestreo del aire en red utiliza un tubo de "columna vertebral" central con ramificaciones que se extienden a las diversas ubicaciones. Los solenoides de aire pueden estar remotamente ubicados próximos a las múltiples ubicaciones de muestreo. Los sistemas de muestreo del aire pueden incluir un muestreo de aire remoto o de múltiples ubicaciones a través de un tubo o tubería para el muestreo de ubicaciones en un edificio, el aire exterior o el muestreo del ambiente y el muestreo de chimeneas y chimeneas de aire de escape. Un sistema de muestreo del aire ejemplificativo se describe en la patente US nº 6.125.710.

Como es conocido en la técnica, los sistemas de muestreo de aire pueden utilizar diversos tipos de tuberías para transmitir muestras de aire o "paquetes" al sensor apropiado. Un tipo de tubería es la tubería de teflón. Sin embargo, la tubería de teflón es relativamente cara y tiene ciertas características de transporte de partículas indeseables, tal como que es un poco conductora y tiende a establecer una carga a medida que la muestra de aire pasa a través de un tubo de un material de este tipo resultando en una deposición electrostática incrementada de materia en partículas desde la corriente del flujo. La tubería de polietileno de baja o de alta densidad (LDPE o HDPE), que es menos cara que la tubería de teflón, ha sido utilizada con un éxito limitado. Aunque buena para la detección de CO₂ de la calidad del aire interior, la tubería de LDPE o HDPE absorbe y desorbe compuestos orgánicos volátiles (VOC) que conducen a resultados de detección imprecisos. Este tipo de tubería resulta asimismo poco conductora para aplicaciones de detección de partículas puesto que el plástico es poco conductor eléctricamente y puede mantener una carga que resulte en unas propiedades de transporte relativamente escasas como resultado de la deposición electrostática.

Algunos tipos de tubería de plástico pueden ser utilizados para transportar partículas. Por ejemplo, un tipo de tubería de plástico que es conocido como tubería "Bev-A-Line XX" fabricado por Thermoplastic Processes, Inc. de Stirling, NJ, puede ser utilizado para realizar muestreo de aire con rendimientos del transporte de partículas que son una mejora sobre los posibles con tubería de polietileno. Sin embargo, la tubería "Bev-A-Line XX" es bastante cara y absorbe los VOC. De forma similar la tubería de silicona a veces está impregnada de grandes cantidades de negro de humo de gas natural (en forma de polvo de carbón no elemental muy disperso) para crear una tubería de silicona conductora para transportar partículas. Por ejemplo, TSI, Inc., fabrica diversas tuberías de silicona conductoras de diversos tamaños tal como su número de pieza 3001789, el cual tiene un diámetro interior de 0,31 pulgadas y un diámetro exterior de 0,375 pulgadas. Esta tubería se utiliza típicamente en la investigación de aerosoles para transportar partículas de aerosol a instrumentos portátiles. Sin embargo, la tubería de silicona conductora también absorbe y desorbe los VOC. También la silicona ataca específicamente y compromete el funcionamiento de los sensores de compuesto orgánico volátil total (TVOC) de semiconductor de óxido de metal del tipo que son utilizados comúnmente para medir el nivel de los VOC en muestras de aire.

Mientras cierta tubería de metal puede tener propiedades deseables para el transporte de muestras de aire, las opciones de tubería de metal conocidas pueden presentar ciertas desventajas. Por ejemplo, alguna tubería de metal es rígida encareciendo su instalación, debido al trabajo que implica ese proceso. Mientras que otra tubería de metal puede ser deformable de modo que facilite la instalación, las características del metal no son muy adecuadas para las aplicaciones de muestreo de aire. Una tubería conocida fabricada por Synflex de Mantua OH, una división de Saint-Gobain Performance Plastics, incluye un tubo de polietileno revestido de aluminio (tipo Synflex 1300, anteriormente conocido como Dekabon) para proporcionar un tubo de plástico más resistente con una resistencia a la rotura y un valor límite de la presión más elevados para aplicaciones neumáticas de alta presión. El revestimiento interior de aluminio está también cubierto con un adhesivo para ayudar a la unión de tubería interior de aluminio junto con la camisa de plástico exterior. También tiene un recubrimiento de plástico en la parte interior del tubo para una resistencia química añadida. Sin embargo, una configuración del tubo de este tipo es indeseable para utilizarla

como un medio para el muestreo de aire. El recubrimiento interior atrae y atrapa partículas y absorbe los VOC. Además, incluso aunque no se utilizara el recubrimiento, el aluminio es reactivo con muchos contaminantes interiores. Debido a su naturaleza reactiva, la tubería de aluminio no proporcionaría unas prestaciones precisas y fiables como una tubería para el muestreo de aire. Además, la superficie de aluminio tiene una afinidad a oxidarse con el paso del tiempo cuando está expuesta a las condiciones del aire ambiental. La superficie de oxidación aumenta la rugosidad del interior del tubo y puede resultar en la liberación de materia en partículas en forma de óxido de aluminio, el cual puede tener un impacto no despreciable en una concentración determinada de materia en partículas que son muestreadas a través del transporte a través de la tubería.

10 **Sumario de la invención**

La invención se define en las reivindicaciones independientes a las cuales se debe hacer referencia. Características ventajosas se establecen en las reivindicaciones dependientes.

15 La presente invención proporciona una estructura de tubería que es muy adecuada para el transporte de muestras de aire en un sistema de monitorización del aire.

Breve descripción de los dibujos

20 La invención se pondrá más claramente de manifiesto a partir de la descripción detallada siguiente haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de muestreo de aire que presenta una tubería;

25 La figura 1A es un diagrama de bloques que muestra otros detalles del sistema de la figura 1;

La figura 2 es una representación esquemática de la tubería compuesta;

30 La figura 2A es una descripción esquemática de la tubería compuesta que presenta flexibilidad desplegado,

La figura 3A es una representación esquemática que una forma de realización adicional de una tubería compuesta;

35 La figura 3B es una vista en sección transversal de una forma de realización de un revestimiento compuesto que puede ser utilizado para revestir la tubería de la figura 3A;

La figura 4 es una representación esquemática de otra forma de realización de una tubería compuesta;

La figura 5A es una vista en sección transversal del ancho de otra forma de realización de una tubería compuesta;

40 La figura 5B es una vista en sección transversal longitudinal de la tubería de la figura 5A;

La figura 6A es una vista en sección transversal de un conjunto de cable estructurado que incluye una tubería compuesta;

45 La figura 6B es una vista isométrica del conjunto de cable estructurado de la figura 6A;

La figura 7 es un diagrama de bloques de un sistema de muestreo de aire provisto de una tubería compuesta;

50 La figura 8 es un esquema que ilustra una forma de realización de un subsistema que puede ser aplicado al sistema de la figura 7 para optimizar su comportamiento;

La figura 9 es una vista en sección transversal de un conjunto de cable estructurado que incluye un conductor resistivo;

55 La figura 10A es una descripción esquemática de la tubería en un sistema de monitorización de aire;

La figura 10B es una descripción esquemática de una tubería unida a una válvula en el interior de un control de los nodos;

60 La figura 10C es una descripción esquemática de una tubería unida a una válvula que incluye un purgador de vapor de cortocircuito en el interior de un control de los nodos;

La figura 11 es una vista en sección transversal de una tubería que puede ser utilizada en un sistema de monitorización de aire;

65 La figura 12 es una descripción esquemática demuestra una fuente de ionización aplicada a una corriente de flujo de

aire conjuntamente con la tubería; y

La figura 13 es una descripción esquemática de un sistema de muestreo de aire de múltiples puntos;

5 La figura 14A es una vista en sección transversal longitudinal exagerada de una tubería que presenta un revestimiento conductor eléctricamente;

La figura 14B es una vista en corte en sentido longitudinal parcial exagerada de la tubería de la figura 14A;

10 La figura 15 es una vista sección transversal de una forma de realización de la tubería que presenta un material a base de carbono según la presente invención;

La figura 16 es una vista en sección transversal de una forma realización de una tubería compuesta que presenta una camisa.

15 **Descripción detallada de la invención**

La figura 1 muestra un sistema de monitorización de aire ejemplificativo 100 provisto de una tubería según la presente invención para proporcionar un transporte óptimo de muestras de aire. En general, el sistema 100 transporta muestras o paquetes de aire desde una primera ubicación, tal como una sala, hasta una segunda ubicación en la cual están ubicados uno o más sensores. Los sensores miden diversas características del aire, tales como CO, CO₂, TVOC, temperatura o humedad del punto de condensación, ozono, pH del aire, uno o más de otros gases o vapores, tales como, óxido nitroso, SO₂ SO, NO₂, NO, amoníaco, metano, ácido sulfhídrico, refrigerantes y formaldehídos. Adicionalmente, sensores de oscurecimiento de la luz pueden ser utilizados para medir la cantidad de materia en partículas en un intervalo de tamaño determinado o un sensor contador de partículas se puede utilizar para proporcionar información tal como un recuento por unidad de volumen de muestra de pequeñas partículas variando desde aproximadamente 0,3 uM hasta aproximadamente 2,5 uM, un recuento por unidad de volumen de muestra de partículas grandes variando de este 2,5 uM hasta 10 uM, un recuento por unidad de volumen de muestra de partículas de otras gamas de tamaños deseados y un recuento por unidad de volumen de muestra de partículas ultra finas variando desde aproximadamente 0,02 uM hasta 1 uM. La tubería incluye una capa interior metálica y una capa de camisa opcional. La capa interior metálica, la cual puede estar formada a partir de acero inoxidable, provee un transporte eficaz de materia en partículas en las muestras de aire con una absorción relativamente baja y sin liberación de gases para una monitorización precisa de la calidad del aire.

35 Antes de describir la tubería compuesta en detalle, se expone brevemente un sistema de muestreo de aire ejemplificativo como se describe en la patente US nº 6.125.710 en la cual se puede utilizar la tubería. El sistema 100 de la figura 1 incluye un sistema de detección y control central 101 conectado a una pluralidad de válvulas de admisión de aire 103a – 103d a través de una red de tuberías compuestas 105. La red de tubería 105 presenta una sección de columna vertebral 105e y ramas 105a – 105d que corresponden y están conectadas a respectivas válvulas de admisión de aire 103a – 103d. El sistema de detección y control central 101 incluye un juego de sensores 107 conectados a un extremo de una sección de la columna vertebral de la tubería 105e, una bomba de aire 109 conectada al juego de sensores 107 para arrastrar el aire a través del sistema y un conjunto de control y comunicaciones 111 para controlar el funcionamiento del juego de sensores 107, las válvulas de admisión de aire 103a – 103d y la bomba de aire 109, así como para la comunicación con el juego de sensores 107 y el equipo exterior. El conjunto de control y comunicaciones 111 puede controlar los diversos elementos a través de una red de control de fibra óptica, electrónica o neumática 113, incluye adaptadores del dispositivo de red 115 (figura 1A) para las funciones de entrada y salida y, ocasionalmente, un número de encaminadores de la red de control 117 para controlar la comunicación en el interior de la red de control.

50 Alternativamente, los adaptadores del dispositivo de red 115 y los encaminadores de la red de control 117 de la figura 1A se pueden omitir, con el conjunto de control y comunicaciones 111 tanto comunicando directamente con los adaptadores del dispositivo 115 como directamente con los elementos controlados, tales como las válvulas 103. Una red de comunicaciones digital puede ser empleada como parte de la red de control 113.

55 Mientras la bomba de aire 109 arrastra el aire a través del sistema, el conjunto de control y comunicaciones 111 acciona las válvulas de admisión de aire 103a – 103d en una secuencia, de modo que cada válvula (por ejemplo la válvula 103a) se abre durante un tiempo mientras las otras (por ejemplo las válvulas 103b – 103d) están cerradas, arrastrando de ese modo una muestra de aire al interior del sistema desde un lugar de la muestra en el cual está ubicada la válvula abierta (por ejemplo la válvula 103a). En la configuración de la figura 1, las muestras de aire desde una pluralidad de válvulas (por ejemplo 103a – 103d) son arrastradas en el interior del sistema central de control y detección 101 a través de una sección de la columna vertebral individual 105e. El juego de sensores 107 por lo tanto tiene únicamente un puerto de entrada al cual está conectada la sección de columna vertebral de la tubería 105e.

65 El juego de sensores 107 miden diversos parámetros de la muestra de aire que pasa a través del juego de sensores. Los sensores individuales en el interior del juego de sensores 107 pueden estar dispuestos para recibir aire desde la

5 entrada tanto en serie como en paralelo, dependiendo de los requisitos del caudal, los requisitos de la presión y los efectos de los sensores en la química de la muestra o bien otras propiedades. En una conexión en serie, la muestra de aire pasa a través de cada sensor conectado en serie en secuencia, mientras en una conexión en paralelo la muestra de aire pasa a través de cada sensor conectado en paralelo al mismo tiempo. El conjunto de control y comunicaciones 111 lee las mediciones realizadas por el juego de sensores 107 y comunica las lecturas al equipo exterior (no representado) tal como los controles del flujo de aire en un edificio, los controles de campanas de ventilación, etcétera. Tanto el conjunto de control y comunicaciones 111 como el equipo exterior pueden utilizar los datos recogidos en una variedad de modos, incluyendo, pero no estando limitado a ellos, la recogida pasiva de datos, mecanismos de activación de alarmas bajo condiciones específicas, mecanismos de activación de seguridad bajo condiciones específicas y parámetros que cambian el flujo de aire global o local mediante la emisión de salida de mandatos al equipo de control del flujo de aire.

15 Según una primera técnica, cada válvula de admisión de aire 103a – 103d se abre en una secuencia 103d → 103c → 103b → 103a, arrastrando cuatro muestras correspondientes D, C, B y A al interior del conjunto de sensores 107. El tiempo y la duración de la abertura de cada válvula se selecciona para que sea lo suficientemente largo como para que se pueda obtener una muestra estable mayor que el volumen de interfaz entre muestras a través de la válvula de admisión de aire 103a – 103d, asegurando de este modo que una muestra buena llegue al conjunto de sensores 107 sin tener en cuenta de si existe una válvula de admisión de aire siguiente aguas arriba 103a – 103d para ser abierta en la secuencia. El tiempo para que la muestra A viaje desde la válvula de admisión de aire 103a hasta el conjunto de sensores 107, TA, se supone que es conocido, por ejemplo mediante una medición anterior. Cuando ha pasado el tiempo TA desde la abertura de la válvula de admisión de aire 103a, más un tiempo adicional necesario para mover la parte de la muestra A en el conjunto de sensores 107 más allá de cualquier volumen de interfaz entre la muestra A y la muestra anterior adyacente, entonces el conjunto de sensores 107 realiza las mediciones para las cuales está equipado.

25 Según una segunda técnica, cada válvula de admisión de aire 103a – 103d se abre en una secuencia 103a → 103b → 103c → 103d, arrastrando cuatro muestras correspondientes A, B, C y D al interior del conjunto de sensores 107. También como ha sido descrito antes en este documento, cada válvula se mantiene abierta durante un tiempo suficiente para que una muestra estable sea arrastrada pasada la siguiente válvula de admisión de aire aguas abajo que se va abrir en la secuencia o, como es el caso para la válvula 103d un tiempo suficiente para que una muestra estable sea distribuida al conjunto de sensores 107, a continuación de lo cual 103d será cerrada y la válvula 103a será abierta para empezar la secuencia otra vez. El tiempo otra vez se selecciona para que sea suficiente para que sea obtenida una muestra estable, mayor que el volumen de interfaz entre muestras, a través de la válvula de admisión de aire 103a – 103d, asegurando de este modo que una muestra buena llega al conjunto de sensores 107 sin tener en cuenta de si existe una siguiente válvula de admisión de aire aguas abajo 103a – 103d para ser abierta en la secuencia. Al igual que antes, las mediciones se pueden temporizar para que ocurran en momentos definidos mediante los tiempos del viaje conocidos TA – TD después de que cada válvula 103a – 103d se haya abierto y el tiempo del tránsito del volumen de interfaz a través del conjunto de sensores 107.

40 En lugar de la temporización, una tercera técnica confía en la medición de las muestras A – D las cuales son lo suficientemente grandes como para producir mediciones estables sobre un período sustancial de tiempo que varía desde unos pocos milisegundos hasta unos pocos segundos. El conjunto de sensores 107 es accionado y monitorizado continuamente para determinar las características dinámicas de la corriente de aire que fluye pasando los sensores contenidos en su interior. Durante los tiempos en los que las mediciones están cambiando, la interfaz entre muestras está pasando a través del conjunto de sensores 107. Durante los tiempos en los que las mediciones son sustancialmente estables, la parte estable útil de una muestra está pasando a través del conjunto de sensores 107. El conjunto de sensores 107 puede estar conectado a un sistema de control 111 que utiliza los datos de la medición pasada para estimar cuándo será válida cada muestra futura.

50 La figura 1A representa otros aspectos de un sistema de monitorización del aire, tal como el sistema 100 de la figura 1. El sistema 100 incluye el conjunto de detección y control central 101, como se ha descrito anteriormente, conectado a través de una red de tubería 105 a una pluralidad de válvulas de admisión de aire 103, como se describe. Diversas subredes están definidas por secciones de la columna vertebral 105f – 105k cada una conectada a una columna vertebral principal que incluye segmentos 105e – 105n en la red de tubería 105 a través de encaminadores 201. Los encaminadores 201 son conmutadores del flujo de aire, por ejemplo, controlados electrónicamente o neumáticamente por el conjunto de control y comunicaciones 111 del conjunto de detección y control central 101.

60 El sistema 100 puede incluir paquetes de abastecimiento o detección distribuidos 203, conectados a por lo menos algunas ramas (por ejemplo 105a – 105d) de la tubería 105. Los paquetes de abastecimiento o de detección distribuidos 203 pueden incluir uno o más sensores y una bomba de aire conectada para arrastrar aire desde la rama de la tubería 105, a través de los sensores.

65 El sistema 100 proporciona una flexibilidad y una redundancia significantes. Ajustando selectivamente las conexiones realizadas por cada uno de los encaminadores 201 y abriendo selectivamente una de las válvulas de admisión de aire 103, una muestra de aire puede ser encaminada desde cualquier válvula de admisión de aire 103 a

cualquier sensor 101 o 203.

El sistema proporciona una estructura de tubería que tienen una capa metálica que interior, por ejemplo de acero inoxidable, y una camisa exterior que está compuesta por lo menos en parte de un material no metálico, por ejemplo, PVC, para un transporte óptimo del aire que es útil en los sistemas de muestreo de aire, tales como el sistema descrito antes en ese documento, así como otras aplicaciones. Los materiales no metálicos pueden incluir tanto materiales sintéticos como no sintéticos. La tubería es muy adecuada para sistemas de muestreo de aire que atraen el aire a través de un tubo para medir los parámetros del aire en una ubicación remota. En general la tubería incluye un revestimiento interior de acero inoxidable y una camisa de plástico exterior opcional.

En un ejemplo, la tubería tiene unas ciertas propiedades mecánicas que pueden ser similares a la tubería de plástico convencional. Por ejemplo, la tubería puede ser instalada a través de una estructura con relativa facilidad ya que la tubería puede ser estirada, doblada, cortada, unida y manipulada de otros modos. El coste instalado de la tubería es inferior al de las secciones de las tuberías de acero inoxidable rígidas y la tubería de acero inoxidable en serpentín. Además, debido a la masa relativamente baja y a la mayor flexibilidad de la tubería con relación a la tubería de acero inoxidable macizo 304, accesorios de servicio más ligeros pueden ser utilizados para empalmar juntas las secciones durante la instalación. Por lo tanto, pueden ser utilizados accesorios de conexión rápida de coste inferior, tales como el John Guest Super Speedfit®. Esto es deseable sobre la utilización de los accesorios del tipo Swagelok® relativamente caros, los acoplamientos roscados en el campo y las soldaduras, los cuales típicamente se requieren para conectar tuberías de acero inoxidable macizo a fin de proveer una conexión fiable.

La figura 2 representa una disposición de tubería compuesta ejemplificativa 200 que incluye un revestimiento metálico 202 cubierto por una camisa 204 de material adecuado, el cual puede ser extruido sobre el revestimiento. En un ejemplo el revestimiento 202 está constituido por una cinta de acero inoxidable que ha sido plegada en forma tubular y la camisa se fabrica de polietileno. Para mejorar la adherencia del acero inoxidable a la camisa de plástico, se puede utilizar un material adhesivo opcional, tal como un copolímero de etileno o un material preferiblemente termo estable similar, en la superficie exterior del revestimiento metálico 202 de tal modo que ningún material adhesivo esté presente en la superficie interior del revestimiento.

En un ejemplo particular, el revestimiento interior 202 está formado a partir de acero inoxidable 304 para proveer propiedades óptimas para el transporte la mayor parte de los componentes gaseosos (incluyendo los VOC) y materia en partículas en las concentraciones de interés para la calidad del aire en el interior y otros propósitos de monitorización. Por ejemplo, la tubería es adecuada para el transporte de muestras de diversos gases comunes en el interior de entornos de edificios que tienen concentraciones tan bajas como de varias partes por mil millones (PPB). Esto es especialmente útil para monitorizar las sustancias que presentan unos límites de exposición permisibles bajos (PEL), tal como benceno, arsina, dióxido de cloro y la mayor parte de otras sustancias relacionadas, por ejemplo, bajo la norma 29 CFR de los reglamentos OSHA. Otros detalles de la medición de los contaminantes del aire tales como éstos se establecen en la patente US nº 6.609.967, que describe la utilización de un sistema de muestreo de múltiples puntos para monitorizar continuamente y validar el aire que se hace recircular desde múltiples ubicaciones en el interior de un edificio. La tubería de la invención es particularmente muy adecuada para entornos de laboratorio, tales como laboratorios de química húmeda, en los que puede encontrarse cualquier variedad de contaminantes potenciales.

Como es muy conocido en la técnica, el acero inoxidable 304 se refiere a una aleación austenítica de cromo y níquel particular que es una de las aleaciones más familiares y frecuentemente utilizadas de la familia del acero inoxidable. El revestimiento metálico 202 es eléctricamente conductor de modo que evita la acumulación de carga electrostática en la superficie interior, lo cual ayuda a promover el transporte eficaz de materia en partículas a través del tubo para los propósitos de monitorización de la calidad del aire. El revestimiento metálico 202 también proporciona asimismo una superficie interior que tiene unas propiedades de absorción y liberación de gases relativamente bajas.

Se apreciará que el material metálico utilizado para el revestimiento 202 se puede seleccionar sobre la base de sus propiedades con respecto a los materiales que se van a muestrear a través del tubo para una aplicación particular. Materiales del revestimiento ejemplares incluyen diversos aceros inoxidables que incluyen diversos grados austeníticos, martensíticos y ferríticos, junto con aceros endurecidos por solubilización de una fase. En una forma de realización particular, se utiliza el acero inoxidable 304 debido a sus propiedades de resistencia a la corrosión y al calor y sus buenas propiedades mecánicas sobre una amplia gama de temperaturas. Además, otros metales adecuados (que dependen del proceso utilizado para formar el revestimiento) incluyen, pero no están limitados a ellos, bronce, oro, níquel, aleaciones de níquel, aleaciones de titanio y metales recubiertos de transformación eléctricamente conductora tales como aluminio con un recubrimiento de cromato.

En un ejemplo, la camisa 204 está provista de polietileno debido a su capacidad de proveer una excelente resistencia al aplastamiento al revestimiento metálico. Sin embargo, otros materiales adecuados incluyen, pero no están limitados a ellos, PVC (particularmente uno que sea adecuado para utilizarlo en entornos impelentes, en donde eso es un requisito), Teflon®, Mylar® y diversos fluoroplásticos (FEP, PFA, CTFE, ECTFE, ETFE). Más generalmente, se puede utilizar una amplia variedad de plásticos para el material de la camisa, sobre la base de la

capacidad de ser trabajados, el peso, la resistencia a la abrasión, la rigidez y el valor límite al humo y el fuego que se desee.

5 La tubería compuesta que presenta un revestimiento metálico 202 y una camisa 204 puede ser fabricada mediante una variedad de modos utilizando materiales adecuados. En la forma de realización ejemplificativa de la tubería 200 de la figura 2, una cinta de acero inoxidable se forma en un tubo con sus bordes solapados en una primera zona 208 sin soldadura alguna. La camisa exterior 204, la cual puede estar formada a partir de polietileno, se extruye entonces sobre la tubería de acero inoxidable.

10 Alternativamente, una cinta o fleje se forma en un tubo con los bordes unidos juntos a tope y no solapados. La costura de la cinta de acero inoxidable se suelda continuamente y la camisa exterior de polietileno se extruye sobre la misma.

15 En un ejemplo, el revestimiento 202 está formado a partir de una cinta de acero inoxidable 304 provista de un grosor de 0,002 pulgadas (0,005 cm) y un ancho de 1,0 pulgada (2,54 cm). Dependiendo de los parámetros del proceso de extrusión implicados en la formación de la camisa exterior sobre el revestimiento de acero inoxidable, el acero inoxidable puede ser de cualquier grosor práctico variando desde, pero no estando limitado a ello, aproximadamente 0,0005 pulgadas (0,0013 cm) hasta aproximadamente 0,004 pulgadas (0,01 cm). En una forma de realización ilustrativa, el diámetro exterior del tubo 200 es aproximadamente 3/8 de pulgada (0,95 cm) con un diámetro interior de 1/4 de pulgada (0,63 cm) hasta 5/16 pulgadas (0,75 cm).

25 Se apreciará que se pueden utilizar diversas combinaciones de materiales del revestimiento y la camisa para cubrir las necesidades de una aplicación particular. Por ejemplo, el acero inoxidable puede no ser idealmente adecuado para el muestreo de hidrocarburos halogenados (tales como dicloruro de etileno, cloruro de vinilo y dibromuro de etileno) y otros VOC halogenados. Estos compuestos acostumbra a ser bastante comunes en los pesticidas (por ejemplo, clordano y heptacloro), fluidos de limpieza (por ejemplo, tetracloruro de carbono), desengrasantes y disolventes de pintura. La utilización de estos compuestos ha sido prohibida o desaconsejada en los Estados Unidos debido a su toxicidad, por lo tanto no se encuentran en el aire interior tan a menudo como anteriormente. Sin embargo, todavía pueden estar presentes debido a que todavía pueden estar disponibles algunas mercancías antiguas y también pueden estar en utilización en países extranjeros. Cuando existe un interés especial en la medición de esta clase de VOC, el revestimiento metálico 202 puede ser fabricado de oro, por ejemplo, ya que el oro es relativamente inerte químicamente para estos componentes gaseosos. Se comprenderá que el revestimiento puede incluir un recubrimiento de oro sobre otro material.

35 La tubería proporciona una capa interior metálica para unas propiedades óptimas de transporte del aire así como flexibilidad para facilitar la instalación en el interior de un edificio. Debido a su flexibilidad, el coste de la instalación de la tubería de la invención puede ser significativamente inferior de aquél de la tubería de la técnica anterior, tal como por ejemplo la tubería de acero inoxidable rígida. Un factor que afecta a la flexibilidad de la estructura de la tubería es el módulo de flexión del material o los materiales a partir de los cuales está fabricado la tubería. Es muy conocido que para una geometría determinada, una estructura, tal como un tubo, se hace más flexible cuando se fabrica con materiales que tienen un módulo de flexión bajo. Como se utiliza en este documento, la flexibilidad se refiere a la cantidad en la cual el tubo se puede flexar cuando está sometido a una fuerza de doblado.

45 La figura 2A representa cómo se doblará la tubería cuando esté suspendida entre dos puntos separados por una distancia L y se aplica una fuerza F para una tubería que tenga un diámetro exterior D y un diámetro interior d. Para una geometría determinada (valores fijos de L, D y d) y la aplicación de una fuerza previamente determinada F, la cantidad de la flexión Z (la flexibilidad de la tubería) aumenta a medida que el módulo de flexión del material de la tubería disminuye. Puesto que el módulo de flexión del acero inoxidable 304 es relativamente alto (aproximadamente 28×10^6 libras por pulgada cuadrada, en oposición a aproximadamente $0,5 \times 10^6$ libras por pulgada cuadrada de un material de PVC relativamente rígido que pueda ser utilizado en la camisa de la tubería), la aplicación de alguna cantidad previamente determinada de fuerza F en la tubería de acero inoxidable flexionará significativamente menos que la misma configuración de tubería realizada en un material plástico, por ejemplo. Debido a las diferencias en el módulo de flexión, dependiendo del grosor del material del revestimiento metalizado, la tubería de la invención, que incluye una camisa exterior no metálica, será de 50 a 100 veces (o más) flexible que la tubería de acero inoxidable 304. Esto es, el módulo de flexión efectivo de la tubería compuesta (capa metálica e interior y chaqueta exterior) es aproximadamente de 50 a 100 veces menor que aquél de la tubería de acero inoxidable 304. Se comprenderá que este módulo de flexión menor comparado con la tubería de acero inoxidable 304 se puede aplicar a las diferentes formas de realización de la tubería ejemplificativas representadas y descritas en la presente memoria.

60 La figura 3 representa un ejemplo de una tubería compuesta 300 provista de un material metálico 302 aplicado a la superficie interior de un sustrato de material de la tubería 304. El material metálico 302, el cual forma un revestimiento para la tubería 300, puede ser una pintura metálica, un material depositado (utilizando cualquiera de las diversas técnicas de deposición de metal conocidas) o, un inserto metálico o un tubo de metal metido en el interior del sustrato 304.

65 En un ejemplo, el recubrimiento 302 de la superficie interior del sustrato 304 puede estar aplicado mediante el corte

en tiras de una longitud previamente fabricada de tubería (por ejemplo polietileno) a lo largo de un radio, abriendo el tubo para exponer la superficie interior y aplicando una película metálica delgada (tal como por ejemplo acero inoxidable) por la técnica de deposición por vapor al vacío. La tubería 300 se vuelve a sellar entonces mediante soldadura por ultrasonidos proveyendo, por ejemplo, un tubo de polietileno o de PVC con un revestimiento de acero inoxidable de película delgada.

Este proceso de fabricación de tubería produce un recubrimiento de la superficie interior 302 que es más uniforme que la superficie del revestimiento de la figura 2 y elimina costuras que pueden afectar al rendimiento del transporte de partículas.

En otro ejemplo, en lugar del sustrato 304 que está fabricado previamente de una longitud de tubo, el sustrato 304 puede ser una cinta extruida del material de la camisa, que está metalizada para formar el recubrimiento 302. El sustrato metalizado es entonces enrollado para formar una tubería 300 y su costura se sella utilizando técnicas de soldadura por ultrasonidos.

En otro ejemplo, una tubería compuesta se fabrica mediante la aplicación de una película de metal cuando se extruye una tubería de polietileno o PVC. Una sonda de vaporización de metal relativamente pequeña se ubica cerca de la matriz de extrusión aplicando metal vaporizado tal como acero inoxidable, a la superficie interior de la tubería a medida que pasa a través de las guías de formación mientras se mantiene el vacío en el área de trabajo.

En otro ejemplo, representado en la figura 3A, una tubería 300 incluye un revestimiento 302 formado a partir de un material tal como Mylar®, Teflon®, Kapton® o alguna otra película adecuada, la cual se recubre con metal y se adhiere a la camisa exterior 304 por medio de un adhesivo de copolímero colocado entre el revestimiento 302 y la camisa exterior 304.

La figura 3B muestra una vista sin desplegar en sección transversal exagerada del revestimiento compuesto 302 de la figura 3A que incluye un sustrato 306 en el que, utilizando deposición por vapor, pulverización de partículas por bombardeo iónico o bien otras técnicas similares de deposición de metal conocidas por aquellos expertos en la técnica, se deposita una capa metálica 305 que comprende acero inoxidable. Alternativamente, la capa metálica puede estar fabricada de otros materiales tales como oro, latón, o bien otros materiales conductores adecuados que producen una inercia química relativamente buena y unas bajas calidades absorbentes y adsorbentes. El revestimiento 302 también puede incluir un adhesivo de copolímero (tal como un adhesivo termo estable) que se utiliza para adherir el revestimiento a la camisa exterior 304 (figura 3A) durante el proceso de extrusión.

Una ventaja de la utilización del revestimiento 302 representado en la figura 3B es que el tubo puede ser revestido utilizando un proceso de fabricación relativamente simple, el cual puede ser similar al proceso para crear el conjunto de la figura 2, en el cual el revestimiento metálico está formado en el interior de un tubo sobre una matriz de formación y un material plástico adecuado tal como polietileno o PVC es extruido sobre el mismo. En los casos en los que la tubería compuesta descrita en este documento está pensada para utilizarla en entornos que requieran un valor límite al humo y la llama severo, tal como los entornos impelentes y tubos ascendentes descritos en el código eléctrico nacional (National Electrical Code), es indeseable utilizar polietileno en la camisa exterior (204 & 304) debido al exorbitante humo que es generado por la mayor parte de las clases de materiales de polietileno cuando se queman. Como una alternativa, se puede utilizar uno cualquiera de un juego de materiales de PVC de combustión lenta para este propósito y haciendo eso, el conjunto se puede certificar bajo las más limitativas pruebas tales como la NFPA 262 o UL 910, las cuales se utilizan para calificar los cables para la utilización en entornos impelentes. La utilización de PVC también resulta en una disposición de tubería que es menos rígida o más flexible, lo cual es una propiedad deseable ya que hace una tubería de este tipo más fácil de instalar en un entorno de un edificio, particularmente cuando se incorpora para formar un cable estructurado tal como aquél representado la figura 6.

Una consideración en la utilización de un material flexible más blando tal como PVC sobre polietileno es que provee menos capacidades de retención para proteger el revestimiento interior 202 (figura 2) o 302 (figuras 3A, 3B) de la deformación permanente si el conjunto estuviera sometido al aplastamiento o a un doblado excesivo. Un factor que resulta en una deformación permanente del revestimiento interior cuando se somete a estas condiciones es el grosor de la capa metálica del revestimiento. De ese modo, cuando se construye la camisa exterior de PVC, es deseable fabricar la capa de metal tan delgada como sea posible y esto hace el revestimiento compuesto 302 de la figura 3B altamente adecuado, ya que esta capa metalizada puede ser fabricada muy delgada, utilizando deposición por vapor o técnicas similares. Por ejemplo, un grosor de deposición máximo común a partir de técnicas de deposición por vapor es 2000 Å, el cual es aproximadamente 250 veces más delgado que la lámina de acero inoxidable disponible, de tal modo que aquél puede ser utilizado para el revestimiento 202. Como resultado, una tubería compuesta que utiliza el revestimiento compuesto descrito en la figura 3B, será altamente flexible y resistente al aplastamiento. Adicionalmente, un grosor de deposición de 5000 Å o más es posible utilizando técnicas más diversas. Disponiendo de un recubrimiento de la superficie con un grosor de esta magnitud puede ser deseable promover una mejor conductividad y resistencia a la abrasión. Por el contrario, dependiendo del proceso de pulverización de partículas por bombeo iónico utilizado, un grosor de deposición de 200 Å o menos puede ser suficiente para proveer un comportamiento suficiente contra la adsorción y la absorción de los constituyentes en el interior de muestras de aire, mientras también provee un nivel aceptable de conductividad para promover un buen rendimiento del transporte de

partículas.

Por ejemplo, cuando se utiliza el revestimiento 302 de la figura 3B, el sustrato 306 está fabricado de Mylar® de 0,001 pulgadas (0,0025 cm) de grueso y 1000 Å de acero inoxidable se deposita en su superficie. El Mylar es un material preferido para el sustrato 306 porque es fuerte y resistente al desgarro, lo cual es ventajoso para el proceso de extrusión, en el cual el sustrato está sometido a grandes fuerzas a medida que es estirado a través del cabezal de extrusión. Además, en esta configuración, debido al comportamiento muy bueno de la superficie metalizada delgada 305 para volver a su forma inicial, el tubo puede estar fabricado con un diámetro interior relativamente grande (ID) mientras todavía es altamente resistente al aplastamiento y resistente al retorcimiento y a otras fuentes de deformación permanente. Por ejemplo, en un ejemplo en el que el diámetro exterior (OD) es 3/8 de pulgada (0,952 cm) utilizando el revestimiento interior de la figura 3B, el tubo puede construir con un diámetro interior de 0,310 pulgadas (0,787 cm).

Un diámetro interior grande de este tipo es deseable cuando resulta en menos restricción al flujo de aire comparado con aquella de un diámetro interior menor, cuando las muestras de aire son arrastradas por el sistema, reduciendo de ese modo la caída de presión en un sistema para un caudal determinado. Esto ayuda a reducir cuestiones de capacidad de la bomba así como promover un rendimiento mejor del transporte de las partículas en muestras de aire tomadas por el sistema. La razón para lo último es que los sistemas de muestreo de aire, tales como aquél descrito en la patente US nº 6.125.710 tienden a funcionar a caudal es relativamente altos (típicamente 20 litros por minuto o más). A estos caudales, varias libras por pulgada cuadrada de caída de presión se pueden observar en el sistema, debido en primer lugar a las pérdidas por fricción a lo largo de la longitud del tubo. Las caídas de presión de esta magnitud tienen un gran impacto en la densidad del gas que fluye (aire), resultando en variaciones de la velocidad del gas a medida que viaja a lo largo de la longitud del tubo. Este cambio en la velocidad o la aceleración tiene una tendencia a causar que las partículas caigan fuera de la corriente del flujo y por lo tanto se pierden de la muestra, como resultado de los efectos de inercia debidos a la masa de las partículas.

La figura 4 representa una tubería compuesta ejemplificativa 400 en la cual un material huésped adecuado 402 se impregna con un material metálico 404. La tubería 400 puede estar provista de diversas formas que presenten una distribución uniforme o no uniforme del material metálico a lo largo de la sección transversal de la tubería.

En un ejemplo particular, la tubería 400 incluye copos de acero inoxidable, finamente dividido, con polietileno, mezclados inmediatamente antes del proceso de extrusión. La cantidad de acero inoxidable debe ser suficiente para proveer la oclusión de la superficie interior del tubo a cualquier cantidad significativa de polietileno en la superficie expuesta. Los copos de acero inoxidable pueden variar en tamaño desde varias decenas de micras hasta una fracción de una micra en tamaño. Esta variación presenta las propiedades de trabajo de la tubería de polietileno con prácticamente la misma inercia química que la tubería de acero inoxidable mientras proporciona también una superficie interior eléctricamente conductora que inhiben la carga eléctrica a partir de la recolecta en la superficie interior cuando las muestras de aire son arrastradas para promover un transporte eficaz de partículas.

En otro ejemplo, el material huésped 402 es Teflon® y el material metálico 404 es acero inoxidable finamente dividido. Esta combinación puede producir una superficie interior que tiene una absorción y propiedades de liberación de gases inferiores que el acero inoxidable impregnado de polietileno. El Teflon® presenta inherentemente bajas propiedades de absorción y liberación de gases permitiendo la formación de la tubería utilizando un proceso que es menos dependiente de la capacidad de controlar la densidad del empaquetamiento del material metálico. Las variaciones en la densidad de empaquetamiento del material metálico pueden causar que el área de la superficie interior de la tubería adopte las propiedades indeseables del polietileno en donde la densidad de empaquetamiento es relativamente baja.

Las figuras 5A y 5B representan otro ejemplo de una tubería compuesta 500 provista de una superficie interior 502 formada en parte a partir de un material no metálico 504 y en parte a partir de material metálico 506. La tubería 500 incluye tiras metálicas 506 embebidas en la superficie del material no metálico 504.

En un ejemplo particular, el material metálico 506 que forma la superficie interior de la tubería 500 está sustancialmente a nivel con la superficie del material no metálico 504. El material metálico 506 provee una trayectoria conductora para disipar la carga eléctrica que se transporta como resultado del flujo de aire a través de la tubería para promover un transporte eficaz de materia en partículas a través de la tubería con el fin del muestreo del aire.

Los espacios 508 entre el material metálico conductor 506 deben ser suficientemente pequeños de modo que aseguren que únicamente se pueda establecer un campo eléctrico despreciable entre conductores como resultado del caudal de aire que se aplica a través de la tubería para una aplicación de muestreo determinada. En un ejemplo, el material metálico 506 incluye acero inoxidable y el material no metálico 504 incluye Teflon®.

La figura 6A es una vista en sección transversal de un ejemplo de un conjunto estructurado 600 que incluye una tubería compuesta 650 y varios otros de conductores que pueden ser utilizados en el interior de un sistema de muestreo de aire en el cual puede estar instalado el conjunto. La figura 6B es una vista isométricas del conjunto

estructurado 600 de la figura 6A. Los grupos de conductores, los cuales pueden estar enrollados helicoidalmente alrededor de la tubería 650, pueden proporcionar potencia, comunicaciones y diversas señales que pueden ser monitorizadas en el interior del sistema. El conjunto estructurado 600 simplifica y reduce el coste de la instalación de los cables de potencia y comunicaciones (así como la tubería) previstos con los sistemas de este tipo.

El conjunto estructurado ejemplar 600 es muy adecuado para utilizarlo en un sistema de muestreo de aire, tal como el sistema de muestreo de aire ilustrativo 700 de la figura 7. El sistema 700 puede ser instalado en un edificio y puede formar parte de un sistema de control del edificio provisto de controles distribuidos a través de un edificio que se comunican sobre una red común. El sistema 700 puede incluir un juego de sensores y un control 702, los cuales pueden estar ubicados remotamente, acoplados a uno o más de los módulos de control de los nodos 704a, b. Los puntos terminales 706 pueden estar ubicados en diversas salas para tomar muestras de aire que son pasadas al juego de sensores 702 a través del control de los nodos 704a. Los controles de los nodos 704a, b pueden formar red juntos y estar controlados sobre una red por el control central 702. Cada control de nodo 704 controla una válvula que está dedicada a cada sala desde la cual se toma una muestra de aire. Los puntos terminales 706, el control de los nodos 704 y el juego de sensores 702 pueden estar conectados a través del conjunto estructurado 600 de la figura 6, por ejemplo.

Las muestras de aire se toman desde cada sala en el sistema de un modo multiplexado y se devuelven al juego de sensores 702. Además, sensores discretos (tales como para la temperatura y la humedad relativa) pueden estar dispuestos en el interior de las ubicaciones de los puntos terminales representados para cada sala y los datos asociados con cada uno pueden ser muestreados mediante cada control de los nodos, tanto por medio de una conexión en serie a cada punto terminal como por medio de una conexión de señales analógicas o digitales entre el punto terminal y el control de los nodos. Detalles adicionales de un sistema de muestreo de aire ejemplar se describen en la patente US nº 6.125.710.

Haciendo referencia otra vez a la figura 6, el conjunto 600 incluye una tubería compuesta 650 provista de una capa metálica 652 y una camisa de la tubería 654. En una zona 602 entre una camisa del cable 604 y la camisa de la tubería 654, están dispuestos diversos cables y alambres. En un ejemplo, el conjunto 600 incluye unas primera, segunda, tercera estructuras de cable y cuarta 606, 607, 608 y 609. Las estructuras del cable 606, 607 y 608 se utilizan para proporcionar una combinación de conexiones de potencia, señal y comunicaciones para el sistema.

La cuarta estructura de cable 609 se utiliza para proveer una función de detección dedicada, la cual ayuda a optimizar el comportamiento del sistema 700. Adicionalmente, el conjunto 600 incluye una cuerda de abertura 610 para ayudar a quitar la camisa exterior 604 durante la instalación del cable en el campo. Las cuerdas de apertura son una característica común de los conjuntos de cables estructurados. Por ejemplo, muchos de los cables en la línea de cables compuestos (por ejemplo, seguridad de datos compuestos de audio, video Belden 7876A, y cable de control) ofrecidos por Belden CDT Inc., un fabricante importante de alambres y cables, incluyen cuerdas de abertura.

En un ejemplo particular, la primera estructura de cable 602 incluye un par de alambres trenzados 22 AWG (medida americana de alambres) para transportar señales y la tercera estructura de cable 608 incluye un repetidor (TSP) 22 AWG provisto de un alambre de drenaje 608a y una pantalla de lámina metálica 608b para proveer comunicaciones para algunas conexiones y señales para otras. La segunda estructura de cables y 607 incluye un cable trenzado del tipo de alambre trivalente 18 AWG para transportar la potencia para los componentes del sistema.

La función servida por las estructuras de cable 606, 607 y 608 varía dependiendo de la parte del sistema 700 (figura 7) en la que se utiliza el cable 600. Por ejemplo, cuando se realizan conexiones entre los controles de los nodos 704a,b o 702 (figura 7) la segunda estructura de cables 607 típicamente será utilizada para proporcionar potencia desde un suministro de potencia (que reside en el interior o en la proximidad del juego de sensores 702) a los diversos controles de los nodos en el sistema. Para el sistema 700 ésta típicamente será potencia de 24 V de corriente alterna y tierra, sin embargo, diferentes ejemplos de este sistema se pueden hacer funcionar con otras fuentes de potencia (por ejemplo, +/- 15 V de corriente continua y tierra) que de modo similar serían suministradas a través de la estructura de cable 607. Cuando se conecta entre los controles de los nodos 704, o un control del nodo 704 y el juego de sensores 702 la tercera estructura de cable 608 sirve como el cable de la red sobre el cual se comunican los controles de los nodos 704 y el juego de sensores y el control central 702. Para estas conexiones, en un ejemplo de sistema 700 la tercera estructura de cable 608 forma la columna vertebral de la red de comunicación de datos que tiene una capa física EIA 485 (o equivalente). Se pondrá de manifiesto a aquellos expertos en la técnica del diseño de redes de datos que las redes de este tipo a menudo utilizan pares trenzados protegidos de conductores con un alambre de fuga, como ha sido especificado para la tercera estructura de cable 608, a fin tanto de limitar la impedancia característica del cable como de proveer un grado de inmunidad al ruido a la red. Además, cuando el cable estructurado 600 se utiliza para hacer conexiones entre los controles de los nodos 704 o entre un control del nodo 704a y el juego de sensores 702, la primera estructura de cable 606 típicamente no será utilizada, o servirá para algún propósito auxiliar determinado o no determinado previamente que pueda parecer en las aplicaciones del cliente del sistema 700.

Cuando se realizan conexiones entre un control de nodo 704 y un punto terminal 706, la segunda estructura de cable 607 típicamente se utilizará para proporcionar potencia y señal de tierra a los dispositivos de sensores

discretos y a la instrumentación que reside en el punto terminal 706. Adicionalmente, cuando se conectan al punto terminal 706 las estructuras de cable primera y segunda 606, 608 se pueden utilizar para conectar las salidas de señal desde diversos sensores ubicados en el interior de 706 al control de los nodos 704 el cual muestrea estas señales y las comunica de vuelta al control central 702. Ejemplos de tipos de sensores que pueden existir en 706 incluyen sensores de temperatura, de la humedad relativa y de ozono.

La cuarta estructura de cable 609 provee líneas de detección para optimizar la secuencia de temporización para las muestras de aire. En un ejemplo, las líneas de detección están provistas como alambres en pares trenzados 26 AWG. Las líneas de detección 609 se utilizan para medir la distancia entre el juego de sensores 702 de la figura 7 y cada punto terminal 706 en el interior del sistema, a fin de estimar el tiempo de transporte de cada muestra de aire desde cada ubicación hasta el juego de sensores. El caudal, y por lo tanto la velocidad generalmente estarán regulados en el juego de sensores 702. Por lo tanto el tiempo de transporte de la muestra para cada una de las ubicaciones detectadas se puede calcular dividiendo la distancia estimada por la misma velocidad. Esto es útil para optimizar la velocidad de muestreo del sistema, porque en sistemas mayores la distancia de transporte será unos pocos cientos de pies, resultando en tiempos de transporte apreciables. Por ejemplo, a una velocidad del flujo de veinte pies por segundo, una muestra tomada sobre cuatrocientos pies tiene un tiempo de transporte de veinte segundos.

Además de estimar el tiempo de transporte, la medición de la distancia de transporte puede ser ventajosa cuando el juego de sensores 702 se utiliza para realizar mediciones de partículas. Incluso aunque el rendimiento del transporte de las partículas sea bueno a través de la tubería de la invención, la pérdida de partículas para partículas más grandes (por ejemplo, mayores de 1 μm) puede variar significativamente con la distancia de transporte, especialmente cuando las muestras se toman sobre una distancia de varios cientos de pies de tubería. Sin embargo, la pérdida en porcentaje es bastante previsible con la distancia a un caudal determinado y por lo tanto, el conocimiento de la distancia de transporte provee un modo de compensar esta pérdida.

La figura 8 es una vista esquemática 800 de circuitos eléctricos creados mediante las líneas de detección 801 cuando están distribuidas por medio de un cable estructurado 600 a través del sistema 700 descrito en la figura 7. Los puntos terminales 806 por lo tanto corresponden con 706 en el sistema 700 y los controles de los nodos 804 tienen correlación con los controles de los nodos 704. El dispositivo de medición de la longitud de la línea 802 típicamente está alojado en el interior del juego de sensores y el control central 702 o en la proximidad (típicamente dentro de 40 pies) de 702. Como se representa en la figura 8 y ha sido ilustrado en la figura 6, las líneas de detección preferiblemente son un par de conductores de alambre 801 a, b. Este par de conductores está distribuido a través del sistema 700/800 en donde están conectados a los diversos controles de los nodos 804 los puntos terminales 806 y a un dispositivo de medición de la longitud de la línea 802. Cada uno de los controles de los nodos 804 contiene un número de pares de conmutadores eléctricos 803, los cuales son utilizados para completar selectivamente un circuito entre el dispositivo de medición de la longitud de la línea 802 y los puntos terminales individuales 806 a fin de medir la distancia entre el punto terminal 806 y el dispositivo de medición de la longitud de la línea 802. Las técnicas para realizar la medición de la distancia dependen de las propiedades físicas del par de conductores 801 a,b que pueden variar con la longitud del conductor. Por ejemplo, en una forma de realización la medición de la distancia se basa en la medición de la resistencia óhmica total del par de conductores 801 a,b entre el dispositivo de medición de la longitud de la línea y un punto terminal determinado 806, medido entre 802a y 802b. Resultará evidente para aquellos expertos en la técnica de la electrónica que existe una gran variedad de circuitos que pueden ser diseñados para realizar una medición de este tipo. Por ejemplo, en una forma de realización una fuente de corriente se puede aplicar como un componente de circuito electrónico en el interior del dispositivo de medición de la longitud 802 para generar una corriente eléctrica precisa que se pueda hacer que fluya fuera del punto 802a, a través de la línea de detección 801 a hacia abajo hasta la conexión empalmada 805 y devuelta a través de 802b. La conexión empalmada 805 se puede realizar trenzando los extremos de los pares de conductores 801a,b juntos en el punto terminal 806, o conectando 801a,b juntos utilizando un conector de alambre trenzado, o cualquier otro medio adecuado utilizado para unir juntos dos conductores eléctricos. La tensión resultante entre los puntos 802a y 802b se mide simultáneamente mediante un circuito separado en el interior de 802, señal la cual es proporcional a la resistencia entre 802a y 802b, la cual es proporcional a la distancia al punto terminal. Cuando se utiliza un procedimiento como éste, las líneas de detección 801a,b están conectadas juntas para formar una conexión empalmada 805 en cada punto terminal 806 y la resistencia total del circuito (formada por los conductores en 801a y 801b, el conmutador cerrado 803 y la conexión empalmada 805) es medida por el dispositivo de medición 802.

Como un ejemplo adicional, utilizando este procedimiento de medición de la resistencia, a fin de medir la distancia entre el punto terminal 806a y el dispositivo de medición de la longitud de la línea 802, el par de conmutadores 803a en el control de los nodos 804a se cerrará mientras se mantiene abiertos todos los otros conmutadores 803 en el sistema 800 y se mide la resistencia del circuito resultante entre 802a y 802b. Obsérvese que la longitud real de circuito es el doble de la distancia real que está siendo medida debido a las longitudes combinadas de ambos conductores 802a y 802b. Esto ayuda a incrementar la resolución de un sistema de medición de este tipo mientras se hace mínima la magnitud de la corriente que debe ser alimentada desde el dispositivo de medición de la línea 802.

En un ejemplo, las líneas de detección 801 son pares trenzados macizos 26 AWG de alambre de cobre que puede ser, por ejemplo equivalente Beldon 9976, una especificación de la resistencia de 40,81 ohm por mil pies. Alternativamente, se puede utilizar un alambre de una galga más fina o más gruesa y la utilización de configuraciones diferentes, tales como un alambre trenzado, y fabricado diferentes materiales, tal como aluminio o bien otros materiales. Sin embargo, el material de elección debe tener un coeficiente de la temperatura a la resistencia específica relativamente bajo para asegurar que la precisión de la medición sea relativamente insensible a la temperatura porque la temperatura puede variar ampliamente a través de un edificio determinado a través del cual está instalado el conjunto de cables 600.

La resistencia varía con la temperatura según la ecuación 1 siguiente:

$$R_T = R_{20} [1 + \alpha(T - 20)] \quad (\text{Ecuación 1})$$

en donde

R_T = resistencia en ohm a la temperatura real

R_{20} = resistencia en ohm a 20 °C

α = coeficiente de la temperatura a la resistencia específica

T = temperatura real en °C.

En un entorno de un edificio comercial típico, que incluye áreas comunes, salas, espacios intersticiales y áticos la gama de temperaturas de funcionamiento típicas a las que estará expuesto el conjunto de cables 600 es de 0° a 40 °C. Como se ha establecido anteriormente, en la forma de realización preferida de esta invención, las líneas de detección 801 estarán fabricadas de cobre. Para el cobre, $\alpha = 0,00393 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ lo cual, sobre la base de la ecuación 1 significa que la tolerancia debida a la temperatura en las mediciones de la distancia sobre la base de la resistencia con cobre es aproximadamente +/-8 %, suponiendo una temperatura normal de 20 °C y una gama de temperatura de funcionamiento de 0° a 40 °C. Este nivel de precisión es suficiente para la mayor parte de los sistemas 800 en los que la distancia de transporte es 500 pies (152 m) o menos.

En otro ejemplo el dispositivo de medición de la longitud de la línea 802 puede incorporar un reflectómetro con indicación temporal (TDR) para medir la distancia entre un punto terminal 806 y un dispositivo 802. Un enfoque de este tipo se basa en la aplicación de un impulso eléctrico de banda ancha alta tanto en un diferencial como amañera de terminal único a las líneas 801a y 801b y midiendo el tiempo que transcurre para que el impulso o los temperatura se propaguen en la línea 801 a través del conmutador seleccionado 803 hasta el punto terminal 806 y de vuelta otra vez. La utilización de un reflectómetro con indicación temporal para medir la longitud del cable es una práctica muy establecida.

Se debe observar que para asegurar que la medición de la distancia realizada utilizando las líneas de detección es razonablemente representativa de la longitud del tubo real, se debe controlar la relación de la longitud de estos conductores con respecto a aquella del tubo. Esta es una característica del conjunto de cable estructurado, ya que ayuda al comportamiento de la tubería tubos de transporte del aire.

Los ejemplos dados a conocer en la presente memoria, que presentan una tubería revestida de metal, proporcionan un comportamiento mejorado del rendimiento del transporte de las partículas comparado con la tubería conocida realizada en materiales que son altamente no conductores. Esto es debido a las propiedades conductoras del revestimiento metalizado, el cual tiende a hacer mínima la deposición debida a los efectos electrostáticos, como se ha explicado. Sin embargo, otra fuente de pérdida de partículas, un mecanismo conocido como termofóresis, también puede tener un impacto notable en el rendimiento del transporte. La termofóresis se refiere a la migración de partículas como resultado de las fuerzas debidas al gradiente de temperatura, en donde la fuerza neta en una partícula es en la dirección de la zona de temperatura más baja. Éste puede ser un factor que afecte al transporte de las partículas cuando el conjunto estructurado 600 esté instalado en un edificio en donde existan grandes gradientes de temperatura entre el punto terminal 706 y diversas áreas en el interior del edificio sobre el cual está encaminado el conjunto 600. Por ejemplo, el conjunto de cables 600 puede estar encaminado a través de un ático o un espacio intersticial que a veces (durante los meses del invierno, por ejemplo) puede estar a una temperatura que sea sustancialmente más baja que aquella delasala (punto terminal 706) desde la cual son arrastradas las muestras de aire. Por ejemplo, es conocido que la velocidad de deposición de partículas de 0,5 μm en una superficie se puede reducir por 10 manteniendo una diferencia de temperatura de 10 °C entre una superficie de deposición y el aire en el que están suspendidas las partículas. Las fuerzas de termofóresis tienden a estar inversamente relacionadas al diámetro de las partículas y serán las más pronunciadas con partículas que sean de un tamaño de 1 μm o más pequeñas.

En otro aspecto, un conjunto estructurado 600 compensa las fuerzas de termofóresis, así como provee algún grado de contramedida para otras fuerzas de deposición, tales como los efectos gravitatorios y las fuerzas de Coulomb

(efectos electrostáticos) que afectan al transporte de partículas. Esto se puede conseguir mediante la deposición de una fuente de calor a lo largo de la longitud de la tubería compuesta 650 que sea suficiente para mantener la temperatura promedio del revestimiento interior 652 por encima de la temperatura de la muestra de aire que regularmente pasa a través del tubo 650.

5 Adicionalmente, otra razón para calentar la tubería es evitar la condensación de ciertos VOC o bien otros gases, incluyendo el agua, que se podrían condensar del aire mientras son transportados al juego de sensores a través de la tubería.

10 En una forma de realización particular representada en la figura 9, el conjunto 600 de la figura 6 está modificado para formar el conjunto 900 añadiendo uno o más elementos calefactores 901 al conjunto de cable estructurado. El elemento calefactor 901 puede ser uno o más elementos de calefacción resistivos, fabricados de materiales tales como nicromio, tungsteno, níquel, acero inoxidable o bien otro material adecuado para hacer una función de calefactor a través del cual puede fluir una corriente eléctrica, resultando en una disipación de potencia y una elevación de la temperatura a lo largo de la longitud del conductor. Este conductor puede tener una sección transversal que tanto sea circular como plana de modo que el conductor tenga una forma de cinta.

15 En el ejemplo ilustrado, el elemento calefactor 901 está fabricado de un alambre de tungsteno 28 AWG. La fuente de esta corriente eléctrica está contenida como un módulo electrónico separado que es parte del juego de sensores 702 (figura 7), desde la cual se puede controlar la temperatura promedio del elemento calefactor 901 tanto aplicando una corriente eléctrica previamente determinada al medio sobre la base de la longitud total del cable 900, si el coeficiente de temperatura del material es relativamente grande, tal como aquél del tungsteno o del níquel, con una forma de realización alternativa, la temperatura del elemento calefactor 901 puede ser controlada con precisión utilizando procedimientos muy establecidos para controlar la temperatura de un material resistivo que depende de la temperatura tal como, por ejemplo, técnicas que han sido desarrolladas para controlar la temperatura de un anemómetro de alambre caliente. Véase por ejemplo, la patente US nº 4.523.461.

20 En una forma de realización particular, sin embargo, en la que se utiliza tungsteno, se aplica una corriente constante al medio. Globalmente, un elemento calefactor lo más típicamente será utilizado en el interior del conjunto 600/900 cuando se conecta entre los controles de los nodos 704 (por ejemplo entre 704a y 704b) representado en la figura 7, ya que estas conexiones típicamente implican las longitudes más largas del conjunto 600 cuando es encaminado a través de la estructura de un edificio, algunas veces sobre una distancia de varios cientos de pies. Sin embargo, existen muchos casos en los que el elemento calefactor ventajosamente se podría aplicar en el interior del conjunto 600/900 así como entre los controles de los nodos 704 y sus respectivos puntos terminales 706, ya que a menudo se pueden notar gradientes de temperatura grandes entre estos puntos de conexión en el interior de un edificio y esto puede contribuir significativamente a la pérdida de partículas.

30 Otro factor que influye en el transporte de las partículas a través de un tubo, es la capacidad de la superficie interior del medio de la tubería para establecer una carga eléctrica. Cuando se establece una carga eléctrica sobre una superficie, la materia en partículas que está suspendida por encima de esa superficie tendrá una tendencia a ser atraída hacia la superficie si la carga en la superficie y la carga en la partícula son de polaridad opuesta. Una de las ventajas del revestimiento conductor 652 descrito en este documento es su capacidad de dispersar la carga, resultando por lo tanto en una carga relativamente baja por unidad de área comparada con aquella de una superficie pobremente conductora. En algunos casos, sin embargo, puede ser ventajoso proveer una trayectoria conductora añadida a través de la cual pueda fluir la carga desde el revestimiento conductor 652 hasta algún otro medio eléctricamente conductor para reducir sustancialmente la cantidad por la cual se puede desarrollar una carga sobre la superficie del revestimiento conductor 652. Como un ejemplo, el revestimiento conductor puede estar eléctricamente conectado a tierra eléctrica en el interior de un edificio, o puede estar conectado a la estructura de un edificio, o algún otro componente de un edificio que tanto ofrezca una trayectoria de baja impedancia a tierra como otro medio a través del cual se pueda dispersar la carga. La trayectoria conductora para la carga que fluye desde el revestimiento 652 se puede establecer utilizando cualquier número de técnicas que implican tanto proveer una conexión individual a tierra como múltiples conexiones a tierra a través del sistema.

40 La figura del 10A es una vista esquemática 1000 de la distribución de la tubería 650 distribuida por medio de un cable estructurado 600 a través del sistema 700 descrito mediante la figura 7. El tubo 650 (también etiquetado como 1001 en la figura 10A) está distribuido a través del sistema 700/1000 en donde está conectado a diversas válvulas 1003 contenidas en el interior de controles de los nodos 1004 y está conectado entre las válvulas 1003 y los puntos terminales 1006. También se representa una conexión a tierra opcional 1010, la cual puede ser utilizada para conectar eléctricamente el revestimiento interior 652 a tierra en el interior del edificio en el cual está instalado el sistema 1000, proveyendo de ese modo una trayectoria para que la carga fluya fuera del sistema 1000.

50 En un ejemplo, el revestimiento interior conductor 652 de las diversas secciones del tubo 650 representado en el sistema 700/1000 están eléctricamente conectadas juntas de modo que cualquier cantidad de carga que se aplique a cualquier sección de tubería 1001 a, b, c, d, e, f, g, h, i sea uniformemente dispersada a través de la sección de la tubería 1001 a, b, c, d, e, f, g, h, i. Estas conexiones eléctricas, por ejemplo, se pueden realizar utilizando accesorios con lengüetas eléctricamente conductoras en las válvulas 1003 y proveer un medio para conectar eléctricamente un

accesorio en un lado de la válvula 1003 a un accesorio en el otro lado de la válvula 1003.

La figura 10B describe el modo en el que la tubería se une a una válvula 1003 en el interior de un control de los nodos 1004 utilizando este procedimiento, que implica accesorios con lengüetas 1007 a,b conectados a cada lado de la válvula 1003. Los accesorios con lengüetas, los cuales son muy conocidos por los expertos en los sistemas neumáticos, comúnmente se utilizan con la mayor parte de tipos de tubería flexible y se utilizan para realizar conexiones empujando la tubería sobre la sección de las lengüetas del accesorio. (Ejemplos generales de accesorios con lengüetas incluyen aquellos de la línea de productos Thermobarb® de NewAge Industries, Inc.). Haciendo una conexión de este tipo con la tubería 1001, cada accesorio está en contacto con el revestimiento interior conductor 652 de la tubería 1001. En el contexto de la presente invención, el accesorio 1007 puede estar fabricado o recubierto con cualquier tipo de material conductor que incluye: metales (tales como, por ejemplo, latón, bronce, hierro, acero, acero inoxidable y aluminio), plásticos conductores, materiales compuestos conductores o pintura conductora. Además, en un ejemplo, la propia válvula 1003 puede estar fabricada de un material conductor tal como, por ejemplo, acero inoxidable o bien otro metal y por lo tanto, cuando se conecta a los accesorios 1007 o a los tubos 1001 como se representa provee una trayectoria eléctricamente continua para que la carga fluya entre las secciones de tubería 1001a y 1001b.

En una forma de realización alternativa, como se representa la figura 10C, si la válvula 1003 está fabricada de un material no conductor puede estar provista una banda de cortocircuito 1009, conectada a los terminales 1008a del accesorio 1007a y 1008b del accesorio 1007b para conectar eléctricamente juntos los revestimientos interiores 652 de la tubería 1001 a,b. Una banda conductora de este tipo 1009 puede ser un alambre de cobre, o un alambre realizado en algún otro material conductor que sea adecuado para este propósito. Los terminales 1008 a,b pueden ser del tipo de abrazaderas roscadas capaces de fijar un alambre, tales como la banda 1009 al accesorio 1007 y también puede ser utilizada para fijar la conexión a tierra opcional 1010. Adicionalmente, puede estar provista una tierra opcional 1010 en una o múltiples ubicaciones a través del sistema 1000.

En un ejemplo adicional, en lugar de la utilización de accesorios con lengüetas 1008, se provee una trayectoria conductora para transferir la carga desde el revestimiento interior conductor 652 a través de la camisa 654 del tubo 650 construyendo la camisa 654 utilizando un material que sea conductor. Por ejemplo, la camisa 654 podría estar fabricada a partir de un compuesto de plástico que haya sido impregnado con copos de metal finamente divididos, tal como aquellos utilizados en la tubería 400. La camisa 654 también puede estar realizada a partir de una resina de plástico que haya sido embebida con polvo o fibra de carbono o cualquier número de otras composiciones de carga conductoras.

La figura 11 describe un ejemplo en el que el tubo 650 está adicionalmente envuelto con una pantalla conductora 1101 y un alambre de fuga conductor 1102 está dispuesto entre la pantalla conductora 1101 y la camisa conductora de la tubería 654 para formar una conexión de baja impedancia entre estos tres elementos (654, 1101 y 1102). La pantalla conductora 1101 puede estar compuesta de lámina metálica tal como lámina de aluminio, un laminado de aluminio poliéster y aluminio (tal como aquél el cual es común en la mayoría de los cables apantallados comercialmente disponibles), o cualquier otro material conductor adecuado. De forma similar, el alambre de fuga 1102 puede ser un alambre conductor tal como el alambre de fuga de cobre que típicamente se encuentra en los cables apantallados. Sin embargo, el alambre de fuga 1102 puede estar compuesto también de cualesquiera otros materiales conductores.

El alambre de fuga 1102 puede estar conectado a la conexión a tierra 1010 del sistema 1000 a fin de proveer una trayectoria conductora para que fluya la carga desde el revestimiento interior conductor 652 hasta la camisa de la tubería 654, hasta el material exterior conductor o la pantalla 1101, y por último a través del alambre de fuga 1102 a tierra. Cuando se aplica el conjunto de cable 1100 al sistema 1000 de tubería y se realiza únicamente una conexión a tierra el revestimiento interior conductor 652 entre las secciones 1001 a, b, c, d, e, f, g, h, i puede estar eléctricamente conectados juntos por alambres de fuga de empalme 1102 desde cada sección 1001 a, b, c, d, e, f, g, h, i. Como es el caso de la forma de realización con accesorios con lengüetas, el ejemplo que utiliza el conjunto de cable 1100 también puede ser conectado a tierra en múltiples ubicaciones a través del sistema 1000. Cuando se realiza eso, generalmente no es necesario empalmar juntos los cables de fuga 1102 desde cada sección 1001 a, b, c, d, e, f, g, h, i.

La interconexión del revestimiento interior conductor 652 desde las secciones de la tubería 1001 a, b, c, d, e, f, g, h, i así como el proveer una trayectoria eléctrica añadida tal como una conexión a tierra 1010 para que fluya la carga, son procedimientos pasivos para limitar la creación de carga en el interior del sistema. Alternativamente, sin embargo, se pueden utilizar procedimientos activos tanto para controlar la carga electrostática creada en el revestimiento interior 652 como para controlar el modo en el cual las partículas interactúan con la carga electrostática en la superficie de 652 a fin de ayudar en el transporte de las partículas cuando se toman muestras de aire desde diversos puntos terminales 1006 a través del sistema 1000.

En otro ejemplo, las muestras de aire que son arrastradas a través del tubo 650 en el sistema 1000 pueden estar expuestas a una fuente de ionización que tanto carga positivamente como negativamente la materia en partículas arrastrada desde cada muestra de aire tomada a partir de los puntos terminales 1006. En esta forma de realización,

se aplica una tensión al revestimiento interior conductor 652 del tubo 650 a fin de repeler la materia en partículas cargada de la superficie del revestimiento conductor 652, mejorando de ese modo el rendimiento del transporte de la materia en partículas a través del sistema 1000. Fuentes de ionización ejemplares para un medio fluido que se puede ionizar se describen, por ejemplo, en las patentes americanas US nº 6.693.788, 4.689.715, 3.711.743 y 3.613.993.

Más generalmente, sin embargo, los dispositivos de ionización pueden utilizar cualquier número de electrodos que estén expuestos al medio de fluido que se puede ionizar (tal como el aire) y estar acoplados a una fuente de alta tensión (típicamente 5 kilovoltios o más).

La figura 12 ilustra un ejemplo 1200 de la aplicación de una fuente de ionización 1201 aplicada a la corriente del flujo de aire conjuntamente con el tubo 650. En esta forma de realización, está siendo utilizado un accesorio con lengüetas conductoras 1205 para proveer una conexión eléctrica al revestimiento interior conductor 652 al cual se puede aplicar un potencial de tensión conectando eléctricamente la salida de la fuente de tensión 1203 al accesorio con lengüetas 1205 utilizando una abrazadera roscada 1202. Sin embargo, también se pueden utilizar otros modos adecuados de conexión al revestimiento interior conductor 652. Aquí, la fuente de tensión 1203, la cual está conectada a la misma referencia 1209 que la fuente de potencia de ionización, tanto puede ser una tensión de corriente continua como una tensión que varía con el tiempo provista de un componente de corriente continua. La magnitud de esta tensión puede ser cualquier valor que varíe desde varios voltios hasta varios miles de voltios. La fuente de tensión 1203 puede ser considerada que es un dispositivo activo. Debido al riesgo potencial que se puede crear como resultado de una tensión potencialmente grande que pueda ser aplicada al revestimiento interior conductor 652, la fuente de tensión 1203 puede estar diseñada con características de limitación de la energía limitando sustancialmente sus capacidades de abastecimiento de corriente. La corriente del flujo de aire 1207 que fluye en el interior de la fuente de ionización 1201 se ioniza mediante los electrodos 1204 los cuales tienen un potencial de tensión grande aplicado entre ellos desde la fuente de potencia de ionización 1206. La corriente del flujo ionizado resultante 1208 fluye en el interior del tubo 650 a través del accesorio con lengüetas 1205 y, debido a la carga establecida a través de la fuente de tensión 1203 en el revestimiento interior conductor 652, las partículas ionizadas en el interior de la corriente del flujo 1208 tendrán una tendencia a ser repelidas de la superficie del revestimiento interior conductor 652, resultando en un incremento del transporte de las partículas a través del tubo 650. Para el propósito de esta invención una fuente de ionización 1201 puede ser aplicada en numerosas ubicaciones a través del sistema 1000.

Mientras la tubería compuesta es muy adecuada para utilizarla en el sistema 700, como ha sido descrito, también es muy adecuada para utilizarla en otros tipos de sistemas de monitorización del aire concebidos para transportar muestras de aire y hacer mediciones remotas de diversas características del aire con cualquier número de sensores. Por ejemplo, la tubería es muy adecuada para utilizarla en sistemas de muestreo de aire de múltiples puntos tal como la descrita por la patente US nº 6.241.950.

Otros tipos de sistemas similares, los cuales también se pueden beneficiar de la tubería, incluyen sistemas utilizados para proporcionar funciones de monitorización para la detección de fugas de refrigerante y otras aplicaciones de monitorización de gases tóxicos. Éstos son sistemas comercializados y a menudo se utilizan para monitorizar la presencia de una fuga de refrigerante en forma gaseosa en una o múltiples ubicaciones en el interior de un edificio (especialmente en la proximidad de plantas de agua refrigerada, manipuladores de aire y otros sistemas de refrigeración) utilizando uno o un juego de sensores compartidos. Los sistemas de este tipo también pueden ser utilizados para monitorizar el dióxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y otros gases tóxicos y contaminantes de edificios, o bien contaminantes en el interior de otros espacios confinados tales como garajes de aparcamientos.

En los sistemas del tipo como aquellos descritos por la patente US nº 6.241.950, por ejemplo, así como los sistemas anteriormente mencionados utilizados para monitorizar refrigerantes y otros gases (tóxicos), tanto el sensor para realizar las mediciones de los parámetros del aire como las válvulas de admisión de aire para la conmutación de las muestras a partir de ubicaciones monitorizadas por el sistema están colocados en una ubicación común en el interior del edificio y típicamente están colocados en el interior de una envoltura común. La figura 13 es una vista general de un sistema de este tipo, el cual tiene una pluralidad de puertos de entrada conectados a través de tubos 1301 a cada punto terminal de las salas 1308 de interés. El punto terminal 1308 simplemente puede ser la ubicación en la que está colocado el extremo de cada segmento de la tubería 1301, o puede incorporar otros sensores y equipo, tal como en el caso del sistema 700. La mayor parte de los componentes para este sistema de muestreo están contenidos en el interior de una envoltura 1307, la cual aloja las válvulas de admisión de aire 1302 a través de las cuales se toman las muestras, un medio para la interconexión de las válvulas a través de un colector común 1303, un juego de sensores 1304 que comprende uno o más sensores, un sistema de bombeo de vacío central 1306 y un control 1305.

El sistema trabaja mediante la ordenación de la secuencia de muestras de aire a través de las válvulas de admisión de aire 1302, muestras de aire las cuales son arrastradas de ese modo a través del juego de sensores 1304 a través de la presión negativa establecida por la bomba 1306. Cuando una muestra de aire desde una sala o ubicación determinada pasa a través del juego de sensores 1304 los parámetros del aire detectados por 1304 son

monitorizados y típicamente grabados por el control 1305. El control 1305 es también responsable de la ordenación de la secuencia de las válvulas de admisión de aire 1302. Muchos tipos de tubería 1301 han sido utilizados en sistemas tales como el 1300, incluyendo tuberías realizadas en polietileno, Plexco®, Teflon, tubería de acero inoxidable rígido y otros materiales. Sin embargo, los beneficios aportados por el sistema 700 que utiliza la tubería, por ejemplo, 200, 300, 400, 500 igualmente se aplican a sistemas tales como el 1300, así como a otras estrategias de muestreo de aire de múltiples puntos.

La tubería, por ejemplo, 200, 300, 400, 500 en el sistema 1300, por ejemplo, proporciona una tubería flexible, fácil de instalar y de coste bajo con buenas propiedades de transporte de las partículas junto con unas bajas propiedades de adsorción y absorción. La tubería, por ejemplo, 200, 300, 400, 500, permite que el sistema 1300 monitorice remotamente las concentraciones de bajo nivel de compuestos orgánicos volátiles, mientras también proporciona simultáneamente capacidades para monitorizar remotamente partículas en ubicaciones a través del edificio en el interior del cual está instalado el sistema 1300. Utilizando la tubería el sistema 1300 puede permitir, por ejemplo, la utilización de un detector de fotoionización (monitorización de los VOC del nivel de partes por mil millones) y un contador de partículas en el interior del juego de sensores 1304.

Además, los sistemas de monitorización del aire, tales como el sistema 1300, también se pueden beneficiar de los conjuntos estructurados 600, 900 y 1100 para proporcionar potencia y comunicaciones, junto con conexiones de señal a dispositivos y sensores discretos que pueden estar ubicados en el interior de diversas salas o bien otras ubicaciones de monitorización a través del sistema 1300. Esto provee un modo conveniente de expandir las capacidades del sistema como el 1300, mientras se hacen mínimos los costes de instalación. La utilización de conjuntos de este tipo 600, 900 y 1100 también permite que se realicen las mediciones a distancia utilizando líneas de detección 609 a fin de optimizar la ordenación de la secuencia de las muestras de aire desde diversas salas y otras ubicaciones de monitorización a través del sistema 1300. El sistema 1300 también puede utilizar un elemento calefactor 901 para mejorar el rendimiento del transporte de las partículas y para ayudar a evitar la condensación de ciertos VOC o bien otros gases, que incluyen agua que se podrían condensar del aire mientras son transportados desde las salas y otras ubicaciones en el sistema 1300 hasta el juego de sensores 1304. También, los principios que fueron descritos para controlar activamente o pasivamente la carga en el revestimiento interior de la tubería 652 en el sistema 700/1000 a fin de promover el transporte de partículas en las muestras de aire, se aplica también a los sistemas como el 1300.

La estructura de la tubería descrita es muy adecuada para transportar "paquetes" de aire en un sistema de muestreo de aire. La tubería incluye una capa interior metálica y una camisa exterior opcional que provee un transporte eficaz de materia en partículas a través de la tubería y una absorción y una liberación de gases relativamente pequeños para muchos componentes del aire de interés.

La figura 14A representa un ejemplo de un conjunto 1400 en una sección transversal exagerada que incluye una tubería revestida de metal que utiliza un sustrato sobre el cual se adhiere una lámina de metal. La figura 14B representa una vista desplegada en sección transversal ampliada del conjunto de tubería 1400 de la figura 14A. El conjunto 1400 incluye un revestimiento de metal 1402 que está metalizado con un material adecuado tal como acero inoxidable 316. En un ejemplo, el revestimiento de metal 1402 se adhiere a un sustrato adecuado 1404 mediante un adhesivo 1403; el sustrato 1404 a su vez está adherido a la camisa exterior 1406 mediante un adhesivo adicional adecuado 1405.

En un ejemplo, el revestimiento 1402 incluye una lámina de aluminio provista de un grosor comprendido entre aproximadamente 0,0005 pulgadas (0,0013 cm) y aproximadamente 0,005 pulgadas (0,012 cm). En un ejemplo particular el grosor es de aproximadamente 0,001 pulgadas (0,0025 cm). En una forma de realización ejemplificativa, la capa metalizada 1401 es de acero inoxidable 316 comprendido entre un grosor de 100 y 1000 Angstroms y en una forma de realización el grosor es de aproximadamente 200 Angstroms. La capa de adhesivo 1403 es desde 0,0001 pulgada (0,00025 cm) hasta 0,002 pulgadas (0,005) de grosor y puede ser un adhesivo permanente del tipo de curado elegido para que sea compatible de forma que se pueda adherir con los materiales utilizados para 1402 y 1404. En un ejemplo, la capa de sustrato 1404 es una película de poliamida (tal como por ejemplo Kapton®) que varía desde aproximadamente 0,0005 pulgadas (0,0012 cm) hasta aproximadamente 0,003 pulgadas (0,0076 cm) con un grosor de aproximadamente 0,001 pulgada (0,0025 cm) en una forma de realización que es un huecogrado recubierto con un adhesivo activado por calor, que se utiliza para adherir el sustrato 1404 a una camisa exterior extruida 1406, la cual puede estar fabricada de PVC.

En un ejemplo alternativo, el revestimiento de metal 1402 está realizado en aluminio que tiene una superficie de óxido de aluminio anhidro - por lo menos en la superficie que forma la superficie interior de la tubería - (que resulta en propiedades que son químicamente las mismas que el zafiro industrial) y se omite la capa metalizada 1401.

En otro ejemplo, el revestimiento de metal 1402 está fabricado de una lámina de acero inoxidable delgada provista de un grosor que varía desde aproximadamente 0,001 pulgadas (0,0025 cm) hasta aproximadamente 0,0005 pulgadas (0,0013 cm) o menos y se omite la capa metalizada 1401. Se comprenderá que son posibles otros grosores para el revestimiento de metal.

En otro ejemplo, el revestimiento de metal 1402 está fabricado de una lámina delgada de cobre cubierta de níquel. Una gama ejemplar para el grosor de una lámina de cobre con una capa de níquel es desde aproximadamente 0,001 pulgadas (0,0025 cm) hasta aproximadamente 0,0005 pulgadas (0,0013 cm) o menos. En una forma de realización ilustrativa, se omite la capa metalizada 1401.

5 En un ejemplo adicional, el revestimiento de lámina 1402 y el adhesivo 1403 se omiten y la capa metalizada 1401 se deposita directamente sobre la capa del sustrato 1404, la cual está fabricada de Kapton® o bien de otro material plástico adecuado.

10 La tubería 1400 es muy adecuado para utilizarla en el sistema 100 (figura 1) como la tubería 105 así como en sistemas configurados en estrella 1300 (figura 13) como la tubería 1301, proporcionando una tubería flexible, fácil de instalar y de bajo coste con buenas propiedades de transporte de partículas junto con propiedades de baja adsorción y absorción. Además, la tubería 1400 puede estar incorporado en el interior de un conjunto estructurado 600 (figura 6A) y 900 (figura 9) como la tubería 650, de modo que puede ser utilizado en sistemas tales como el 700 (figura 7),
 15 el 800 (figura 8) y el 1000 (figura 10A). La tubería 1400 adicionalmente puede ser utilizada como la tubería 650 en el interior de conjuntos estructurados 600 y 900 aplicados al sistema 1300 para proporcionar potencia y comunicaciones, junto con conexiones de señal a dispositivos y sensores discretos que pueden estar ubicados en el interior de diversas salas y otras ubicaciones de monitorización a través de un edificio. De este modo, la tubería 1400/650 se puede aplicar en el interior de un conjunto 600 y 900 para facilitar las conexiones eléctricas en el
 20 interior de 1300 que, por ejemplo, puede ser un sistema de monitorización de un refrigerante o bien otro gas tóxico adaptado para soportar también dispositivos remotos, tales como sensores de temperatura o bien otros sensores y dispositivos discretos, ubicados en un punto terminal 1308.

25 La figura 15 muestra un conjunto de tubería 1500 provisto de un material huésped adecuado 1502 impregnado con material a base de carbono 1501 según una forma de realización de la presente invención. En una forma de realización, el material a base de carbono 1501 es negro de humo de gas natural, el cual es una forma amorfa en polvo de carbono elemental altamente disperso. Para conseguir una resistividad de volumen objetivo en la gama de 10 a 10.000 ohm - centímetros, se provee una carga de negro de humo de gas natural desde el 15% hasta el 30% en peso. En una forma de realización, se utiliza un porcentaje de la carga de aproximadamente el 20% en peso para
 30 obtener las propiedades mecánicas deseadas con una resistividadde volumen de aproximadamente 1000 ohm - centímetros.

El negro de humo de gas natural se utiliza como material de carga en una amplia variedad de plásticos para fabricar un compuesto de plástico con propiedades conductoras para reducir las cargas estáticas que puedan generar
 35 chispas o recogida de polvo. Típicamente, esta conductividad aumentada se utiliza para el apantallamiento electrostático o a la interferencia electromagnética (EMI), o para reducir la descarga electrostática con electrónica sensible en entornos de salas normales o limpias. También se utiliza para transportar líquidos o gases inflamables o volátiles para evitar la posibilidad de ignición de estos materiales a partir de una descarga electrostática. Un ejemplo de este tipo de material de tubería eléctricamente conductor es la tubería de PTFE cargada con negro de humo de
 40 gas natural, pieza número 23478, a partir de TexLoc Ltd. Es conocido que la resistividad de volumen pueda tener alguna variación debido tanto a la formulación específica del negro de humo de gas natural utilizado, así como a las dificultades en obtener una distribución uniforme del negro de humo de gas natural en el material de carga. Esta característica denominada capacidad de dispersión indica la facilidad con la cual el material de carbono conductor puede ser humedecido con la resina y a continuación ser desaglomerado. Esta medida es independiente del material huésped de plástico utilizado para dispersar el negro de humo de gas natural o bien otro material a base de carbono.
 45 Además del coste, una carga más elevada de negro de humo de gas natural también cambia negativamente las propiedades físicas del material huésped, por ejemplo, haciéndolo más rígido y más duro de extruir o moldear.

50 En una forma de realización ejemplificativa, el material a base de carbono 1501 utilizado como material de carga incluye nano tuberías de carbono. Los nanotubos de carbono son una forma alotrópica de carbono que ofrece una alta conductividad, alta duración y es químicamente inerte todas las cuales son propiedades preferidas para una tubería para el muestreo de aire.

Derivado a partir de fullerenos esféricos ("Buckyballs"), los nanotubos de carbono (algunas veces denominados "Buckytubes") son matrices largas y huecas de átomos de carbono de modelo hexagonal. Pueden estar fabricados con una pared individual de átomos de carbono en una forma también conocida como nanotubos de pared individual (SWNT) similar a una capa individual de grafito enrollada en un tubo. Esta clase de nanotubos típicamente tienen desde 0,7 hasta aproximadamente 2 nanómetros de diámetro y varios cientos de micrómetros de largo con un diámetro típico de aproximadamente 1 nanómetro. Otra forma de nanotubos es conocida como nanotubos de múltiples paredes (MWNT), los cuales están fabricados con múltiples capas concéntricas de átomos de carbono para formar nanotubos más gruesos. Estos nanotubos pueden tener desde aproximadamente 3 hasta aproximadamente 30 nanómetros de diámetro con longitudes similares a los nanotubos de pared individual (SWNT) con un diámetro típico de aproximadamente 10 nanómetros. Los nanotubos de carbono también tienen la estructura electrónica resultante de un metal auténtico como el cobre o el oro. Puede ser creados, por ejemplo, mediante la aplicación de una descarga de arco de corriente continua, típicamente a partir de un soldador de arco, entre dos electrodos de grafito en una atmósfera inerte. Un ejemplo de nanotubos de carbono de múltiples paredes son los

nanotubos FIBRIL™ fabricados por Hyperion Catalysis, Inc. los cuales tienen un diámetro típico de aproximadamente 10 a 12 nanómetros y tienen una estructura típica que emplea aproximadamente 8 capas o cortezas concéntricas de átomos de carbono. Un ejemplo de nanotubos de pared individual son aquellos fabricados por Carbon Nanotechnologies, Inc.

5 Los nanotubos de carbono han sido utilizados como un aditivo conductor sobre todo en huéspedes a base de polímero a fin de crear un apantallamiento antiestático y electromagnético y materiales de absorción comúnmente utilizados en el empaquetado de electrónica. Una de las ventajas que tienen los nanotubos de carbono como un aditivo en estas aplicaciones, es que la cantidad de nanotubos requeridos para proporcionar un cierto nivel de conductividad a un anfitrión a base de polímero es mucho menos que aquélla para otros materiales de carga conductores. Esto es debido a la extremadamente alta relación de la longitud con respecto al ancho del nanotubo igual a muchos miles además de su alta conductividad eléctrica. Los nanotubos de carbono también se pueden auto montar en cables metálicos de decenas a cientos de tubos alineados para realizar trayectorias conductoras incluso más largas adicionalmente reduciendo la cantidad de carga requerida. Siendo capaz de utilizar una pequeña cantidad de material de carga, el coste se reduce además de que las propiedades mecánicas tales como la rigidez se ven mínimamente impactadas creando la tubería conductora 1500 que es flexible y fácil de instalar en edificios. Por ejemplo, para conseguir la conductividad en la gama de 10 hasta 10.000 ohm - centímetros el material huésped 1502 se carga con una gama de aproximadamente del 1% al 5% en peso de nanotubos de carbono 1501 con alguna variación estando determinada por lo bien que los nanotubos de carbono pueden ser distribuidos uniformemente en el material polimérico anfitrión. En una forma de realización, aproximadamente 3,5% en peso de nanotubos de carbono se utiliza para conseguir niveles de conductividad eléctrica en volumen de aproximadamente 10 ohm - centímetros.

25 Otra ventaja de los nanotubos de carbono para utilizarlos como material de carga 1501 en la tubería conductora 1500 que serán utilizados para el muestreo de los VOC, es que el potencial para la absorción y la adsorción se hace mínimo. Esto es debido tanto a la relativa inertidad de los nanotubos así como al hecho de que los nanotubos son menos propensos a la liberación dentro de la corriente de aire o que presentan mucha área superficial al flujo de aire. Esto es debido al diámetro relativamente pequeño de los nanotubos (que se aproxima a la gama del tamaño de las cadenas de polímero en la matriz anfitriona 1502), su flexibilidad y el superior "humedecimiento" y entrelazamiento o mezclado de los nanotubos con las cadenas largas de polímero del material huésped 1502 para formar eficazmente una mezcla de polímeros.

35 En otra forma de realización, el material a base de carbono 1501 utilizado como material de carga incluye nanofibras de carbono. Las nanofibras de carbono a menudo están formadas en procesos similares a aquellos que se utilizan para fabricar los nanotubos de carbono. Efectivamente, las nanofibras de carbono pueden empezar como nanotubos de carbono de múltiples paredes pero crecen con muchas más capas o cortezas de átomos de carbono para crear tubos o fibras que son de entre aproximadamente 70 hasta 300 nanómetros de diámetro y que pueden ser de hasta varios cientos de micrómetros de largo. Un fabricante de nanofibras es Pyrograph Products, Inc. y sus nanofibras Pyrograph III, las cuales son de aproximadamente 70 hasta 200 nanómetros de ancho y aproximadamente de 50 a 40 100 micrómetros de largo. Las nanofibras pueden ser menos caras que los nanotubos de carbono pero requieren cargas de material de carga más elevadas tal como en la gama del 5 al 15% en peso.

45 En otra forma de realización, el material de carga 1501 utilizado en el material huésped 1502 incluye fibras de carbono. Las fibras de carbono estructural comercialmente disponibles son derivadas tanto a partir de fibras de poliacrilonitrilo (PAN) como de alquitrán de petróleo especial (fibras de alquitrán) y adicionalmente pueden ser desmenuzadas o molidas adicionalmente para utilizarlas como un aditivo de polímero de conductividad eléctrica. Las fibras de carbono derivadas del poliacrilonitrilo y el alquitrán de petróleo también son utilizadas como un refuerzo continuo para aplicaciones estructurales. Las fibras de carbono típicamente están en la gama de 5 a 10 micrómetros de ancho y de 60 a 300 micrómetros de largo.

50 Para conseguir la misma conductividad de 10 a 10.000ohm - centímetros anteriormente mencionada, se requiere una carga de entre el 10 hasta el 20% en peso lo cual las coloca entre el negro de humo de gas natural y las nanofibras de carbono en cuanto al comportamiento de la carga requerida.

55 En otra forma de realización, el material de carga 1501 utilizado en el material huésped 1502 incluye partículas de grafito. El grafito es una forma alotrópica del carbono con propiedades conductoras. Un ejemplo de un material de carga de grafito para el plástico es el polvo de grafito Conductograph a partir de SGL technologies. El grafito puede ser utilizado tanto en forma de polvo, fabricado en fibras para reducir el porcentaje de la carga del material decarga, o combinado con níquel para formar un compuesto de grafito y níquel tal como lo fabrica Westaim Ambeon de Alberta, Canadá. El grafito es también relativamente inerte químicamente lo cual es ventajoso para utilizarlo en la tubería para medir los VOC. Utilizando un material de carga compuesto de grafito y níquel por ejemplo para llegar a la resistividad de volumen de 10 a 10.000 ohm - centímetros mencionada anteriormente se requiere una carga de aproximadamente el 40 al 50% en peso del compuesto de grafito, colocándolo en el extremo superior de los requisitos de carga con respecto a los materiales a base de carbono descritos antes.

65

Las propiedades químicas deseables del material huésped 1502 incluyen la flexibilidad así como el que sea un material inerte que no desprenda gases, o que actúe como un material sorbente para cualquiera de los parámetros deseados del aire que se van a medir con el sistema de muestreo del aire tales como los VOC. Esta capacidad de tener bajos niveles de sorción o desorción es deseable para un muestreo del aire preciso de muchos gases o vapores. Por ejemplo, el plástico de polietileno de baja densidad (LDPE) Dekoron™ comúnmente utilizado para los tubos neumáticos que tanto es un adsorbente como absorbente de VOC y no es un material huésped adecuado si se van a medir los VOC. De forma similar, si la humedad es de interés el material necesita ser hidrofóbico de modo que el tubo no adsorba o absorba o desorba vapor de agua lo cual podría comprometer la precisión de las mediciones de la humedad o la temperatura de puntos de rocío bajos. Por ejemplo, para medir los puntos de rocío bajos, no se prefieren algunos tipos de nailon puesto que pueden introducir demoras severas en el sistema de medición debido al largo retraso potencial en el establecimiento de una posición de equilibrio, potencialmente tardando días en alcanzar un valor de equilibrio final. También es útil que el material huésped sea impermeable a los gases tales como CO₂, el CO y otros gases o vapores de interés. Además, ciertos materiales anfitriones 1502 pueden ser incompatibles con algunos tipos de sensores de parámetros del aire. Por ejemplo, la familia de sensores de semiconductor de óxidos de metal mezclado que son utilizados para detectar una gama de compuestos tales como los VOC, CO, ozono e hidrocarburos se pueden contaminar o ver seriamente afectados por el contacto con los vapores de silicona. También es deseable una buena resistencia a la corrosión de modo que el aire contaminado con ciertos gases o agentes corrosivos no afecte al revestimiento del conjunto de tubos de muestreo los cuales podrían liberar partículas o podrían afectar al acabado de la superficie de la pared interior. Finalmente, el material huésped 1502 debe tener propiedades tales que el material de carga a base de carbono pueda ser fácilmente mezclado y compuesto en el interior de la mezcla anfitriona para producir una mezcla combinada que tenga una dispersión uniforme del material de carga para una buena conductividad superficial.

El fluoropolímero PVDF (fluoruro de polivinilideno) también conocido como Kynar® es una elección ejemplar del material huésped 1502 que tiene una buena combinación de adsorción y desorción extremadamente bajas, resistencia a la corrosión, impermeabilidad al vapor de agua y los gases, flexibilidad, resistencia a la corrosión y compatibilidad con materiales de carga a base de carbono. También es menos caro que algunos otros materiales anfitriones que tienen características similares y su moderada temperatura de fusión lo hace más fácil y poco caro de extruir o moldear. Otros materiales anfitriones adecuados incluyen, pero no están limitados a ellos, otros plásticos y resinas de fluoropolímeros tales como PTFE, FEP, PFA, PEEK, EFTE, CTFE, ECTFE, MFA, THV y PEI. Los plásticos de resinas de polímero no fluorocarbonatados también pueden ser materiales anfitriones adecuados por tener los niveles deseados de las propiedades físicas, materiales y químicas anteriores.

Las formas de realización del tubo 1500 son muy adecuadas para utilizarlas en el sistema 100 (figura 1) como la tubería 105 así como en los sistemas configurados en estrella 1300 (figura 13) como la tubería 1301, proporcionando una tubería flexible, fácil de instalar y de bajo coste con buenas propiedades de transporte de partículas junto con bajas propiedades de adsorción y absorción para permitir una medición precisa de gases, vapores o bien otros parámetros del aire. Además, el tubo en la invención 1500 se puede incorporar en el interior de un conjunto estructurado 600 (figura 6A) y 900 (figura 9) como el tubo 650, de modo que puede ser utilizado en sistemas tales como el 700 (figura 7), 800 (figura 8) y 1000 (figura 10A).

Debido a la relativamente simple construcción del tubo 1500 (figura 15), su sección transversal se puede fabricar fácilmente para que contenga una distribución uniforme de material de relleno a base de carbono, proporcionando una trayectoria conductora a partir de la superficie interior del tubo 1503 hasta su superficie exterior 1504. Esto hace el tubo 1500 altamente adecuado para utilizarlo en el interior del conjunto de cables estructurados 1100 (figura 11), permitiendo que la carga que se pueda desarrollar en la superficie interior 1503 sea conducida hacia la superficie exterior 1504 la cual, en esta forma de realización está en contacto con la pantalla 1101 que está también eléctricamente conectada al alambre de fuga 1102, que se utiliza para conducir la carga desde la tubería. Esto promueve unas buenas características de transporte de partículas en el interior del tubo 650/1500, ya que ayuda a hacer mínima la caída de partículas debido a la electroforesis.

La tubería de la invención 1500 adicionalmente puede ser utilizado como el tubo 650 en el interior de los conjuntos estructurados 600 y 900 para proporcionar potencia y comunicaciones, junto con conexiones de señal a dispositivos y sensores discretos que pueden estar ubicados en el interior de diversas salas y otras ubicaciones de monitorización a través del sistema 1300. De este modo, la tubería 1500/650 puede ser aplicado en el interior de un conjunto 600 y 900 para facilitar las conexiones eléctricas en el interior de un sistema de muestreo de múltiples puntos 1300 que, por ejemplo, puede ser un sistema de monitorización de un refrigerante o bien de otro gas tóxico adaptado para soportar también dispositivos remotos, tales como sensores de temperatura y otros sensores y dispositivos discretos, ubicados en los puntos terminales 1308 (figura 13).

La figura 16 es una ilustración de una forma de realización de una tubería 1600 que es una coextrusión compuesta de una capa interior compuesta conductora 1602 que está extruida encima con una capa de camisa adecuada 1601. En una forma de realización, la capa interior 1602 incluye un material huésped de fluoruro de polivinilideno (PVDF) 1604, también conocido por el nombre comercial de Kynar®, que está impregnado con material a base de carbono 1605. Otros materiales anfitriones adecuados incluyen, pero no están limitados a ellos, otros plásticos y resinas de fluoropolímeros tales como PTFE, FEP, PFA, PEEK, EFTE, CTFE, ECTFE, MFA, THV y PEI.

La capa de la camisa exterior 1601 puede estar compuesta de diversos plásticos, dependiendo de que se puedan enlazar adecuadamente al material huésped 1604 de la capa interior 1602. En una forma de realización, la capa de la camisa exterior 1601 está compuesta de un fluoruro de polivinilideno no cargado (material que no es a base de carbono) y la capa interior 1602 está compuesta de un nanotubo de carbono impregnado con fluoruro de polivinilideno. Otros materiales de carga de la capa interior adecuados incluyen otros materiales a base de carbono tales como negro de humo de gas natural, nanofibras de carbono o fibras de carbono. Una ventaja del tubo de la forma de realización 1600 de la figura 16 es que su coste del material es inferior que aquél del tubo 1500 de la figura 15 puesto que, para un tubo 1600 provisto de una sección transversal comparable a aquella del 1500, se requiere menos material a base de carbono. Esto puede ser deseable puesto que habitualmente, los nanotubos de carbono son mucho más caros por peso que la mayor parte de los plásticos.

El tubo 1600 puede estar fabricado con cualquier dimensión práctica para cubrir las necesidades de una aplicación particular. Sin embargo, se prefiere que el diámetro exterior del tubo 1600 sea un tamaño normal que pueda ser sostenido por cualquier accesorio del estilo de conexión rápida comercialmente disponible, tal como el John Guest Super Speedfit®. Aunque el tubo puede estar fabricado con casi cualquier tamaño, dos tamaños normales del diámetro exterior del tubo son 5/16 de pulgada (0,79 cm) y 3/8 de pulgada (0,95 cm). En una forma de realización, en la que el diámetro exterior del tubo 1600 es aproximadamente 3/8 pulgadas (0,25 cm) el diámetro interior variará desde aproximadamente 1/4 de pulgada (0,64 cm) hasta aproximadamente 5/16 de pulgada (0,79 cm). En una forma de realización ejemplificativa en la que el diámetro exterior del tubo 1600 es aproximadamente 5/16 de pulgada (0,79 cm), en su diámetro interior es aproximadamente 1/4 de pulgada (0,64 cm).

Se apreciará que el grosor de la capa interior 1603 puede ser cualquier valor práctico para cubrir las necesidades de una forma de realización particular. Sin embargo, como se ha descrito antes en este documento, puede ser beneficioso minimizar el grosor 1603 de la capa interior de 1602 de modo que se reduzca el coste global del tubo 1600. Un grosor ejemplar 1603 para la capa interior 1602 es aproximadamente 0,010 pulgadas (0,025 cm) con otros grosores adecuados variando desde aproximadamente 0,005 pulgadas (0,013 cm) hasta aproximadamente 0,030 pulgadas (0,076 cm) de grosor. Se apreciará que puede ser ventajoso fabricar el diámetro interior del tubo compatible con los accesorios con lengüetas normales (1/4 de pulgada (0,69 cm), 5/16 de pulgada (0,79 cm), 6 mm), ya que esto presenta un modo alternativo de interconectar piezas de tubo en el interior de un sistema. Además, si los accesorios con lengüetas son eléctricamente conductores, tal como los accesorios de bronce o acero inoxidable, se puede efectuar una conexión eléctrica entre diversas secciones y componentes del sistema, lo cual puede ayudar a minimizar la creación de carga a lo largo de las longitudes del tubo y por lo tanto potencialmente promover un mejor rendimiento del transporte de partículas.

Las formas de realización del tubo 1600 son altamente adecuadas para utilizarlas en el sistema 100 como la tubería 105 así como en sistemas configurados en estrella 1300 como el tubo 1301, proporcionando un tubo flexible, fácil de instalar y de bajo coste con buenas propiedades de transporte de partículas junto con unas bajas propiedades de adsorción y absorción. Además, el tubo de la invención 1600 puede estar incorporado en el interior de un conjunto estructurado 600 y 900 como el tubo 650, de modo que puede ser utilizado en sistemas tales como el 700, el 800 y el 1000.

En una forma de realización, la capa de camisa 1601 está compuesta de material plástico que está impregnado con un material eléctricamente conductor tal como un metal finamente dividido tal como por ejemplo acero inoxidable o bien otro material adecuado, tal como por ejemplo negro de humo de gas natural o bien otro material a base de carbono. Fabricando eléctricamente conductoras ambas, la capa interior compuesta 1602 y la capa de la camisa 1601, el tubo 1600 es conductor a través de su sección transversal, permitiendo que la carga en la superficie interior del tubo sea conducida a la superficie exterior del tubo. Esta forma de realización del tubo 1600 se puede aplicar como el 650 al conjunto de cable estructurado 1100 (figura 11). En una configuración de este tipo, la carga que se pueda desarrollar en la superficie interior del tubo 1600/650 es conducida a la superficie exterior del tubo, la cual está en contacto con la pantalla en 1101 que también está eléctricamente conectada al alambre de fuga 1102 que se utiliza para conducir la carga alejándola del tubo. Como se ha descrito, esto promueve unas buenas características de transporte de partículas en el interior del tubo 650/1600, ya que ayuda a minimizar la caída de partículas debido a la electroforesis. La ventaja de este enfoque sobre aquél de la utilización del tubo 1500 en el interior del conjunto 1100 es que, para la capa de la camisa 1601, se puede utilizar un material de carga conductor de coste más bajo con menos requisitos críticos que aquellos requeridos para la capa interior 1603. Por lo tanto para áreas de la sección transversal del tubo determinada se requieren menos materiales de carga conductores más caros tales como los nanotubos de carbono a fin de hacer el tubo que sea conductor a través de su sección transversal.

El tubo de la invención 1600 puede ser además utilizado como el tubo 650 en el interior de los conjuntos estructurados 600 y 900 para proporcionar potencia y comunicaciones, junto con conexiones de señal a dispositivos y sensores discretos que pueden estar ubicados en el interior de diversas salas y otras ubicaciones de monitorización a través del sistema 1300. De este modo, el tubo 1600/650 se puede aplicar en el interior de un conjunto 600 y 900 para facilitar las conexiones eléctricas en el interior del sistema de muestreo de múltiples puntos 1300 que, por ejemplo, puede ser un sistema de monitorización de un refrigerante o bien de otro gas tóxico

adaptado para soportar también dispositivos remotos, tales como sensores de temperatura o bien otros sensores y dispositivos discretos, ubicados en puntos terminales 1308.

- 5 Un experto en la materia apreciará las características y ventajas adicionales de la invención sobre la base de las formas de realización descritas anteriormente. Por lo tanto, la invención no está limitada por lo que ha sido particularmente representado y descrito, excepto por lo que se indica mediante las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de muestreo de aire (100, 700, 800, 1000, 1300) que comprende:
- 5 un juego de sensores (107, 702, 1002, 1304) para medir por lo menos una característica de una muestra de aire;
unas válvulas de admisión de aire (103, 1003, 1302) para conmutar las muestras de aire; y
una tubería (105, 1500, 1600) acoplada a las válvulas de admisión de aire y una pluralidad de puntos terminales
10 desde los cuales se obtienen y se transportan las muestras de aire a través de la tubería hasta el juego de sensores,
caracterizado porque por lo menos una parte de la tubería incluye una capa interior conductora eléctricamente
(1503, 1602) para el contacto con las muestras de aire, que presentan unos nanotubos de carbono (1501) en un
material huésped (1502), de modo que la combinación del material huésped y los nanotubos de carbono minimiza la
15 adsorción, la desorción o la liberación de gases de las muestras de aire.
2. Sistema según la reivindicación 1, en el que la tubería no presenta capa exterior y únicamente la capa interior rodea el grosor entero de la pared del tubo.
- 20 3. Sistema según la reivindicación 1, en el que la tubería incluye una capa exterior que no contiene unas cantidades sustanciales de nanotubos de carbono.
4. Sistema según la reivindicación 1 en el que el material huésped es cargado con entre uno y seis por ciento en peso de nanotubos de carbono.
- 25 5. Sistema según la reivindicación 4, en el que el material huésped está realizado en un plástico de resina de fluoropolímero.
6. Sistema según la reivindicación 5, en el que el plástico de resina de fluoropolímero es un material a base de PVDF.
- 30 7. Sistema según la reivindicación 1, en el que los nanotubos de carbono son nanotubos de carbono de una sola pared.
- 35 8. Sistema según la reivindicación 1, en el que los nanotubos de carbono son nanotubos de carbono de paredes múltiples.
9. Sistema según la reivindicación 1, en el que la capa interior presenta un grosor en un intervalo desde aproximadamente 0,005 pulgadas (0,0127 cm) hasta aproximadamente 0,03 pulgadas (0,076 cm).
- 40 10. Sistema según la reivindicación 1, en el que el juego de sensores mide algún nivel de información sobre la cantidad de partículas en la muestra de aire y una o más de una medida de los VOC, del punto de rocío y del dióxido de carbono.
- 45 11. Sistema según la reivindicación 1, que incluye además por lo menos un conductor fijado a la tubería para proporcionar una o más de una señal, de una potencia y de una comunicación.
12. Sistema según la reivindicación 1, en el que la tubería forma parte de un conjunto de cable estructurado que incluye dos o más conductores.
- 50 13. Sistema según la reivindicación 1, en el que el juego de sensores incluye dos o más sensores de los parámetros del aire para medir las características múltiples de una muestra de aire.
14. Procedimiento de muestreo de aire que comprende:
- 55 la obtención de una muestra de aire a partir de una primera ubicación por medio de unas válvulas de admisión de aire (103, 1003, 1302) y una pluralidad de puntos terminales;
el transporte de la muestra de aire en una tubería (105, 1500, 1600) acoplada a las válvulas de admisión de aire y una pluralidad de puntos terminales hasta una segunda ubicación que presenta un juego de sensores, en el que por lo menos una parte de la tubería incluye una capa interior eléctricamente conductora (1503, 1602), para el contacto con las muestras de aire, que presenta nanotubos de carbono en un material huésped, la combinación del material huésped y los nanotubos de carbono minimiza la adsorción, la desorción y/o la liberación de gases de las muestras de aire;
60 en la segunda ubicación, la medición de por lo menos una característica de la muestra de aire.
- 65

15. Procedimiento según la reivindicación 14, en el que el juego de sensores incluye dos o más sensores de los parámetros del aire para medir las múltiples características de una muestra de aire.

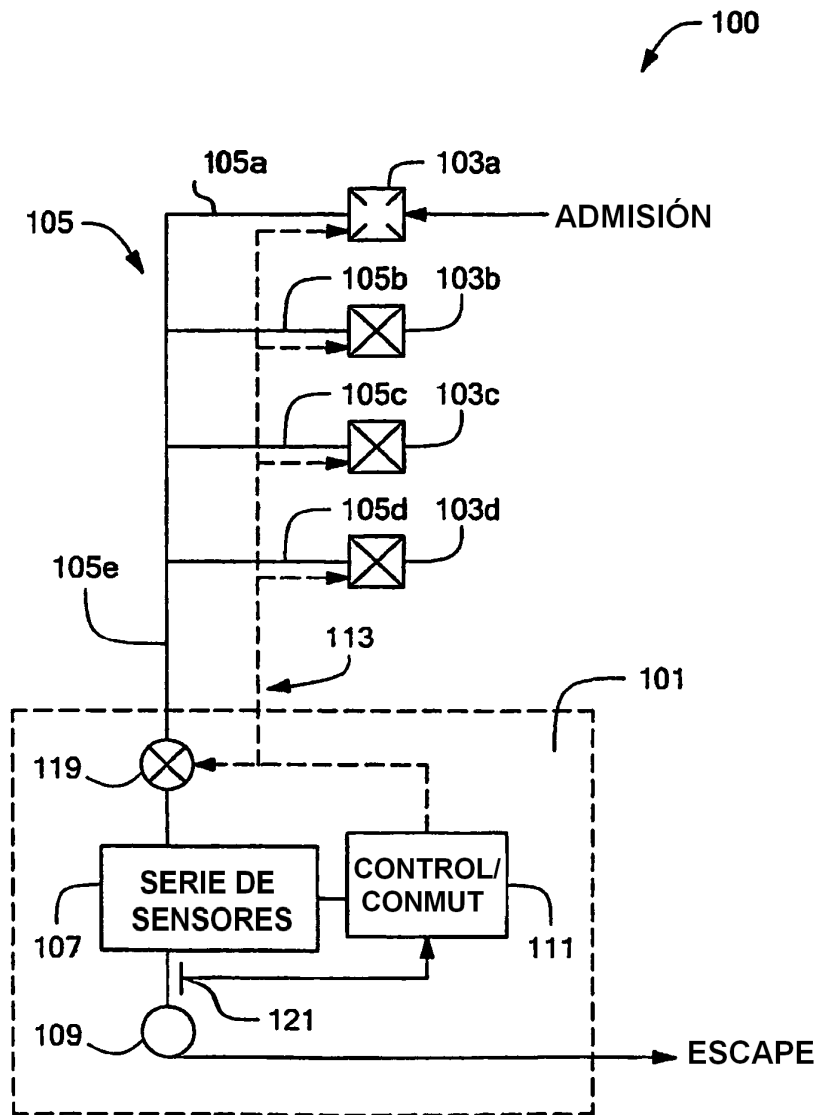


FIG. 1

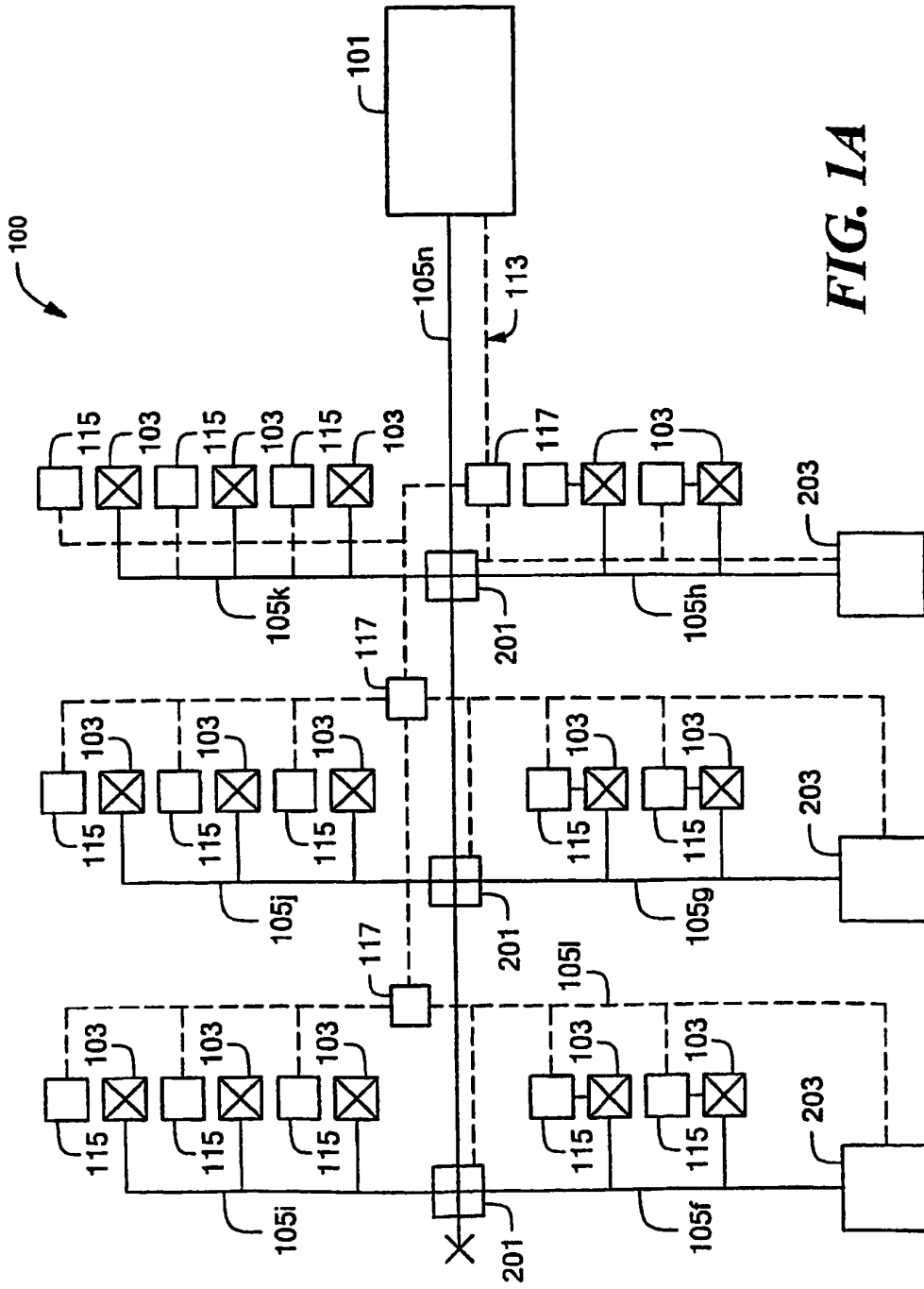


FIG. 1A

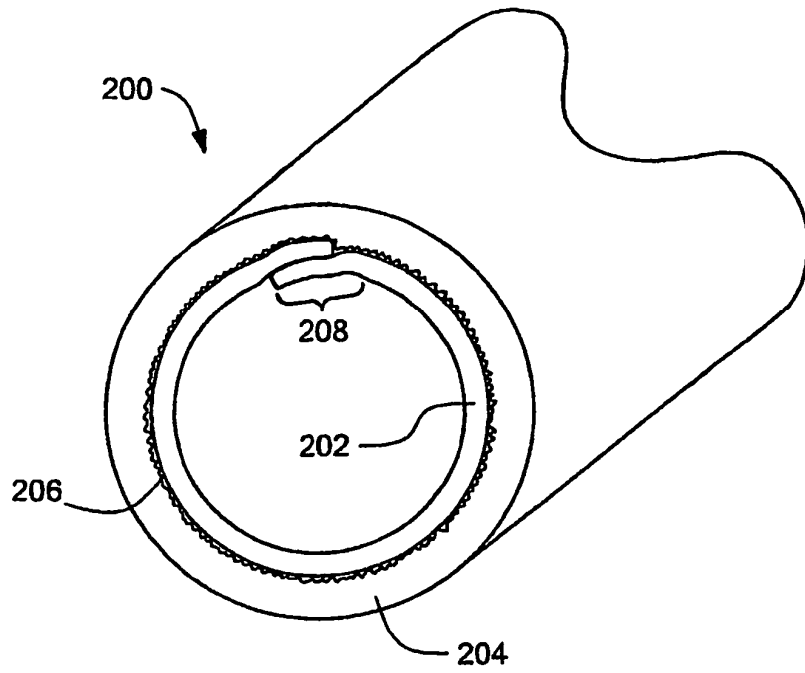


FIG. 2

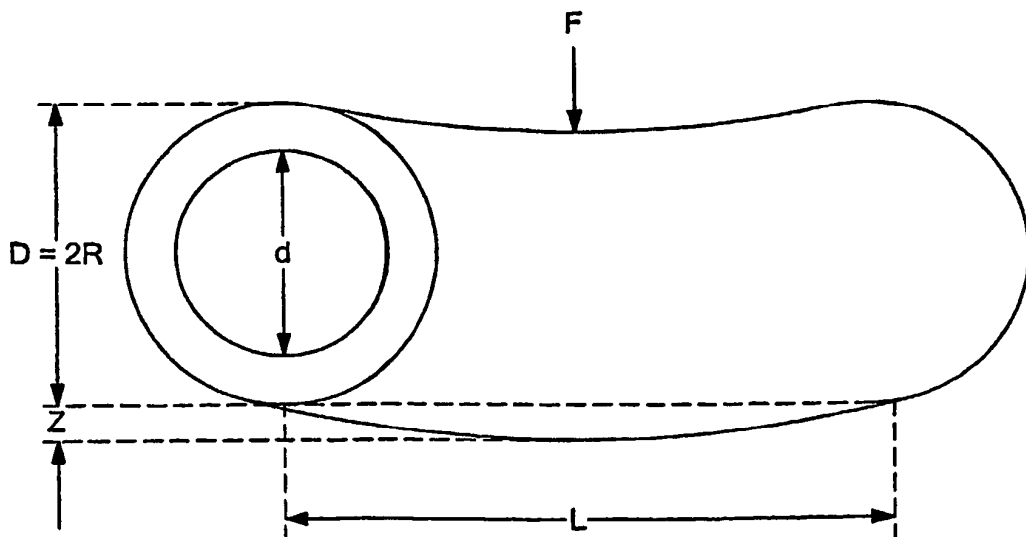


FIG. 2A

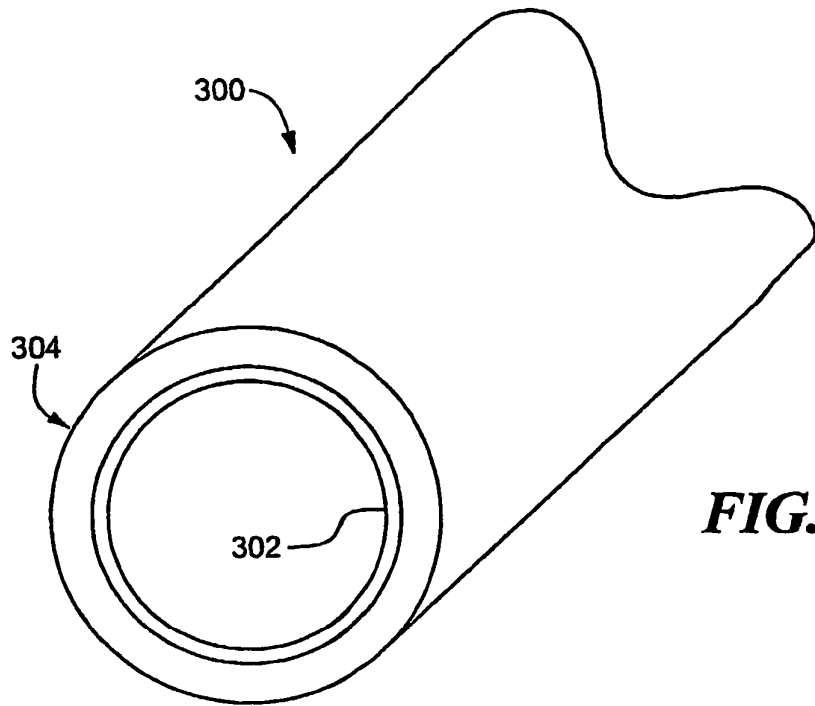


FIG. 3A

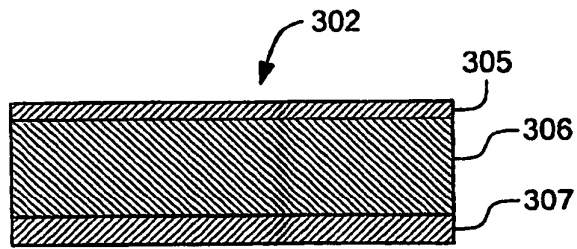


FIG. 3B

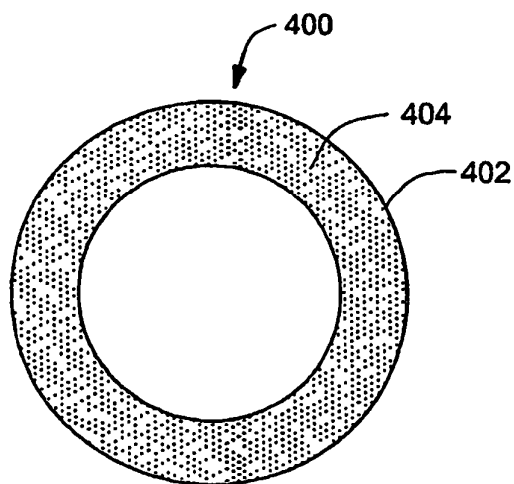


FIG. 4

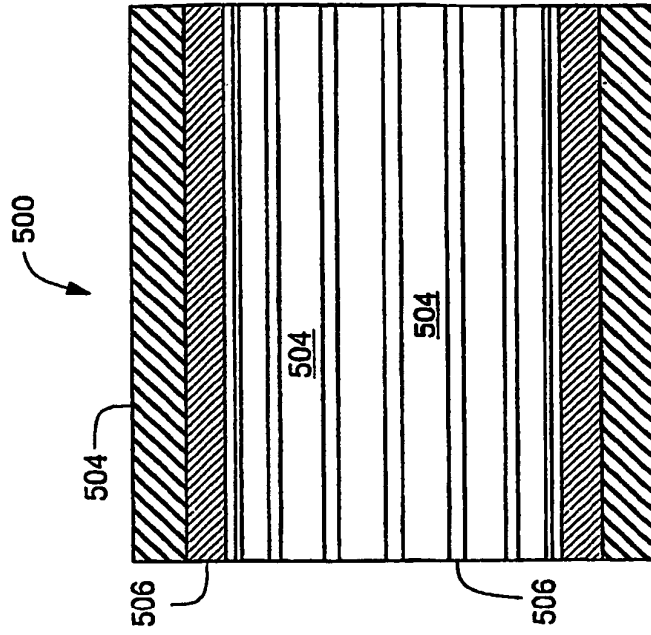


FIG. 5B

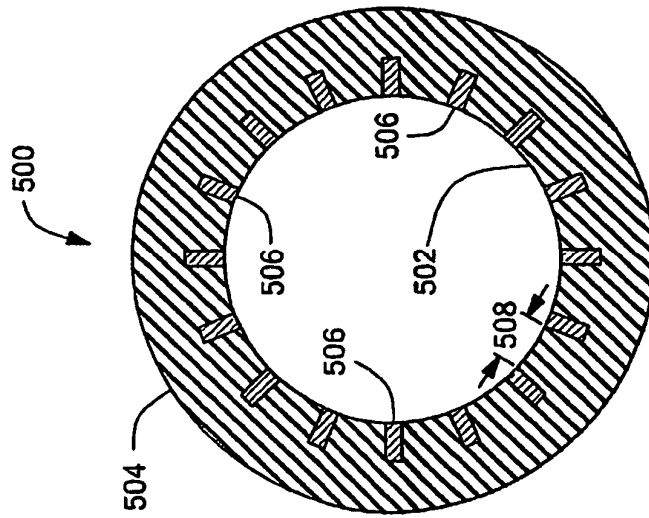


FIG. 5A

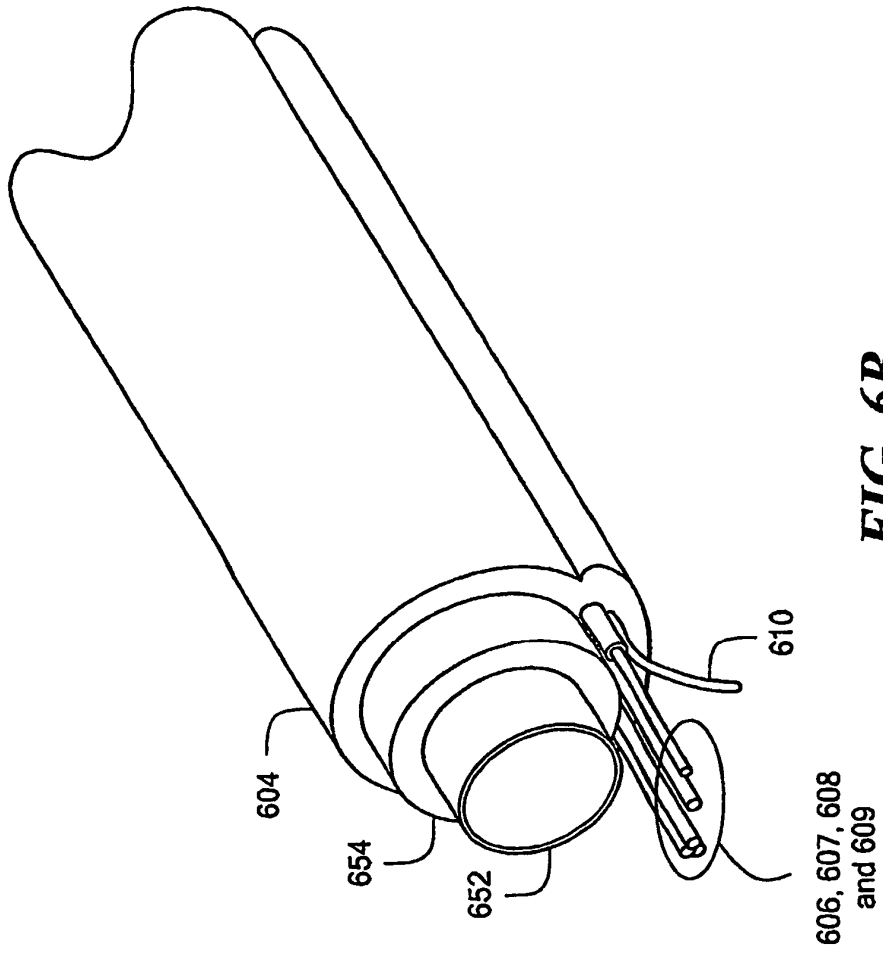


FIG. 6B

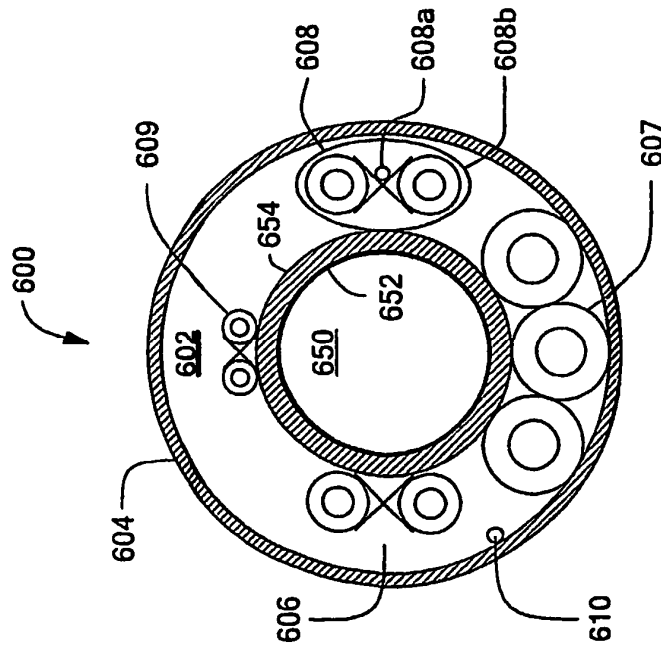


FIG. 6A

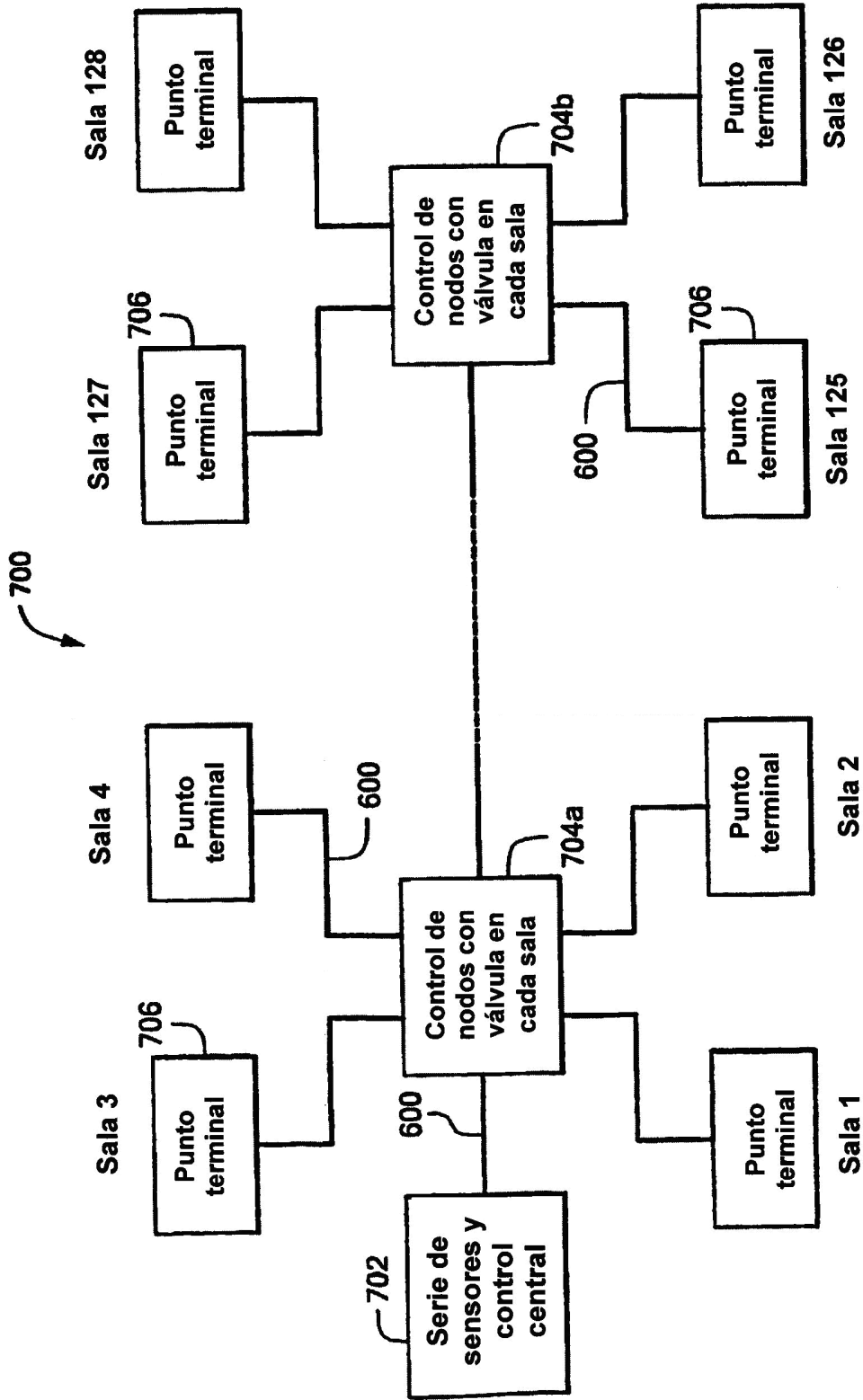


FIG. 7

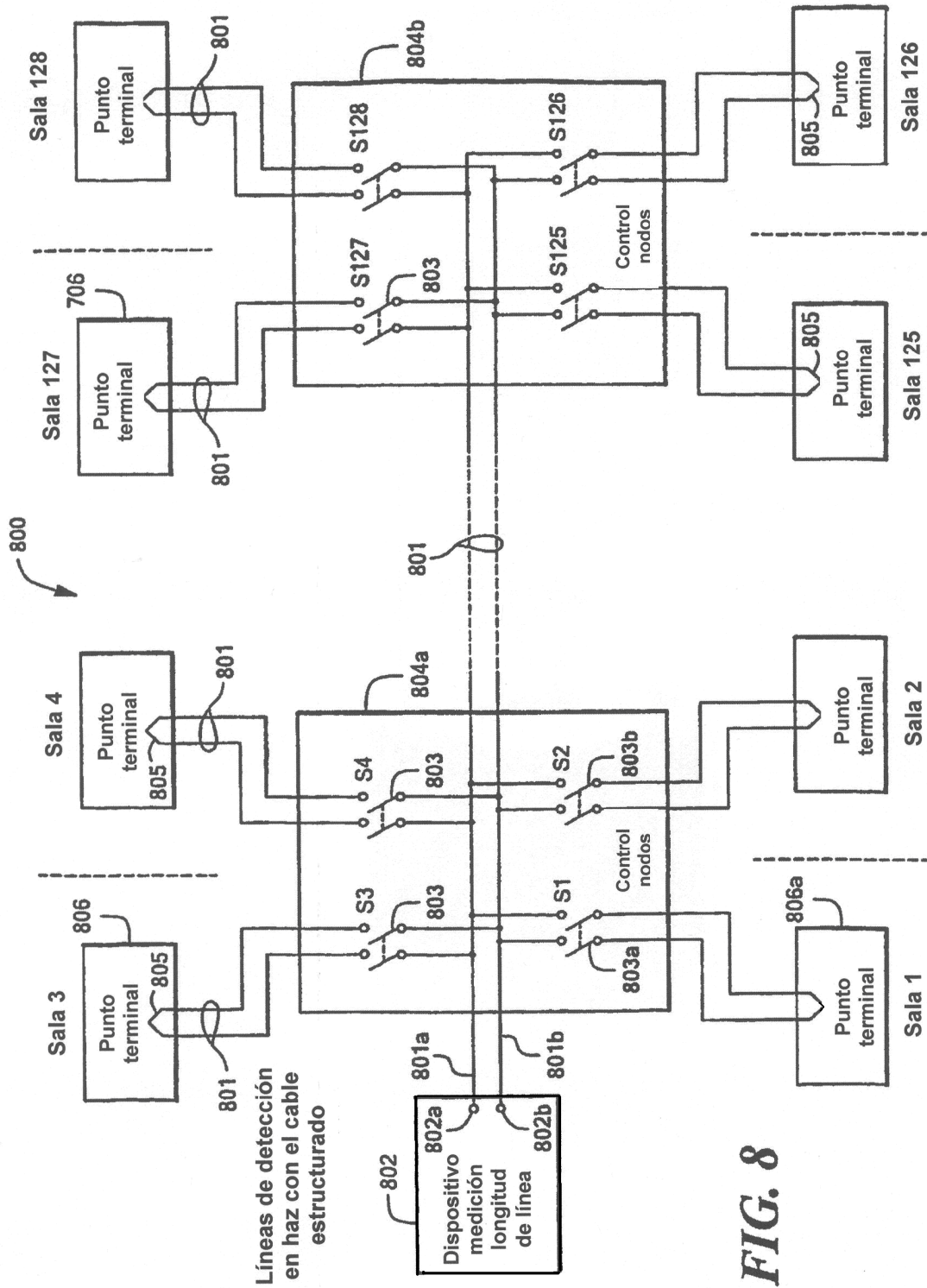


FIG. 8

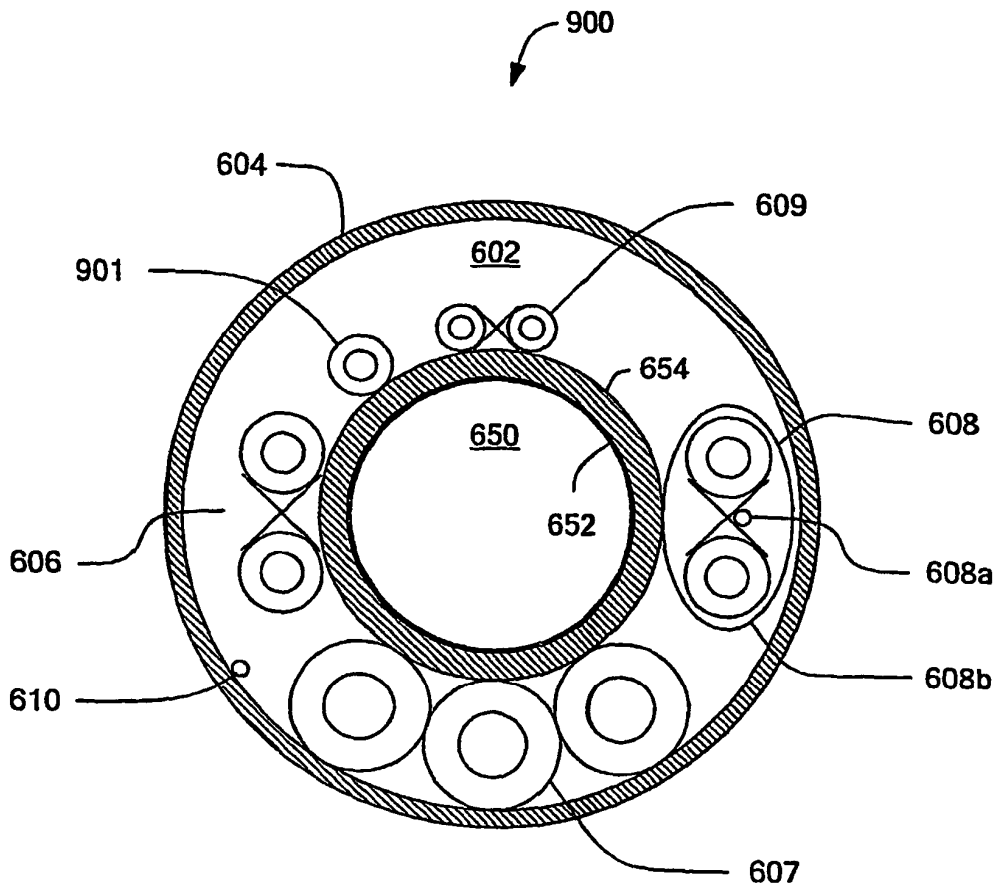


FIG. 9

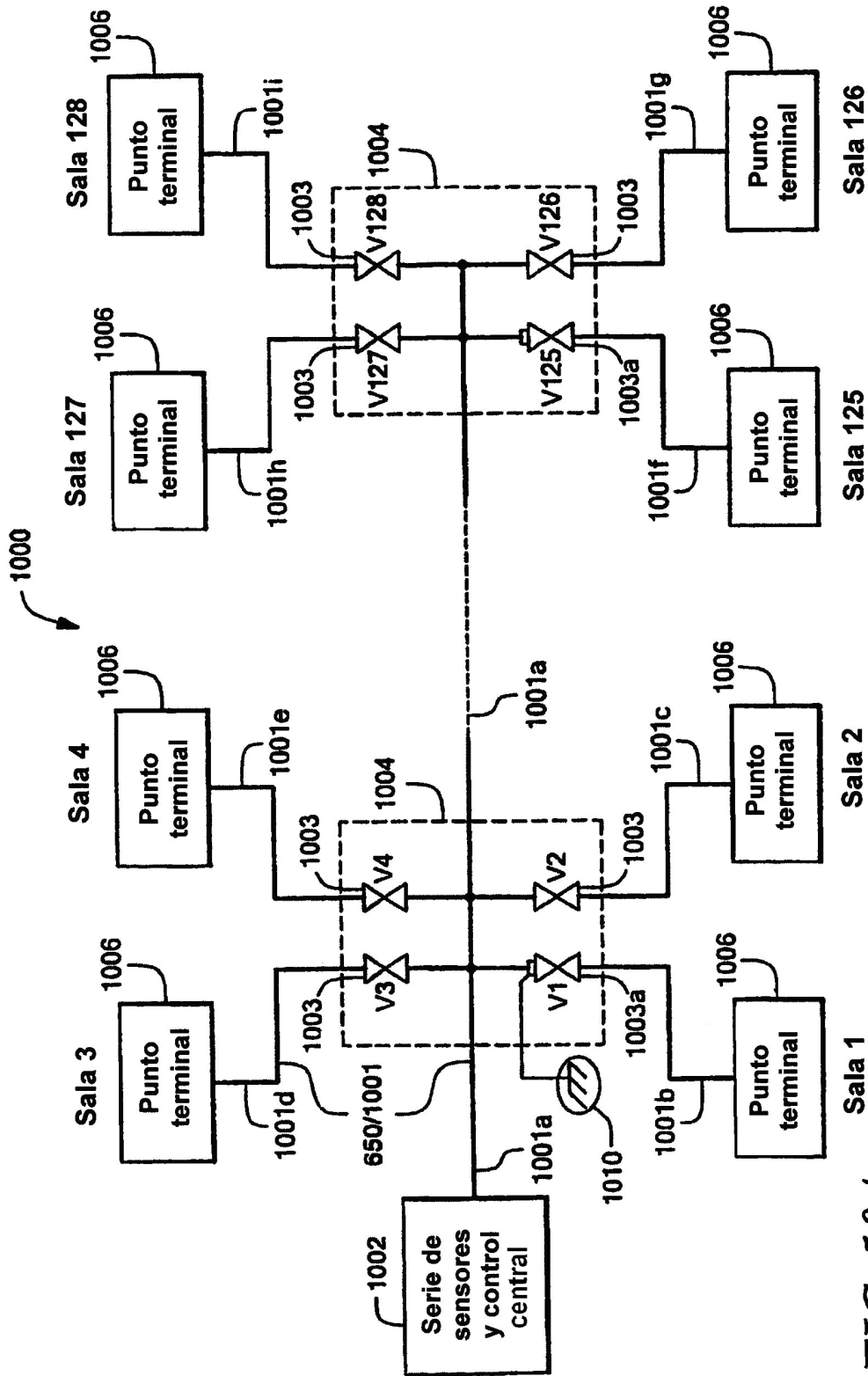


FIG. 10A

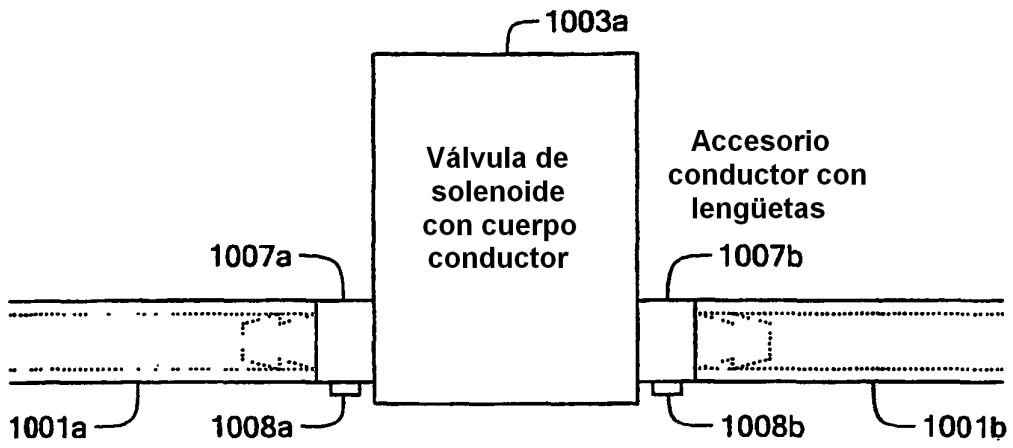


FIG. 10B

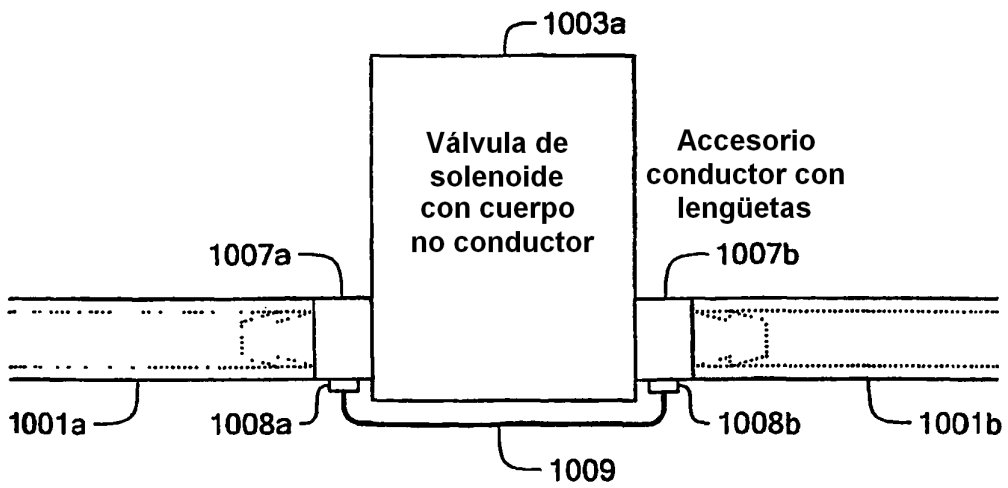


FIG. 10C

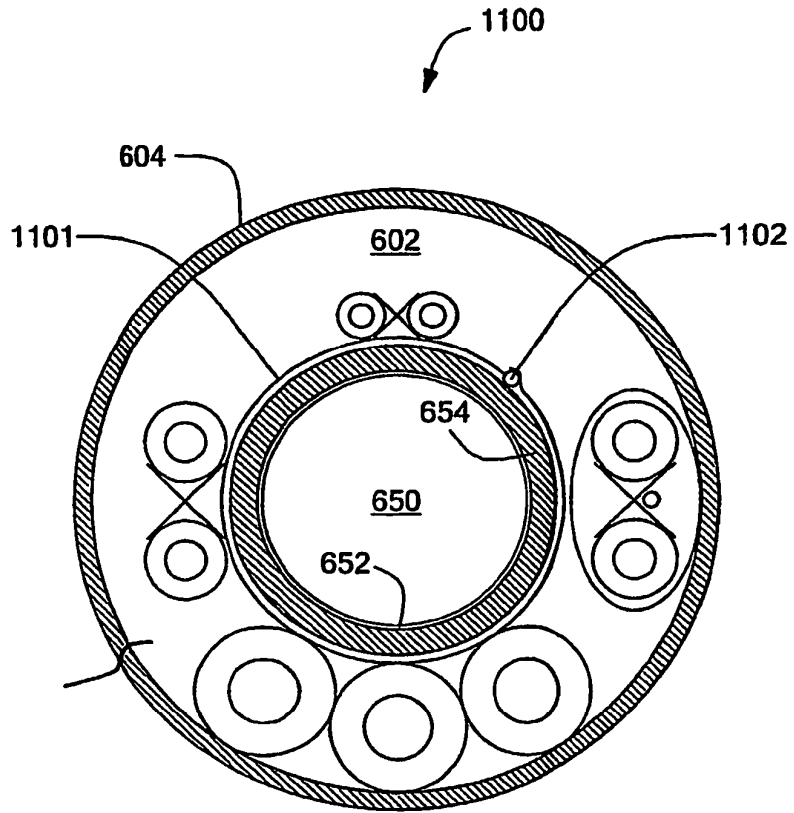


FIG. 11

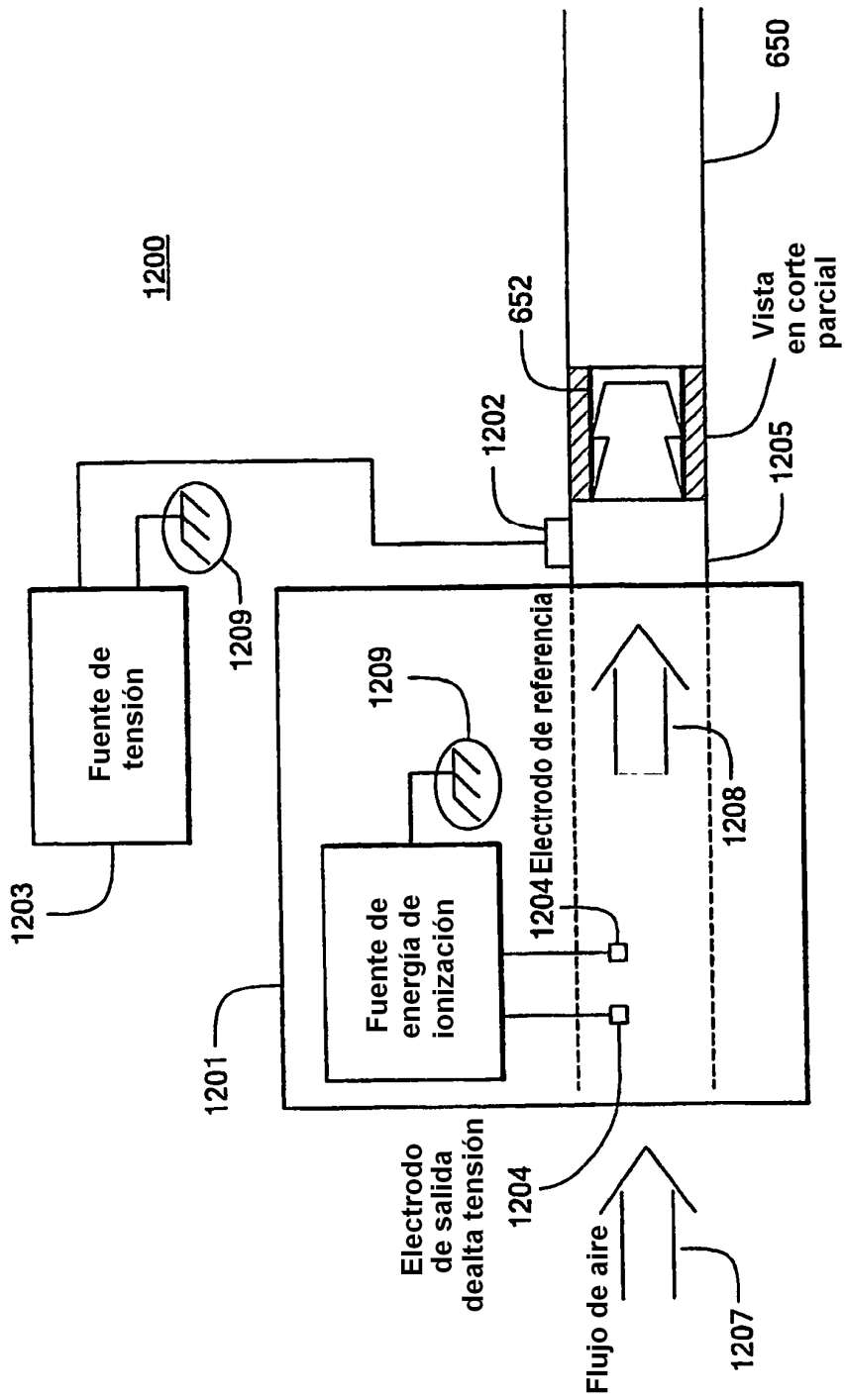


FIG. 12

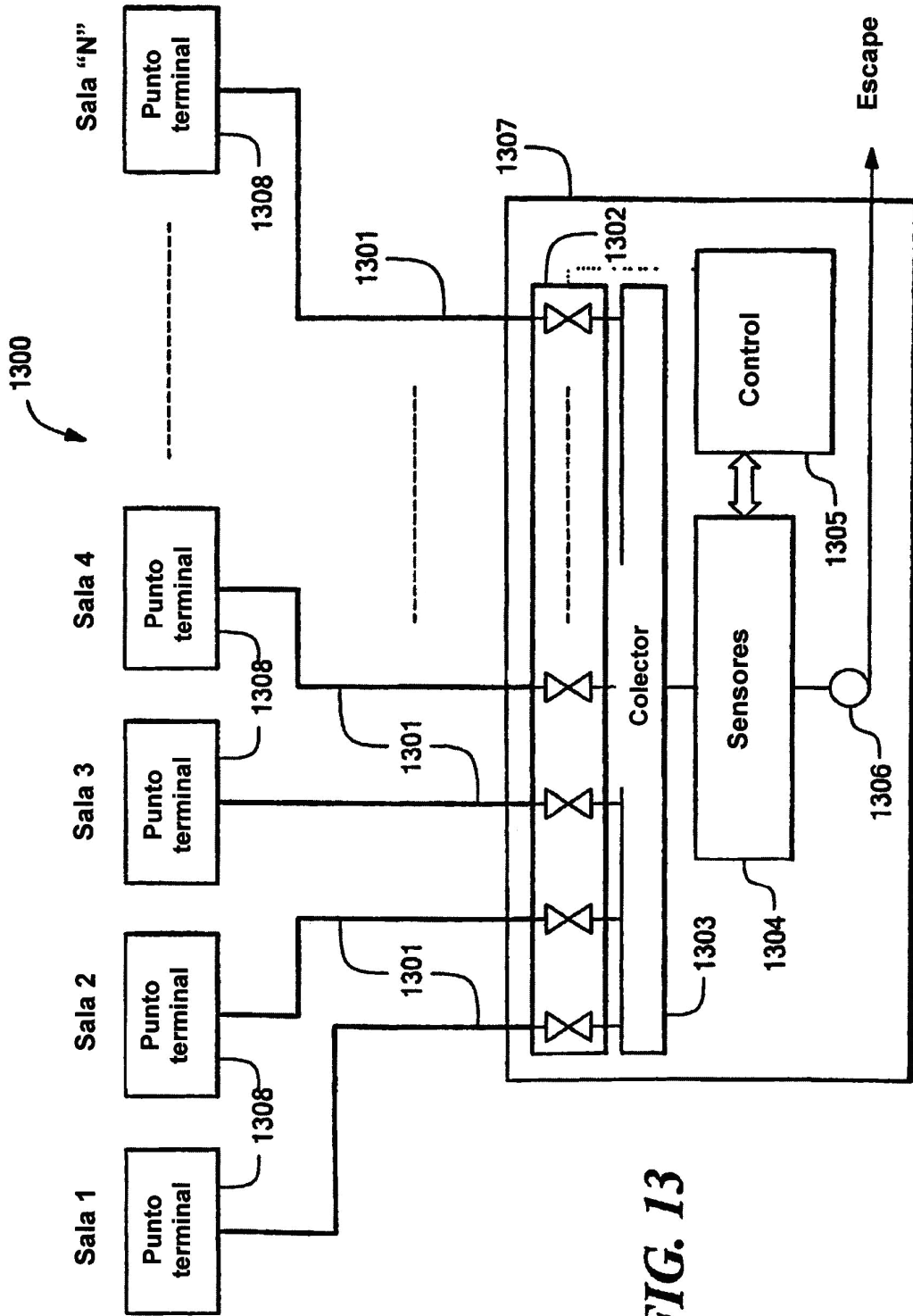


FIG. 13

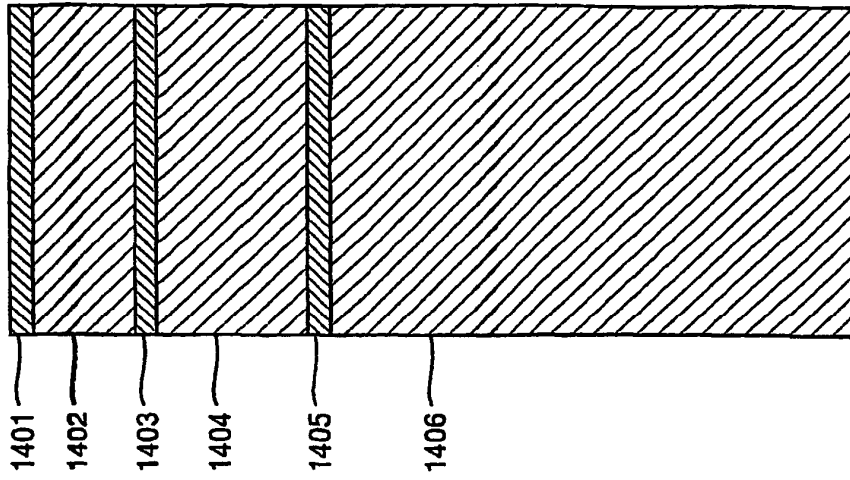


FIG. 14B

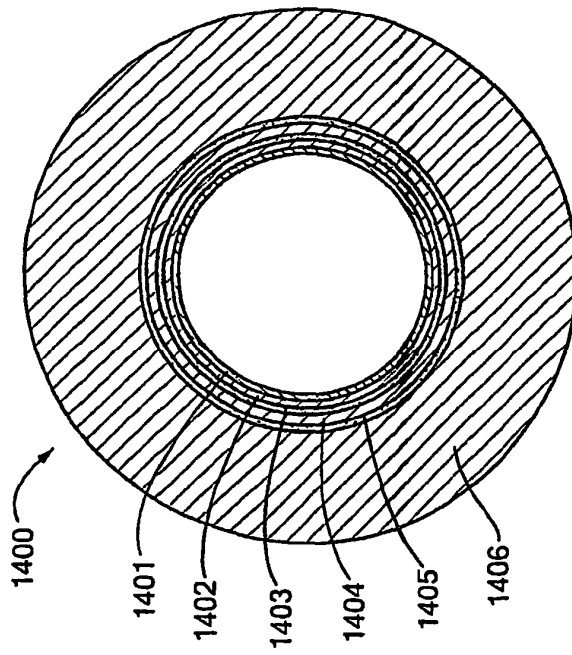


FIG. 14A

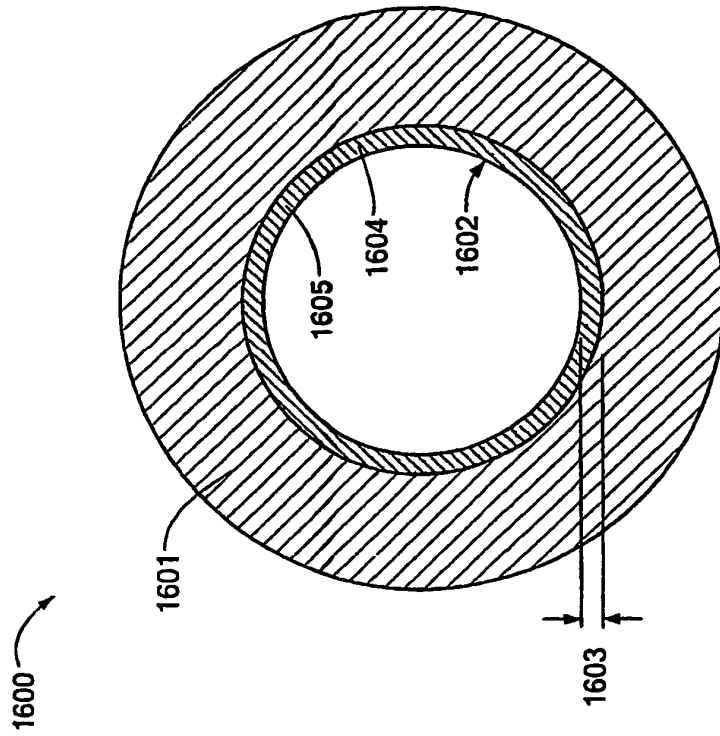


FIG. 15

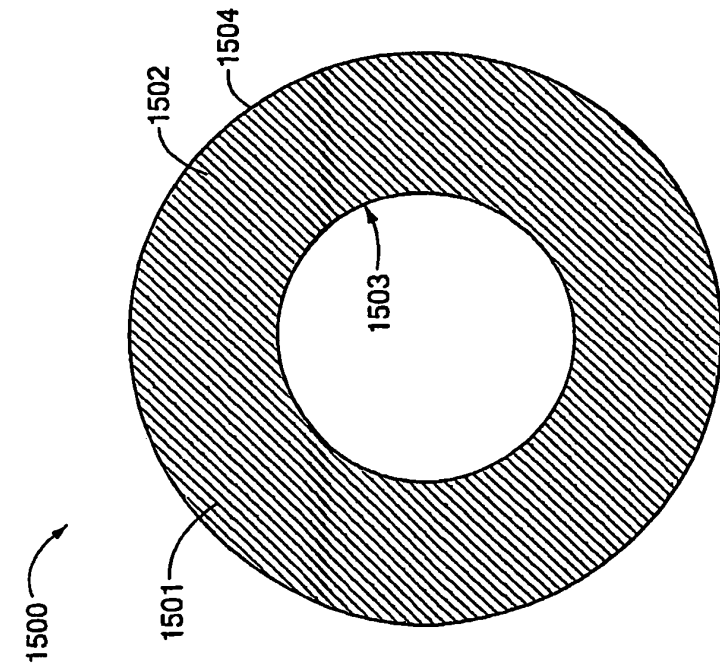


FIG. 16