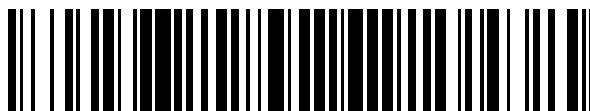


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 784 488**

51 Int. Cl.:

G01N 21/53 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.10.2005** **E 05110125 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2020** **EP 1659394**

54 Título: **Sistema de medición de turbidez**

30 Prioridad:

18.11.2004 US 990532

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

28.09.2020

73 Titular/es:

**ECOLAB USA INC. (100.0%)
1 Ecolab Place
St. Paul, MN 55102, US**

72 Inventor/es:

**SKIRDA, ANATOLY;
OWEN, CHRISTOPHER J.;
CHRISTENSEN, WILLIAM y
TOKHTUEV, EUGENE**

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 784 488 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 medición de turbidez

5 Antecedentes de la invención

Campo de la invención

10 La invención se refiere generalmente a un sistema para medir la turbidez de los líquidos y, más particularmente, a un sistema que incluye una cámara para recibir un líquido de muestra, una cubierta para cubrir la cámara; y una unidad de sensor con su parte inferior sumergido en el líquido de muestra.

Descripción de las técnicas relacionadas

15 Los sensores de turbidez miden las materias suspendidas en agua que interfieren con el paso de la luz a través del agua o en la que la profundidad visual está restringida. La turbidez puede ser causa de una amplia variedad de materiales suspendidos, como la arcilla, el limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, compuestos orgánicos con color solubles, plancton y otros organismos microscópicos y sustancias similares. La turbidez en el agua tiene implicaciones para la salud pública debido a las posibilidades de bacterias patógenas encerradas en las partículas y que, por lo tanto, escapan de los procesos de desinfección. Las cantidades excesivas de turbidez también hacen que el agua sea estéticamente desagradable. La turbidez del agua es muy importante para evaluar la eficiencia del tratamiento del agua y de los procesos de limpieza del agua. La unidad de medida es la unidad nefelométrica de turbidez (NTU). Un instrumento llamado nefelómetro mide la turbidez mediante la medición de la cantidad de luz que se dispersa en un ángulo. El instrumento se calibra mediante el uso de muestras de una solución estándar, como la formacina, un polímero sintético. Con un procedimiento estandarizado para preparar la solución estándar de formacina con turbidez de 4000 NTU, todos los demás estándares con diferentes NTU se pueden preparar al diluir proporcionalmente la solución estándar. El agua potable no debe tener turbidez por encima de 1 NTU, aunque generalmente los valores de hasta 5 NTU se consideran seguros. Fuera de los EE. UU. esta unidad generalmente se llama FNU (unidad nefelométrica de formacina).

30 La invención se centra en la medición de la turbidez en línea del agua antes y después del procesamiento en las instalaciones de limpieza o tratamiento del agua. Hay dos exigencias de normas para la medición de turbidez que generalmente se usan en todo el mundo. Estas son la Norma Internacional ISO 7027 (Calidad del agua - Determinación de la turbidez, Norma Internacional, Tercera edición, 1999-12-15) y la USEPA 180.1 (Método nefelométrico 2130 B, Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales, 1989). Ambos métodos miden la intensidad de la luz que se dispersa a 90° con respecto a la trayectoria de la luz incidente. La exigencia de la norma ISO es más estricta y requiere el uso de una fuente de luz monocromática. Esta es una necesidad de una mayor reproducibilidad de los valores medidos y de un mayor acuerdo entre los instrumentos de medición existentes, como los que proporciona OMEGA Engineering, Inc. (Stamford, Connecticut, EE. UU.).

40 La patente de los Estados Unidos No. 6,324,900 describe un sensor de turbidez con la capacidad de limpiar las superficies de interfaz sumergidas en agua. Este sensor funciona mediante la medición de la luz que se dispersa bajo un ángulo de 90 grados. El sensor tiene lentes convergentes de enfoque que se colocan a una distancia de las piezas de la interfaz. Tal diseño óptico produce un haz divergente en el área analítica. También describe otra modalidad con las piezas de la interfaz hechas de fibra óptica. Ambas modalidades no logran proporcionar la convergencia del haz óptico como se especifica en la norma internacional ISO 7027.

50 Los sensores de turbidez descritos en la patente de los Estados Unidos No. 5,350,922 y la patente de los Estados Unidos No. 4,841,157 usan fuentes de luz LED para operar con un rango amplio de ángulos de dispersión en lugar de a 90°, y sus diseños ópticos son significativamente diferentes de los requerimientos de la norma ISO 7027.

55 La publicación de la solicitud de patente de los Estados Unidos No. 2003/0214653 describe un turbidímetro que tiene una disposición de superficies internas, superficies ópticas y restricciones ópticas al campo de visión, tanto de los medios de iluminación como a los de detección, para mejorar el límite de detección inferior del turbidímetro al reducir la señal detectada debido a la luz parásita. Sin embargo, este tiene un par de canales paralelos, en lugar de dos canales en ángulo con un respectivo eje inclinado con una ventana en paralelo con la parte inferior del sensor. Además, sus trampas de luz no sirven como entrada de fluido. Adicionalmente, solo tiene un fotodiodo para cubrir un rango de prueba. Por otra parte, no cumple con la EPA 180.1 ya que no usa ninguna lámpara de tungsteno como una fuente de luz. Tampoco cumple con la ISO 7027 ya que el ángulo entre el haz de excitación y la luz dispersada medida no está en el rango de $90 \pm 2,5^\circ$, como se especifica en la ISO 7027.

60 El documento GB 1281342 describe un sistema de medición de turbidez que comprende una cámara con al menos una entrada y al menos una salida, una pared de extremo para cubrir la cámara, una unidad de sensor montada en la cubierta que incluye una carcasa hermética al agua que se coloca debajo de la superficie del líquido en la cámara cuando la unidad de sensor está en uso, una fuente de luz y un detector de luz.

65

El documento US2003/117623 describe un sistema de medición de turbidez que comprende un primer y un segundo dispositivo de enfoque de la luz para enfocar una luz emitida desde la fuente de luz y pasar a través de los dispositivos hacia la muestra de líquido, un procesador para convertir las señales electrónicas en unidades de medición de turbidez y dos canales de forma cilíndrica para alojar el primer y el segundo dispositivo de enfoque respectivamente, en donde los canales están inclinados simétricamente lejos de la parte inferior de la carcasa hermética al agua en un ángulo.

Resumen de la invención

Es un objetivo de la presente invención mejorar la sensibilidad de un sensor óptico industrial para medir la turbidez y proporcionar un diseño óptico que permita instalar una lámpara incandescente de acuerdo con la EPA 180.1 o instalar un LED infrarrojo de acuerdo con la ISO7027.

Es un objetivo de la presente invención proporcionar un sensor de turbidez que se pueda usar con dos fuentes de luz reemplazables para cumplir con los métodos tanto de la EPA 180.1 como de la ISO 7027.

Es otro objetivo de la presente invención mejorar el rango de medición de un sensor de turbidez para proporcionar varios canales ópticos con diferentes sensibilidades.

Es otro objetivo de la presente invención mejorar una cámara de la muestra para que el sensor de turbidez elimine la luz parásita y disminuya la acumulación de partículas y burbujas durante la operación. Otro objetivo de la presente invención es mejorar un sistema de medición de turbidez con un tiempo de respuesta más rápido o disminuir la velocidad de flujo con un tiempo de respuesta idéntico al de la técnica anterior.

Otros objetivos y ventajas de la presente invención se evidenciarán a partir de la siguiente descripción detallada.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1A muestra una vista en sección transversal de una primera modalidad de un sensor de turbidez de acuerdo con la invención.

La figura 1B muestra el diagrama de bloques de una unidad controladora del sensor de turbidez que se muestra en la figura 1A.

La figura 2A muestra una vista en sección transversal de una unidad de sensor del sensor de turbidez mostrado en la figura 1A; la figura 2B muestra una vista en sección transversal de la unidad de sensor mostrada en la figura 2A tomada a lo largo de la línea I-I.

La figura 3A muestra una vista lateral de una primera modalidad de una unidad de fuente de luz del sensor de turbidez mostrado en la figura 1A; la figura 3B muestra otra vista lateral de la primera modalidad de la unidad de fuente de luz mostrada en la figura 3A.

La figura 4A muestra una vista lateral de una segunda modalidad de una unidad de fuente de luz del sensor de turbidez mostrado en la figura 1A; la figura 4B muestra otra vista lateral de la segunda modalidad de la unidad de fuente de luz mostrada en la figura 4A.

La figura 5 muestra una posible vista de una primera modalidad de una unidad detectora del sensor de turbidez mostrado en la figura 1A.

La figura 6 muestra una posible vista de una segunda modalidad de una unidad detectora del sensor de turbidez mostrado en la figura 1A.

La figura 7 muestra una posible vista de una tercera modalidad de una unidad detectora del sensor de turbidez mostrado en la figura 1A.

La figura 8 muestra una vista en sección transversal de la unidad de sensor del sensor de turbidez que se muestra en la figura 2A con solo cavidades y canales.

La figura 9 muestra una vista en sección transversal de una segunda modalidad de un sensor de turbidez de acuerdo con la invención.

La figura 10A muestra una vista en sección transversal de una segunda modalidad del sensor de turbidez mostrado en la figura 9 tomada a lo largo de la línea II---II; la figura 10B muestra una vista superior de un inserto del sensor de turbidez mostrado en la figura 9.

La figura 11 muestra una vista en sección transversal de una tercera modalidad de un sensor de turbidez de acuerdo con la invención.

La figura 12A muestra una vista en sección transversal de un soporte del extremo frontal del sensor de acuerdo con la invención; la figura 12B muestra la vista inferior del soporte; la figura 12C muestra la vista superior del soporte; y la figura 12D muestra el soporte colocado en el sensor de acuerdo con la invención.

Descripción detallada de la invención

En la figura 1A, un sensor de turbidez para analizar una muestra de fluido 2 de acuerdo con la presente invención incluye una cámara de la muestra 1, una unidad de sensor 8 y una unidad controladora 14. La cámara de la muestra 1 tiene en la porción superior un anillo de montaje 3 para insertar la unidad de sensor 8 y un pasador de posicionamiento 4, al menos una entrada 5, al menos una salida 6, un tapón 7 para liberar la muestra 2 cuando sea necesario (por ejemplo, limpieza), una tapa de la cámara 10 con las roscas 10-1 en la superficie interna que se enroscarán con las roscas 1-1 en la superficie

externa de la cámara 1, un conector de cable 11 que conecta un cable 12 a la unidad de sensor 8. El anillo de montaje 3 se puede asegurar a la cámara 1 mediante un par de tornillos 3-1. Se proporcionan algunas juntas tóricas 9 entre la cámara 1, el anillo de montaje 3 y la unidad de sensor 8 para asegurarlas y sellarlas unas contra otras. El cable 12 transfiere señales entre la unidad de sensor 8 y una unidad controladora 14 que se muestra en la figura 1B. La cámara de la muestra 1 y la tapa de la cámara 10 están hechas de un material opaco, como aluminio o el PVC negro para garantizar que el fotodiodo reciba solo la luz del medio óptico detector 29. La cámara de la muestra 1 tiene un diámetro de 72 mm y una altura de 140 mm. El anillo de montaje 3, la entrada 5, la salida 6 están hechos de PVC negro, nylon u otro plástico. Las juntas tóricas 9 están hechas de material elástico, como el caucho.

La unidad controladora 14 incluye un suministro de potencia 15, un regulador de corriente 16, una unidad de procesamiento de señal 17 colocada dentro de una carcasa del controlador 22. La carcasa del controlador 22 tiene un teclado 20, una pantalla 21 y un conector de entrada 23 que conecta el cable 12 a la unidad controladora 14. La unidad de procesamiento de señal 17 incluye una memoria 19 y un controlador 18 que convierte las señales analógicas producidas por los fotodiodos en señales digitales en NTU con base en una ecuación o una tabla de conversión almacenada en la memoria 19. La unidad de procesamiento de señal 17 puede emitir las señales externamente a través de un conector de salida analógica 25 y un conector de salida digital 26. El suministro de potencia 15 puede ser una batería o estar conectado a través de un conector de potencia 24 a una fuente de potencia externa. El suministro de potencia 15 emite una potencia de 5 VCC a la unidad detectora 30 y a través del regulador de corriente 16, el cual ajusta la corriente de salida para que sea de 228 mA, a la unidad de fuente de luz 31.

La modalidad de la unidad de sensor 8 mostrada en la figura 2 incluye un cuerpo de inmersión cilíndrico 27 para ser sumergido en la muestra de fluido 2, una cubierta del sensor 32, una unidad detectora 30 y una unidad de fuente de luz 31. El cuerpo de inmersión cilíndrico 27 (figura 8) tiene una parte inferior inclinada 27-1, una sección superior hueca 27-2 con una cavidad 102 y una sección inferior sólida 27-3 con dos cavidades cilíndricas huecas 103, 109 para alojar la unidad detectora 30 y la unidad de fuente de luz 31 en ellas respectivamente. La cubierta del sensor 32 está asegurada al cuerpo de inmersión 27 por un par de tornillos 36. El cuerpo de inmersión cilíndrico 27 está hecho de un material opaco con un diámetro de 42 mm y una altura de 108 mm. La parte inferior inclinada 27-1 está inclinada con respecto a una superficie/nivel del líquido de muestra aproximadamente 30-60 grados, y preferentemente a 39 grados, de manera que cualquier burbuja creada alrededor pueda fluir hacia arriba hacia a la superficie del líquido de muestra, en lugar de atascarse en ella. En otra modalidad, el cuerpo de inmersión cilíndrico 27 tiene una parte inferior horizontal como el sensor de turbidez descrito en la Solicitud de Patente de Estados Unidos 10/315,142. La invención aplica el mismo principio de medición descrito en la figura 1 de la Solicitud de Patente de Estados Unidos 10/315,142, es decir, medir los tránsitos de luz a través de la muestra de líquido, alcanzar el área analítica 13, y luego dispersarse en ella a $90^{\circ} \pm 2,5^{\circ}$.

El cuerpo de inmersión cilíndrico 27 está hecho de un material opaco, como el aluminio o el PVC negro para garantizar que el fotodiodo reciba solo la luz del medio óptico detector 29.

En la figura 8 la cavidad cilíndrica 103 se comunica ópticamente con un canal cilíndrico hueco 104 para alojar en este un medio óptico de fuente de luz 28 (para enfocar un haz de luz generado por la unidad de fuente de luz 31), y la cavidad cilíndrica 109 se comunica ópticamente con un canal cilíndrico hueco 105 para alojar en este un medio óptico detector 29 (para recolectar la luz dispersada por las materias suspendidas en el agua). Ambos canales 104, 105 están inclinados con relación a la parte inferior inclinada 27-1 en el mismo ángulo δ . El ángulo entre la normal a la parte inferior inclinada 27-1 y el eje del cilindro es igual a $\alpha (= 90^{\circ} - \delta)$. El ángulo de incidencia α se debe elegir de manera que el ángulo de refracción β entre la normal a la parte inferior inclinada 27-1 y la dirección del haz en el agua sea de 45° . El ángulo de incidencia α depende del índice de refracción del material usado para el medio óptico de fuente de luz 28 y el medio óptico detector 29. El ángulo de refracción β es igual a 45° si el ángulo de incidencia α corresponde a la ecuación (1).

$$\text{sen}(\alpha) = \frac{N_p \cdot \text{sen}(45^{\circ})}{N_w} \quad (1)$$

Donde N_p - índice de refracción del material usado para el dispositivo de enfoque prismático
 N_w - índice de refracción del agua

La cubierta del sensor 32 tiene en el lado superior un conector del sensor 33 y en el lado inferior un orificio o una muesca 34 para recibir el pasador de posicionamiento 4, y una hendidura cilíndrica 32-1 con una junta tórica 35 para recibir la sección superior hueca 27-2 del cuerpo de inmersión 27. La cavidad 103 tiene orificios de posicionamiento 27-4 en la parte inferior y cerca del canal 105 para recibir un par de pasadores de posicionamiento 38 de la unidad de fuente de luz 31.

El medio óptico de fuente de luz 28 tiene una ventana hermética a los líquidos 28-1 incorporada en la parte inferior inclinada 27-1 para facilitar la comunicación óptica entre la unidad de fuente de luz 31 y la muestra de líquido 2 fuera del cuerpo de inmersión 27, y el medio óptico detector 29 también tiene una ventana hermética a los líquidos 29-1 incorporada

5 en la parte inferior inclinada 27-1 para facilitar la comunicación óptica entre la unidad detectora 30 y la muestra de líquido 2 fuera del cuerpo de inmersión 27. El medio óptico de fuente de luz 28 y el medio óptico detector 29 incluyen un par de dispositivos de enfoque prismático 28-2, 29-2 mostrados en la figura 3 de la Solicitud de Patente de Estados Unidos 10/315,142. El medio óptico de fuente de luz 28 y el medio óptico detector 29 están sellados herméticos al agua mediante las juntas tóricas 106 y un compuesto de encapsulado 107. Por ejemplo, el Resinlab EP1056LC Black llevado a cabo por Ellsworth Adhesives en Germantown, WI, se puede usar como el compuesto de encapsulado 107. En otra modalidad, una lente de media bola reemplaza el dispositivo de enfoque prismático 28-2 y una lente de media bola y una lente de bola que se muestran en la figura 4 de la Solicitud de Patente de Estados Unidos 10/315,142 reemplazan el dispositivo de enfoque prismático 29-2. En consecuencia, cada uno de los canales cilíndricos 104, 105 se modifica con una cavidad medio esférica en el extremo donde se encuentra con la parte inferior inclinada 27-1.

15 La unidad de fuente de luz 31 está diseñada para ser reemplazada fácilmente. Las figuras 3-4 muestran las vistas frontal y lateral de dos modalidades de la unidad de fuente de luz 31. La fuente de luz 31 reemplazable tiene una placa de circuito impreso 37 con pasadores de posicionamiento 38 para colocar la placa impresa 37 dentro de la cavidad 103 y con un soporte de la fuente de luz 39 para sostener una fuente de luz. La fuente de luz puede ser una lámpara incandescente 41 o un LED 52 dirigido hacia el canal 104. La lámpara incandescente 42 se instala de acuerdo con la EPA 180.1 y el LED infrarrojo 52 se instala de acuerdo con la ISO 7027.

20 La detección de turbidez proporciona una indicación rápida y práctica de la cantidad relativa de sólidos en suspensión en el agua natural, pre y postprocesada. Los dispositivos analíticos para el trabajo de medición de la turbidez generalmente aplican dos tipos de fuentes de luz: las lámparas incandescentes o diodos emisores de luz infrarroja (LED). Las lámparas incandescentes con una temperatura de color especificada emiten una luz de banda ancha con el máximo en el rango visible de entre 400 nm y 600 nm. Ambos tipos de fuentes de luz tienen diferentes ventajas para diferentes aplicaciones industriales. El dispositivo unificado, el cual se puede modificar fácilmente de la lámpara incandescente al LED, permitirá optimizar el procedimiento de medición de acuerdo con las normas apropiadas.

30 En la figura 3B cuatro tornillos 40 fijan el soporte 39 a la placa de circuito impreso 37 y un par de tornillos de ajuste 44-1 fijan la lámpara incandescente 41 al soporte 39 para ajustar la posición de la lámpara incandescente 41. El soporte 39 tiene un canal 99 que tiene un filtro óptico 42 y una lente de enfoque 43 pegada en la parte superior del filtro óptico 42, el cual se asegura en el soporte 39 con un par de tornillos de ajuste 44-2. La unidad de fuente de luz 31 tiene un detector de referencia 45 debajo del soporte de la fuente de luz 39 y encima del canal 104, un conector de la fuente de luz 46 para conectar la unidad de fuente de luz 31 a una placa de circuito de detección 57 en forma de disco de la unidad detectora 30, y un regulador de señal de referencia 47. El detector de referencia 45 se dirige a aproximadamente 90 grados al eje óptico del haz de excitación generado por la lámpara incandescente 41. Las lámparas incandescentes generalmente tienen una gran variación en la intensidad de salida. Para ajustar la intensidad de salida, una lente de media bola y una lente de bola que se muestran en la figura 4 de la Solicitud de Patente de Estados Unidos 10/315,142 reemplazan el dispositivo de enfoque prismático 29-2. En consecuencia, cada uno de los canales cilíndricos 104, 105 se modifica con una cavidad medio esférica en el extremo donde se encuentra con la parte inferior inclinada 27-1.

40 La unidad de fuente de luz 31 está diseñada para ser reemplazada fácilmente. Las figuras 3-4 muestran las vistas frontal y lateral de dos modalidades de la unidad de fuente de luz 31. La fuente de luz 31 reemplazable tiene una placa de circuito impreso 37 con pasadores de posicionamiento 38 para colocar la placa impresa 37 dentro de la cavidad 103 y con un soporte de la fuente de luz 39 para sostener una fuente de luz. La fuente de luz puede ser una lámpara incandescente 41 o un LED 52 dirigido hacia el canal 104. La lámpara incandescente 41 se instala de acuerdo con la EPA 180.1 y el LED infrarrojo 52 se instala de acuerdo con la ISO 7027.

50 La detección de turbidez proporciona una indicación rápida y práctica de la cantidad relativa de sólidos en suspensión en el agua natural, pre y postprocesada. Los dispositivos analíticos para el trabajo de medición de la turbidez generalmente aplican dos tipos de fuentes de luz: las lámparas incandescentes o diodos emisores de luz infrarroja (LED). Las lámparas incandescentes con una temperatura de color especificada emiten una luz de banda ancha con el máximo en el rango visible de entre 400 nm y 600 nm. Ambos tipos de fuentes de luz tienen diferentes ventajas para diferentes aplicaciones industriales. El dispositivo unificado, el cual se puede modificar fácilmente de la lámpara incandescente al LED, permitirá optimizar el procedimiento de medición de acuerdo con las normas apropiadas.

55 En la figura 3B cuatro tornillos 40 fijan el soporte 39 a la placa de circuito impreso 37 y un par de tornillos de ajuste 44-1 fijan la lámpara incandescente 41 al soporte 39 para ajustar la posición de la lámpara incandescente 41. El soporte 39 tiene un canal 99 que tiene un filtro óptico 42 y una lente de enfoque 43 pegada en la parte superior del filtro óptico 42, el cual se asegura en el soporte 39 con un par de tornillos de ajuste 44-2. La unidad de fuente de luz 31 tiene un detector de referencia 45 debajo del soporte de la fuente de luz 39 y encima del canal 104, un conector de la fuente de luz 46 para conectar la unidad de fuente de luz 31 a una placa de circuito de detección 57 en forma de disco de la unidad detectora 30, y un regulador de señal de referencia 47. El detector de referencia 45 se dirige a aproximadamente 90 grados al eje óptico del haz de excitación generado por la lámpara incandescente 41. Las lámparas incandescentes generalmente tienen una gran variación en la intensidad de salida. Para ajustar la intensidad de salida, los Detectores, Inc.). El potenciómetro de ajuste de la intensidad LED 56 puede ser el SM4A101 de BC Components. La luz del LED 52 llega al medio óptico de fuente de luz 28 para formar un haz de excitación. La corriente a través del LED 52 se ajusta, de manera que la salida del sensor en la solución de turbidez de formacina de 20 NTU sea igual a 2000 mV \pm 200 mV para cada

placa de fuente de luz. Una pequeña porción de la luz del LED 52, después de múltiples dispersiones y reflexiones dentro de la cavidad 103, llega al detector de referencia 47. El detector de referencia 47 genera una señal eléctrica de referencia proporcional a la intensidad del haz de excitación. Para la fuente de luz de la ISO, el valor nominal de la señal eléctrica de referencia es de 2000 mV.

5

En la figura 5, la unidad detectora 30 tiene una placa de circuito de detección 57 en forma de disco ajustada cómodamente en la sección superior hueca 27-2 del cuerpo de inmersión 27. La unidad detectora 30 tiene una placa de circuito de detección 58 rectangular soldada en la placa de circuito de detección 57 en forma de disco a través de una ranura 57-1 de manera perpendicular. Un conector de la unidad detectora 60 está soldado en la placa de circuito de detección 57 en forma de disco para engancharse con el conector de la fuente de luz 46 en la figura 3 o 54 en la figura 4. La placa de circuito de detección 57 en forma de disco tiene los orificios de montaje 63 para enroscar al menos un tornillo 30-1 de arriba hacia abajo en la sección inferior sólida 27-3 del cuerpo de inmersión 27 para montar la unidad detectora 30 en el cuerpo de inmersión 27. La unidad detectora 30 tiene una capa de latón cilíndrica 71 que envuelve la placa de circuito de detección 58 rectangular y se suelda en la placa de circuito de detección 57 en forma de disco para ajustarse cómodamente a la cavidad 109. Al menos un fotodiodo 61 para medir la radiación que entra a través del medio óptico detector 29 está soldado en la porción inferior de la placa de circuito de detección 58. La capa de latón cilíndrica 71 tiene un corte o abertura en la porción inferior frente al fotodiodo para permitir que una luz dispersada se transmita desde el medio óptico detector 29 en el fotodiodo 61. Se fija un potenciómetro de ajuste de la señal de salida 62 en la placa de circuito de detección 58 para compensar las variaciones en la sensibilidad del fotodiodo y para ajustar un coeficiente de amplificación de un preamplificador en la placa de circuito de detección 58. El potenciómetro de ajuste de la señal de salida 62 es el SM4A103 de BC Components.

25

La modalidad mostrada en la figura 6 incluye dos fotodiodos 68, 69 para detectar luz o diferentes rangos. Por ejemplo, el fotodiodo 68 es de silicon Detectors, Inc.). El potenciómetro de ajuste de la intensidad LED 56 puede ser el SM4A101 de BC Components. La luz del LED 52 llega al medio óptico de fuente de luz 28 para formar un haz de excitación. La corriente a través del LED 52 se ajusta, de manera que la salida del sensor en la solución de turbidez de formacina de 20 NTU sea igual a $2000 \text{ mV} \pm 200 \text{ mV}$ para cada placa de fuente de luz. Una pequeña porción de la luz del LED 52, después de múltiples dispersiones y reflexiones dentro de la cavidad 103, llega al detector de referencia 53. El detector de referencia 47 genera una señal eléctrica de referencia proporcional a la intensidad del haz de excitación. Para la fuente de luz de la ISO, el valor nominal de la señal eléctrica de referencia es de 2000 mV.

30

En la figura 5, la unidad detectora 30 tiene una placa de circuito de detección 57 en forma de disco ajustada cómodamente en la sección superior hueca 27-2 del cuerpo de inmersión 27. La unidad detectora 30 tiene una placa de circuito de detección 58 rectangular soldada en la placa de circuito de detección 57 en forma de disco a través de una ranura 57-1 de manera perpendicular. Un conector de la unidad detectora 60 está soldado en la placa de circuito de detección 57 en forma de disco para engancharse con el conector de la fuente de luz 46 en la figura 3 o 54 en la figura 4. La placa de circuito de detección 57 en forma de disco tiene los orificios de montaje 63 para enroscar al menos un tornillo 30-1 de arriba hacia abajo en la sección inferior sólida 27-3 del cuerpo de inmersión 27 para montar la unidad detectora 30 en el cuerpo de inmersión 27. La unidad detectora 30 tiene una capa de latón cilíndrica 71 que envuelve la placa de circuito de detección 58 rectangular y se suelda en la placa de circuito de detección 57 en forma de disco para ajustarse cómodamente a la cavidad 109. Al menos un fotodiodo 61 para medir la radiación que entra a través del medio óptico detector 29 está soldado en la porción inferior de la placa de circuito de detección 58. La capa de latón cilíndrica 71 tiene un corte o abertura en la porción inferior frente al fotodiodo para permitir que una luz dispersada se transmita desde el medio óptico detector 29 en el fotodiodo 61. Se fija un potenciómetro de ajuste de la señal de salida 62 en la placa de circuito de detección 58 para compensar las variaciones en la sensibilidad del fotodiodo y para ajustar un coeficiente de amplificación de un preamplificador en la placa de circuito de detección 58. El potenciómetro de ajuste de la señal de salida 62 es el SM4A103 de BC Components.

35

40

45

La modalidad mostrada en la figura 6 incluye dos fotodiodos 68, 69 para detectar luz o diferentes rangos. Por ejemplo, el fotodiodo 68 es de silicio.

50

Cada uno de los canales 104, 105 tiene una forma cónica con una parte superior del cono dirigida al punto de intersección de los ejes ópticos del medio óptico de fuente de luz 28 y el medio óptico detector 29. Como se muestra en la figura 1A, los canales 104, 105 apuntan hacia y definen un área analítica 13, y la entrada 5 apunta hacia el canal 104 para aumentar la eficiencia de la prueba. La entrada 5 también apunta hacia el área analítica 13 definida mediante la superposición de una primera trayectoria óptica de la luz emitida desde la fuente de luz y que pasa a través del medio óptico de fuente de luz 28 y una segunda trayectoria óptica de dicha al menos una luz dispersada recolectada por el medio óptico detector 29.

55

En otra modalidad, como se muestra en la figura 12, el medio de enfoque de la luz 28-2 y el medio de enfoque de la luz 29-2 están incluidos en un conjunto óptico 220 que tiene un par de ventanas protectoras 221 colocadas dentro de un soporte 222. El soporte 222 está hecho de plástico y tiene en un lado una pequeña barrera de plástico 223 para separar ópticamente el medio de enfoque de la luz 28-2 y el medio de enfoque de la luz 29-2. Se hacen dos canales inclinados 224 para conectarse con los canales 103, 105 respectivamente para alojar el medio de enfoque de la luz 28-2 y el medio de enfoque de la luz 29-2 que están pegados a las ventanas protectoras 221 correspondientes. En el otro lado del soporte de plástico 222 tiene medios de posicionamiento, por ejemplo, tornillos de posicionamiento, pasadores de posicionamiento

60

65

225 para posicionar el conjunto de medios ópticos 220 en la parte inferior inclinada 27-1 del cuerpo de inmersión del sensor 27. El cuerpo de inmersión 27 tiene dos orificios de posicionamiento 227 para recibir los pasadores de posicionamiento 225. El conjunto de medios ópticos 220 está pegado al cuerpo de inmersión 27 para proporcionar un conjunto hermético al agua.

5

En otra modalidad, como se muestra en las figuras 9-10, se coloca un inserto 110 en la parte inferior de la cámara de la muestra 1 para aumentar la eficiencia de la prueba. El inserto 110 se puede hacer al cortar un valle en ángulo recto lejos de la parte superior de una columna sólida para formar una pendiente 110-1 y una pendiente 110-2 mientras que un pico plano 110-3 permanece intacto como se muestra en la figura 10B. Un canal del inserto 112 que se extiende desde la parte inferior hasta la pendiente 110-1 se forma en el inserto 110 y en comunicación de fluidos con la entrada 121, y el canal del inserto 112 está en ángulo hacia el canal 104 para aumentar la eficiencia de la prueba. Un eje de la entrada 121 se establece cerca de la pared de un canal de entrada en un inserto 110 para formar un flujo de vértice en el canal del inserto 112. Un canal del inserto 113 se extiende desde la pared

10

15

Cada uno de los canales 104, 105 tiene una forma cónica con una parte superior del cono dirigida al punto de intersección de los ejes ópticos del medio óptico de fuente de luz 28 y el medio óptico detector 29. Como se muestra en la figura 1A, los canales 104, 105 apuntan hacia y definen un área analítica 13, y la entrada 5 apunta hacia el canal 104 para aumentar la eficiencia de la prueba. La entrada 5 también apunta hacia el área analítica 13 definida mediante la superposición de una primera trayectoria óptica de la luz emitida desde la fuente de luz y que pasa a través del medio óptico de fuente de luz 28 y una segunda trayectoria óptica de dicha al menos una luz dispersada recolectada por el medio óptico detector 29.

20

En otra modalidad, como se muestra en la figura 12, el medio de enfoque de la luz 28-2 y el medio de enfoque de la luz 29-2 están incluidos en un conjunto óptico 220 que tiene un par de ventanas protectoras 221 colocadas dentro de un soporte 222. El soporte 222 está hecho de plástico y tiene en un lado una pequeña barrera de plástico 223 para separar ópticamente el medio de enfoque de la luz 28-2 y el medio de enfoque de la luz 29-2. Se hacen dos canales inclinados 224 para conectarse con los canales 104, 105 respectivamente para alojar el medio de enfoque de la luz 28-2 y el medio de enfoque de la luz 29-2 que están pegados a las ventanas protectoras 221 correspondientes. En el otro lado del soporte de plástico 222 tiene medios de posicionamiento, por ejemplo, tornillos de posicionamiento, pasadores de posicionamiento 225 para posicionar el conjunto de medios ópticos 220 en la parte inferior inclinada 27-1 del cuerpo de inmersión del sensor 27. El cuerpo de inmersión 27 tiene dos orificios de posicionamiento 227 para recibir los pasadores de posicionamiento 225. El conjunto de medios ópticos 220 está pegado al cuerpo de inmersión 27 para proporcionar un conjunto hermético al agua.

25

30

En otra modalidad, como se muestra en las figuras 9-10, se coloca un inserto 110 en la parte inferior de la cámara de la muestra 1 para aumentar la eficiencia de la prueba. El inserto 110 se puede hacer al cortar un valle en ángulo recto lejos de la parte superior de una columna sólida para formar una pendiente 110-1 y una pendiente 110-2 mientras que un pico plano 110-3 permanece intacto como se muestra en la figura 10B. Un canal del inserto 112 que se extiende desde la parte inferior hasta la pendiente 110-1 se forma en el inserto 110 y en comunicación fluida con la entrada, y el canal del inserto 112 está en ángulo hacia el canal 104 para aumentar la eficiencia de la prueba. Un eje de la entrada 121 se establece cerca de la pared de un canal de entrada en un inserto 110 para formar un flujo de vértice en el canal del inserto 112. Un canal del inserto 113 se extiende desde la pared para aumentar la eficiencia de la prueba. Los dos canales del inserto 214, 213 tienen una forma cónica inversa con un ángulo del cono de aproximadamente 12° y están dispuestos a lo largo de los ejes ópticos del medio óptico de fuente de luz 28 y el medio óptico detector 29 para servir como trampas de luz para el haz de excitación desde el medio óptico de fuente de luz 28 y para eliminar los reflejos en el medio óptico detector 29. La parte inferior inclinada 27-1 de la invención supera a la parte inferior horizontal en la Solicitud de Patente de Estados Unidos 10/315,142 mediante la disminución de las burbujas acumuladas allí debajo, de manera que la parte inferior inclinada 27-1 no se tenga que limpiar como la parte inferior horizontal para eliminar las burbujas.

35

40

45

Los principios, las modalidades preferidas y los modos de operación de la presente invención se han descrito en la descripción anterior. Sin embargo, la invención, que está destinada a ser protegida, no se limita a las modalidades particulares descritas. Las modalidades descritas en la presente descripción son ilustrativas en lugar de restrictivas. En consecuencia, se pretende expresamente que todas dichas variaciones, cambios y equivalentes que caigan dentro del alcance de la presente invención, como se define en las reivindicaciones, de esta manera se abarquen.

50

55

REIVINDICACIONES

1. Sistema de medición de turbidez para medir un líquido de muestra (2) que comprende:
 - 5 una cámara (1) con al menos una entrada (5) y al menos una salida (6);
una tapa de la cámara (10) para cubrir la cámara;
una unidad de sensor (8) montada en la tapa de la cámara, dicha unidad de sensor que incluye:
un cuerpo de inmersión (27) que se coloca parcialmente debajo de la superficie del líquido en la cámara cuando la
10 unidad de sensor está en uso;
una fuente de luz (31);
un primer dispositivo de enfoque de la luz (28) para enfocar una luz emitida desde la fuente de luz y que pasa a
través de este hacia la muestra de líquido;
un segundo dispositivo de enfoque de la luz (29) para recolectar al menos una luz dispersada que resulta de la luz
que pasa por la muestra de líquido;
15 un detector de luz (30) para recibir la luz recolectada, generando de esta manera señales electrónicas; y
un procesador (18) para convertir las señales electrónicas en unidades de medición de turbidez,
en donde dicho cuerpo de inmersión (27) tiene dos cavidades (103, 109) para alojar la fuente de luz (31) y el
detector de luz (30) en estas respectivamente, y
dos canales de forma cilíndrica (104, 105) para alojar el primer y el segundo dispositivo de enfoque en estos
20 respectivamente, los canales de forma cilíndrica se inclinan lejos de la parte inferior de dicho cuerpo de inmersión
(27) en un ángulo simétrico, y cada uno de los canales (104, 105) tiene un extremo plano que se inclina
respectivamente hacia su propio eje cilíndrico con un ángulo para que sea paralelo a la parte inferior de dicho
cuerpo de inmersión (27);
caracterizado porque
25 la entrada (5) apunta hacia un área analítica (13) definida mediante la superposición de una primera trayectoria
óptica de la luz emitida desde la fuente de luz (31) y que luego pasa a través del primer dispositivo de enfoque de
la luz (28) y una segunda trayectoria óptica de dicha al menos una luz dispersada recolectada mediante el segundo
dispositivo de enfoque de la luz (29), y
el cuerpo de inmersión (27) tiene una parte inferior inclinada con respecto a una superficie del líquido de muestra
30 (2) cuando está en uso.
2. El sistema de medición de turbidez de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las cavidades tienen forma
cilíndrica y se disponen en paralelo.
- 35 3. El sistema de medición de turbidez de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde la parte inferior inclinada está
inclinada con respecto al líquido de muestra a 45 grados.
4. El sistema de medición de turbidez de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la fuente de luz (31)
40 incluye una lámpara incandescente (41) o un LED (52).
5. El sistema de medición de turbidez de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde los canales de forma
cilíndrica (104, 105) están inclinados lejos de la parte inferior de dicho cuerpo de inmersión a 45 grados.
- 45 6. El sistema de medición de turbidez de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la cámara (1), la
tapa de la cámara (10), y el cuerpo de inmersión (27) del sensor (8) se hacen de un material opaco para garantizar
que el detector de luz reciba solo la luz del segundo dispositivo de enfoque de la luz (29).
7. El sistema de medición de turbidez de acuerdo con la reivindicación 6, en donde el material opaco es aluminio o
50 PVC negro.
8. Un sistema de medición de turbidez como se reivindicó en cualquier reivindicación anterior, en donde dicho detector
de luz (30) incluye al menos dos fotodiodos (68, 69, 90, 91) para detectar rangos de medición de turbidez
separados.
- 55 9. El sistema de medición de turbidez de acuerdo con la reivindicación 8, en donde dichos rangos de medición de
turbidez separados incluyen de 0-20 unidades nefelométricas de turbidez (NTU) y de 20-200 NTU.
10. El sistema de medición de turbidez de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, en donde dichos al menos dos fotodiodos
60 incluyen un primer fotodiodo (68) alineado con un eje del canal (109) que aloja el segundo dispositivo de enfoque
de la luz (29) para medir más del 80 % de la luz dispersada recolectada por el segundo dispositivo de enfoque de
la luz, y un segundo fotodiodo (69) colocado justo debajo del primer fotodiodo para medir menos del 10 % de la luz
dispersada recolectada por el segundo dispositivo de enfoque de la luz.
- 65 11. El sistema de medición de turbidez de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 8 a la 10, que
comprende, además un divisor de haz (92) en forma de placa, en donde dichos al menos dos fotodiodos incluyen
el primer y el segundo fotodiodo (90, 91) que tienen sus ejes ópticos que se cruzan entre sí a 90 grados, y el divisor

de haz (92) se coloca entre el primer y el segundo fotodiodo (90, 91) a 45 grados de los ejes ópticos para proporcionar un conjunto de fotodiodo divisor de haz.

- 5 12. El sistema de medición de turbidez de acuerdo con la reivindicación 11, en donde el conjunto de fotodiodo divisor de haz (90, 91, 92) se coloca después del segundo dispositivo de enfoque de la luz (29), de manera que el primer fotodiodo (91) recolecta más del 80 % de la luz dispersada recolectada mediante el segundo dispositivo de enfoque de la luz y el segundo fotodiodo (90) recolecta menos del 10 % de la luz dispersada recolectada por el segundo dispositivo de enfoque de la luz.
- 10 13. Un sistema de medición de turbidez como se reivindicó en cualquier reivindicación anterior, que comprende, además, un inserto (110, 210) colocado en la parte inferior de la cámara que tiene un primer y un segundo canal del inserto (112, 113), cada uno de cuyos ejes apunta hacia un eje de uno de los canales de forma cilíndrica (104, 105) del cuerpo de inmersión (27) para atrapar la luz.
- 15 14. El sistema de medición de turbidez de acuerdo con la reivindicación 13, en donde el primer y el segundo canal del inserto (112, 113) tienen forma de cono.
- 20 15. El sistema de medición de turbidez de acuerdo con la reivindicación 13 o 14, en donde el primer canal del inserto (112) sirve como la entrada (5) de la cámara (1).
- 25 16. El sistema de medición de turbidez de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 13 a la 15, en donde el inserto (5) incluye, además, un tercer canal de inserto (118) que conecta el fluido con una de dichas al menos una salida (6) de la cámara.
- 30 17. El sistema de medición de turbidez de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 13 a la 16, en donde el inserto (110) se forma mediante la eliminación de un valle en ángulo recto lejos de la parte superior de una columna sólida para formar una primera pendiente y una segunda pendiente, mientras se deja un pico plano en un borde de la columna.
- 35 18. El sistema de medición de turbidez de acuerdo con la reivindicación 4, que comprende, además, un detector de referencia (45) para calibrar la fuente de luz.
- 40 19. El sistema de medición de turbidez de acuerdo con la reivindicación 18, que comprende, además, un regulador de señal de referencia (47) para ajustar el detector de referencia (45) para cumplir con la USEPA 180.1, Método nefelométrico 2130 B, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1989, o la Norma Internacional ISO 7027, Water quality - Determination of Turbidity, International Standard, Third Edition, 1999-12-15, valor normal para una señal eléctrica de referencia del regulador de señal de referencia.
- 45 20. El sistema de medición de turbidez de acuerdo con la reivindicación 19, que comprende, además, un controlador (18) que determina que la lámpara incandescente o el LED está en funcionamiento con base en la detección del valor nominal de la señal eléctrica de referencia del regulador de señal de referencia (47) para cambiar automáticamente entre un procesamiento según EPA o ISO.
- 50 21. Un sistema de medición de turbidez como se reivindicó en cualquier reivindicación anterior para medir un líquido de muestra (2) que comprende, además, un soporte del dispositivo de enfoque (222) que tiene un primer dispositivo de enfoque de la luz (28-2) para enfocar una luz emitida desde la fuente de luz y que pasa a través de este hacia la muestra de líquido, un segundo dispositivo de enfoque de la luz (29-2) para recolectar al menos una luz dispersada que resulta de la luz que pasa hacia la muestra de líquido, dos canales de forma cilíndrica (224) para alojar el primer y el segundo dispositivo de enfoque en estos respectivamente, y un medio de posicionamiento (225) para posicionar el soporte del dispositivo de enfoque en una parte inferior del cuerpo de inmersión.
- 55 22. El sistema de medición de turbidez de acuerdo con la reivindicación 21, en donde la parte inferior de dicho cuerpo de inmersión tiene al menos un orificio de posicionamiento (227) para recibir los medios de posicionamiento (225) del soporte del dispositivo de enfoque.
- 60 23. El sistema de medición de turbidez de acuerdo con la reivindicación 21 o 22, en donde el primer dispositivo de enfoque de la luz (28-2) y el segundo dispositivo de enfoque de la luz (29-2) incluyen lentes prismáticas, cada una con una superficie esférica en un lado y una superficie plana inclinada en otro lado.
- 65 24. El sistema de medición de turbidez de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 21 a la 23, en donde el soporte del dispositivo de enfoque (222) tiene dos ventanas (221) que se comunican ópticamente con el primer dispositivo de enfoque de la luz (28-2) y el segundo dispositivo de enfoque de la luz (29-2) respectivamente, y dichas ventanas (221) están separadas por una barrera opaca (223).
25. El sistema de medición de turbidez de acuerdo con la reivindicación 24, en donde dicha barrera opaca (223) y dichas ventanas (221) se fabrican como una unidad pegada a una superficie inferior de dicho soporte.

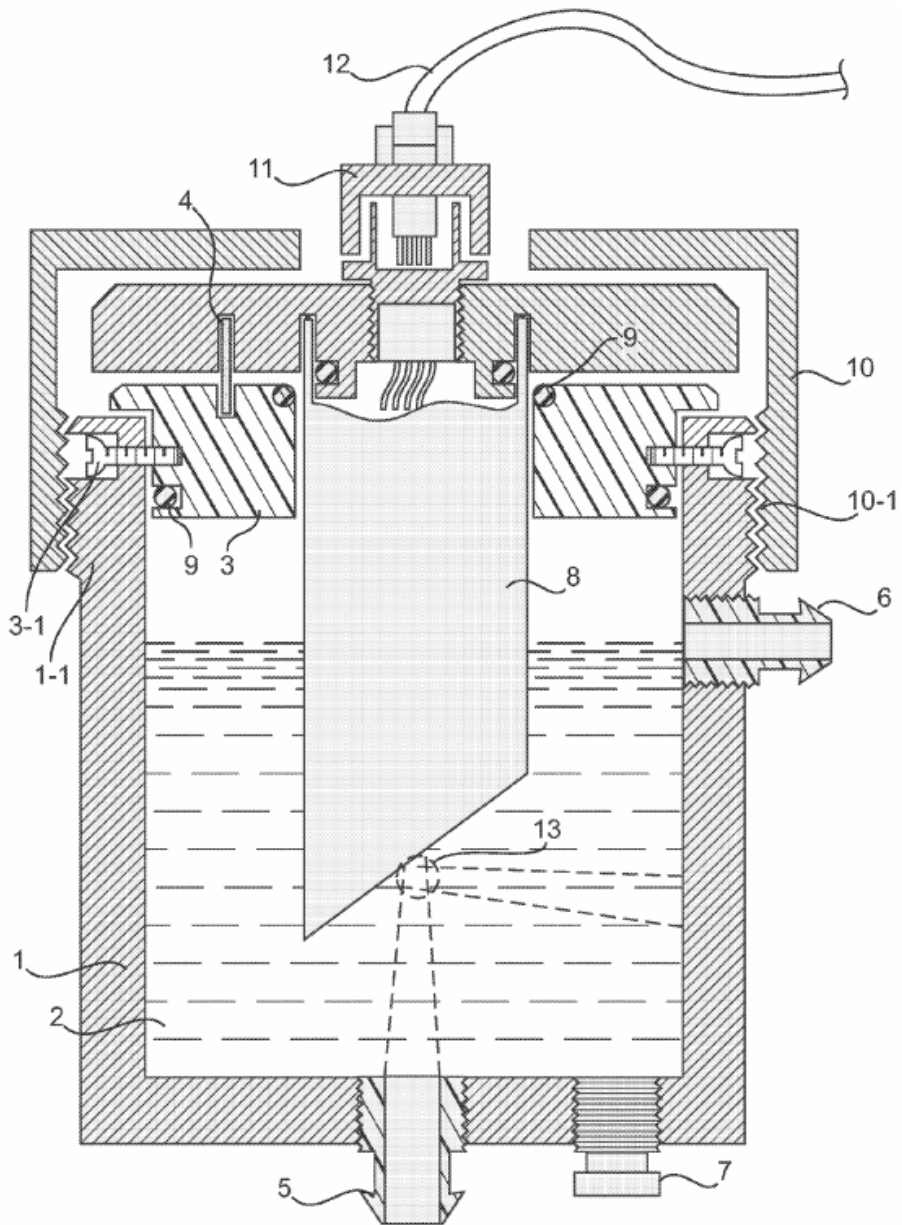


FIGURA 1A

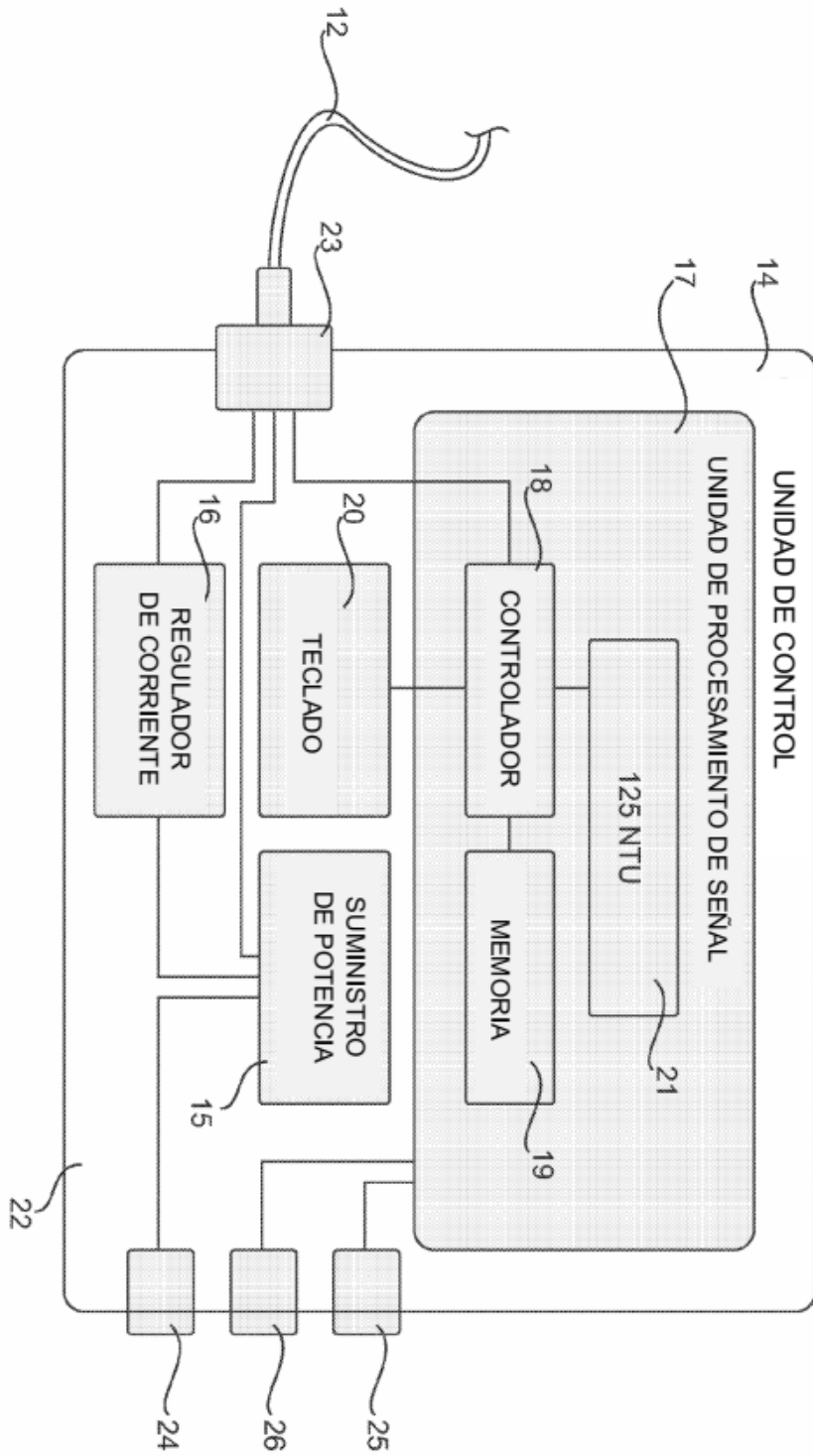


FIGURA 1B

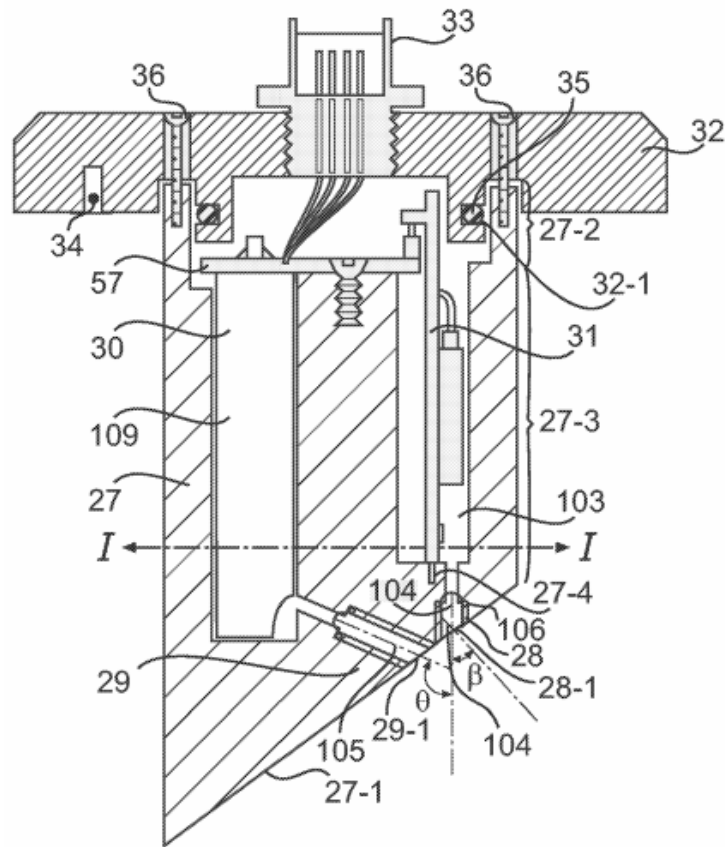


FIGURA 2A

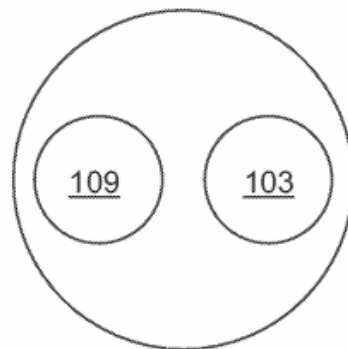


FIGURA 2B

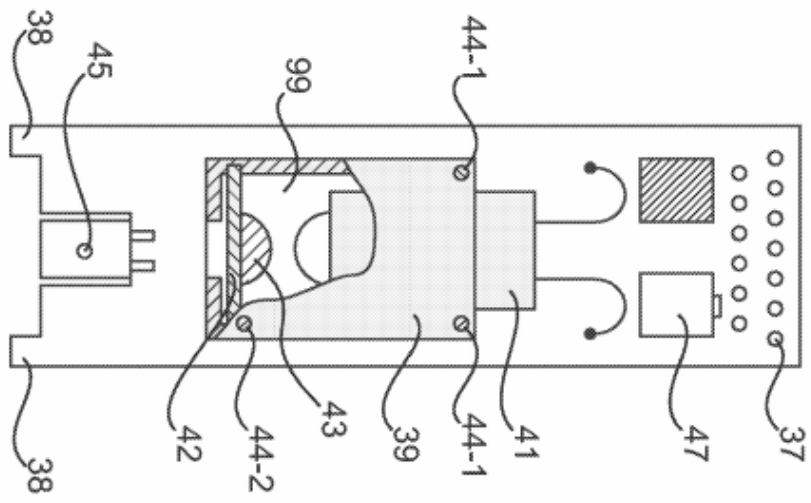


FIGURA 3A

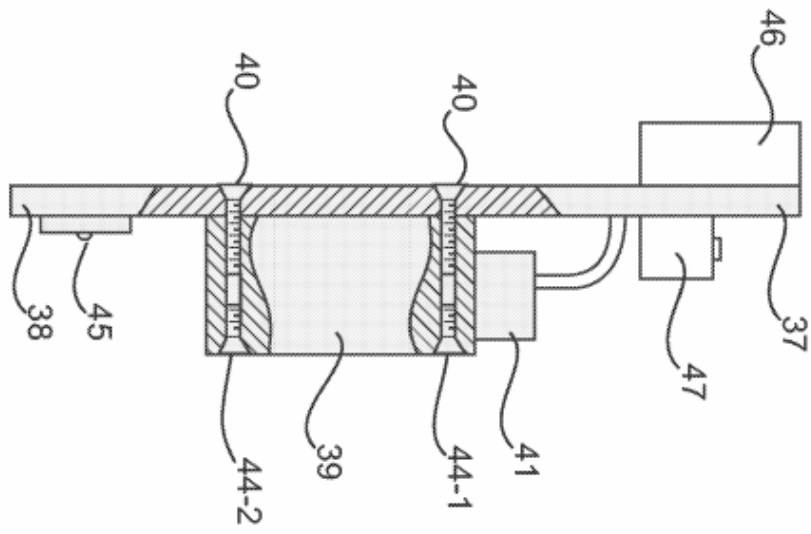


FIGURA 3B

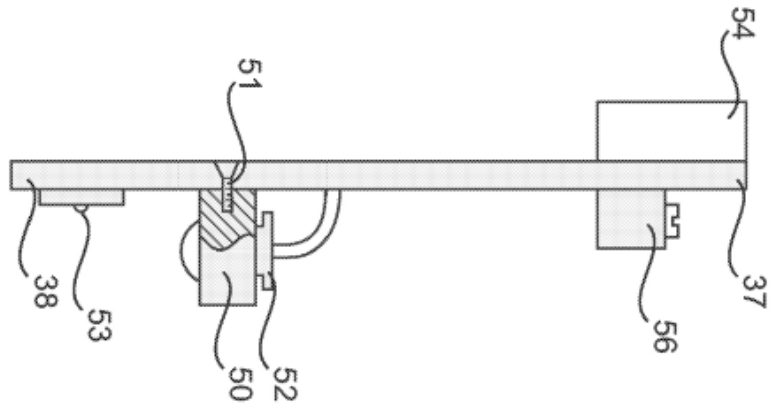


FIGURA 4A

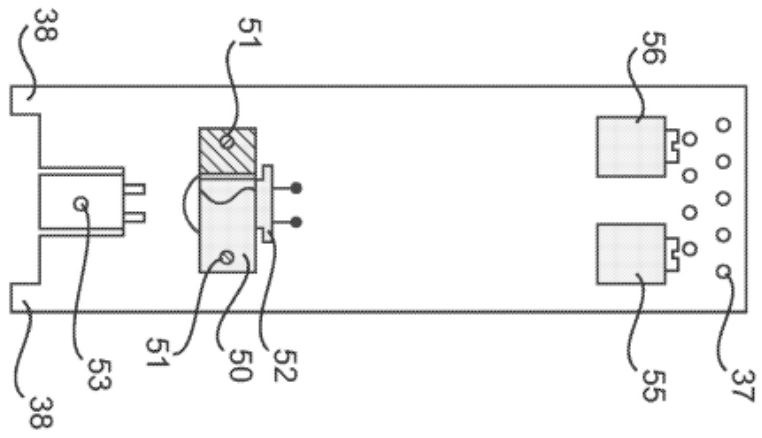


FIGURA 4B

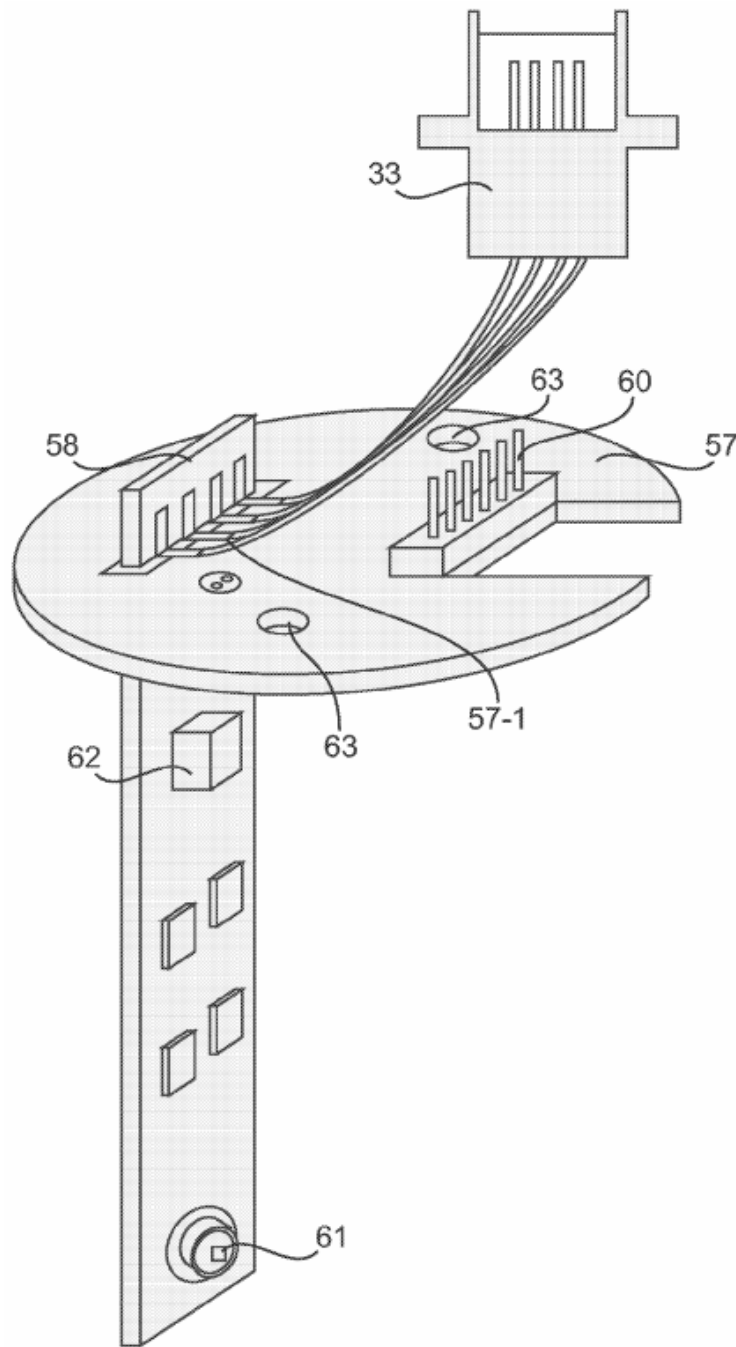


FIGURA 5

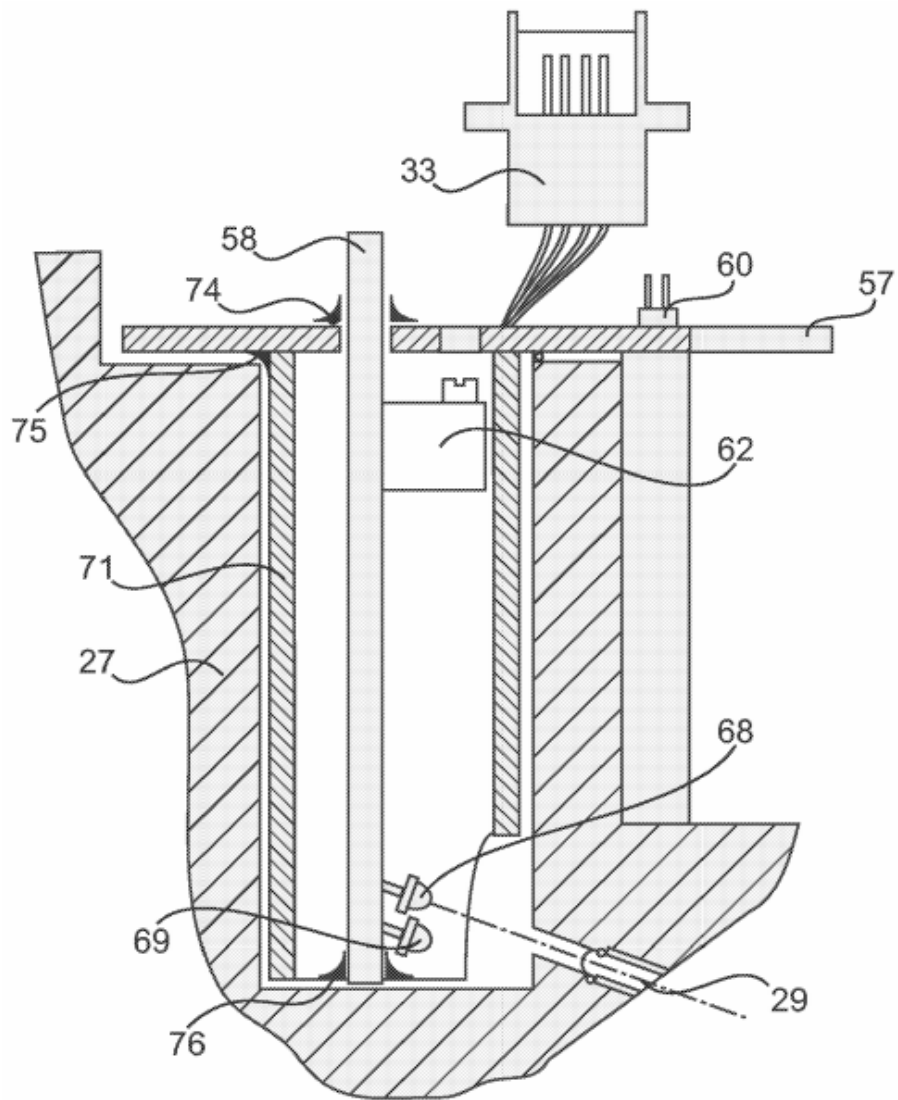


FIGURA 6

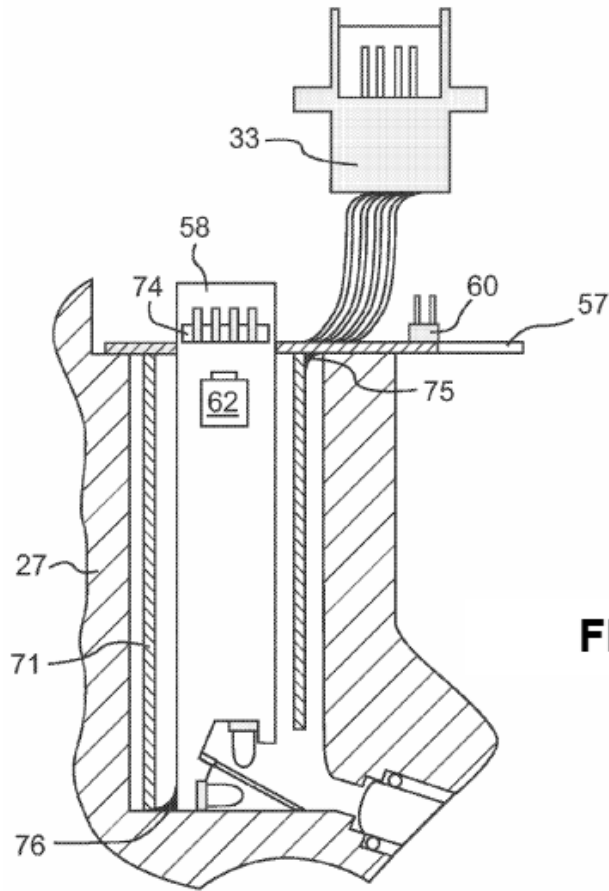


FIGURA 7A

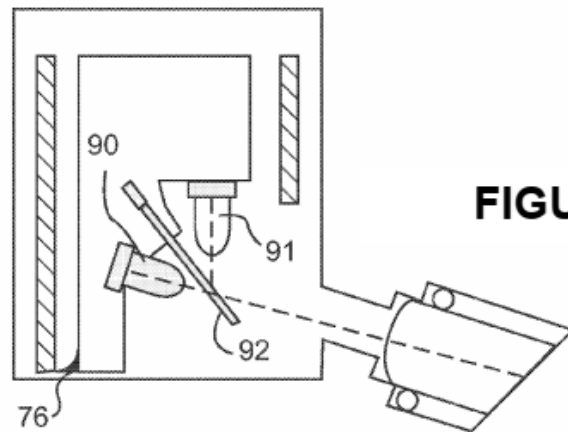


FIGURA 7B

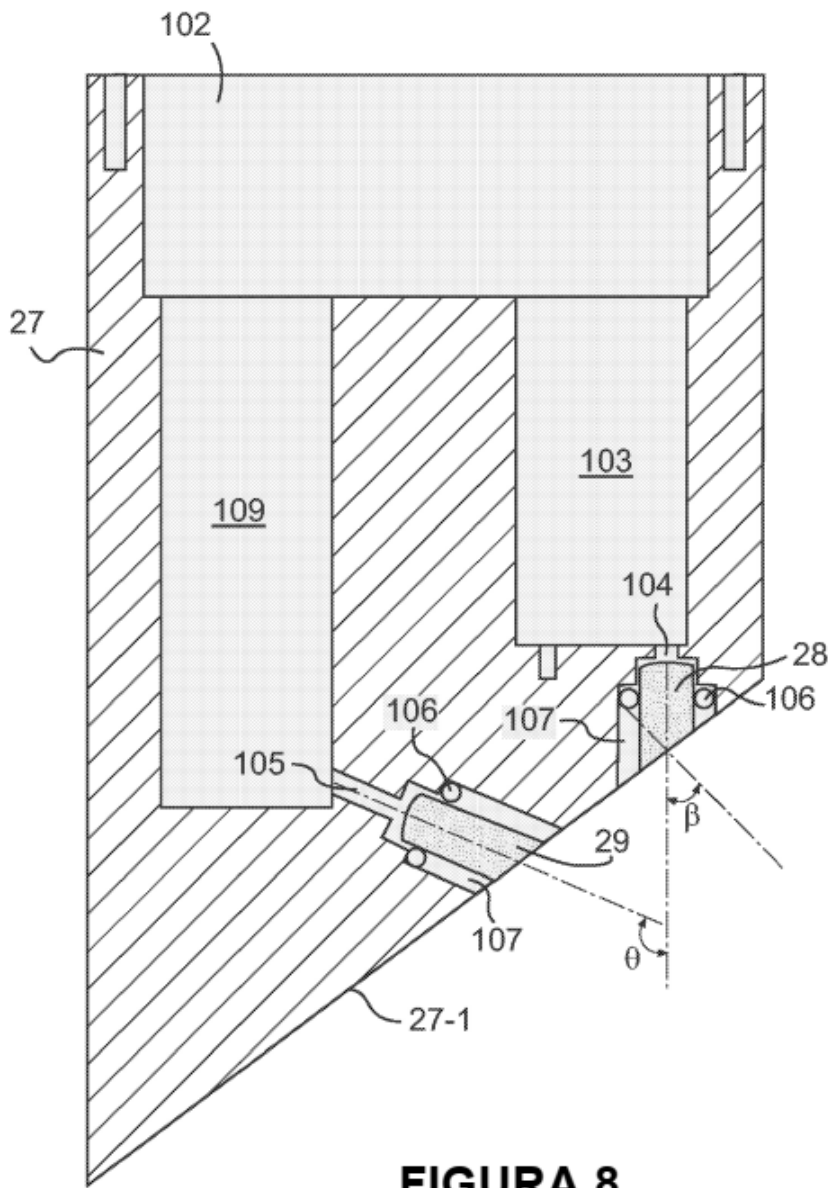
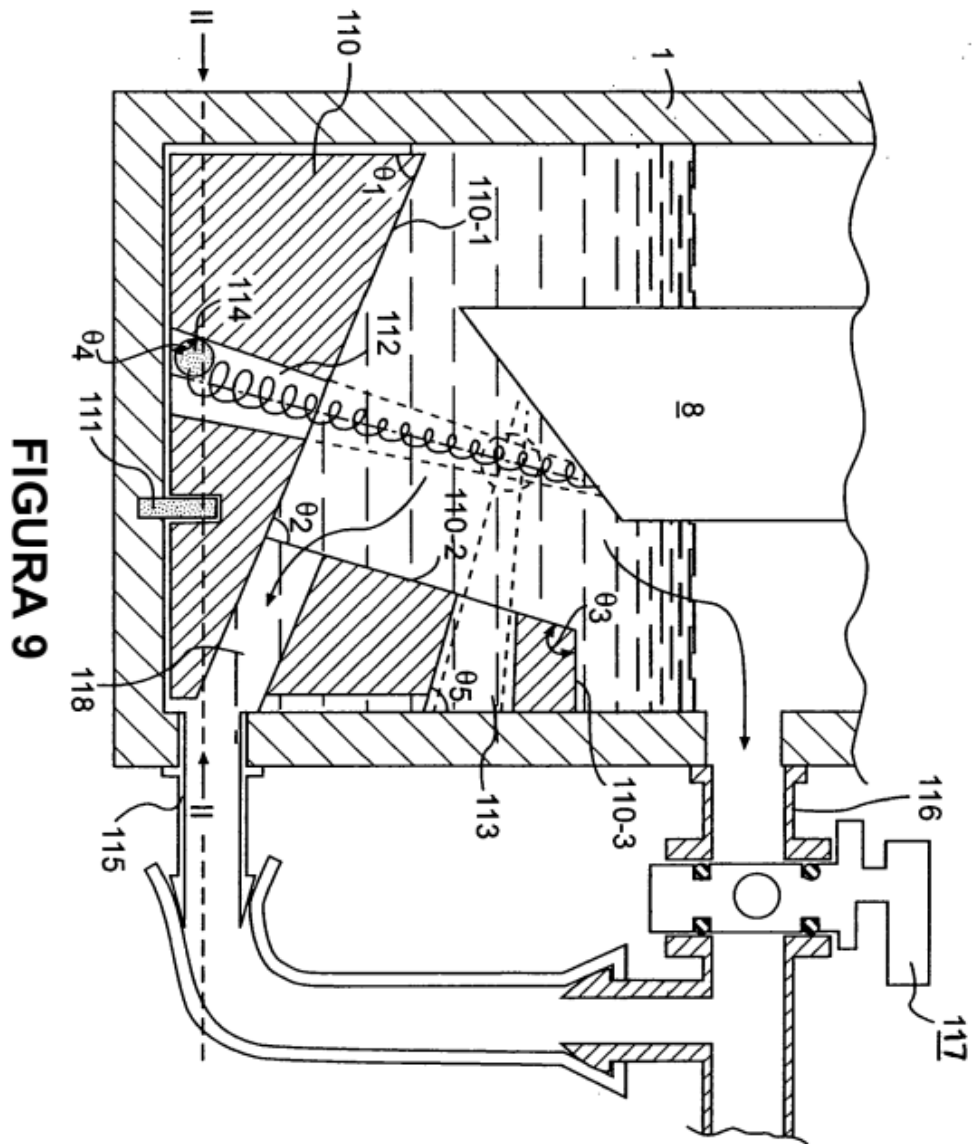


FIGURA 8



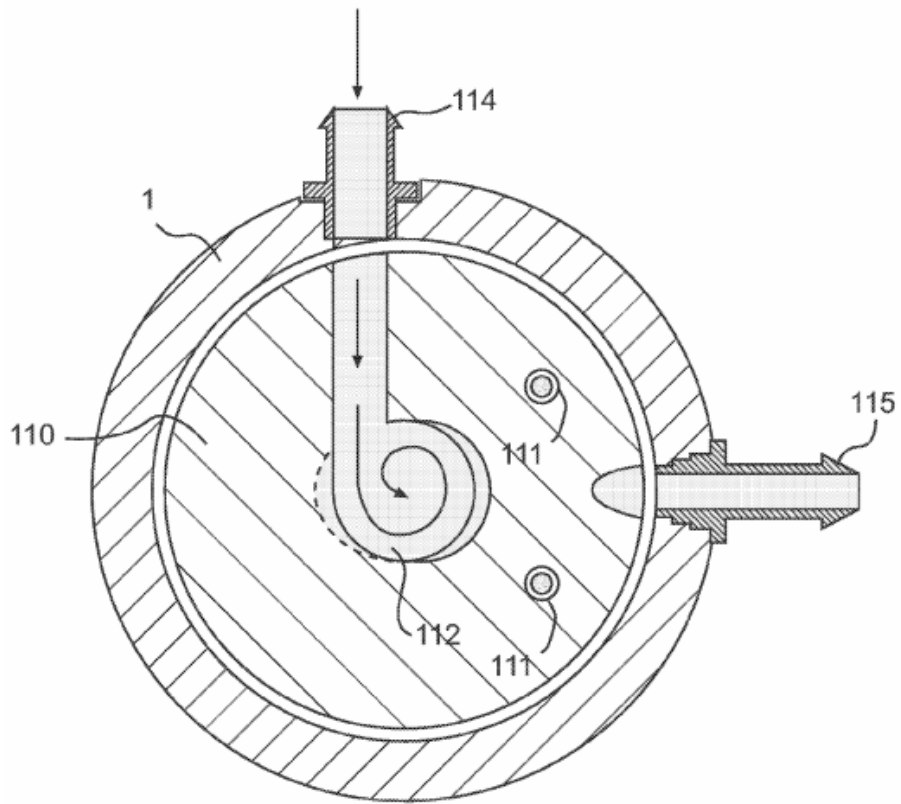


FIGURA 10A

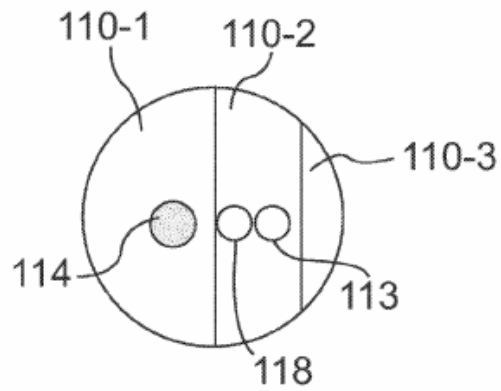


FIGURA 10B

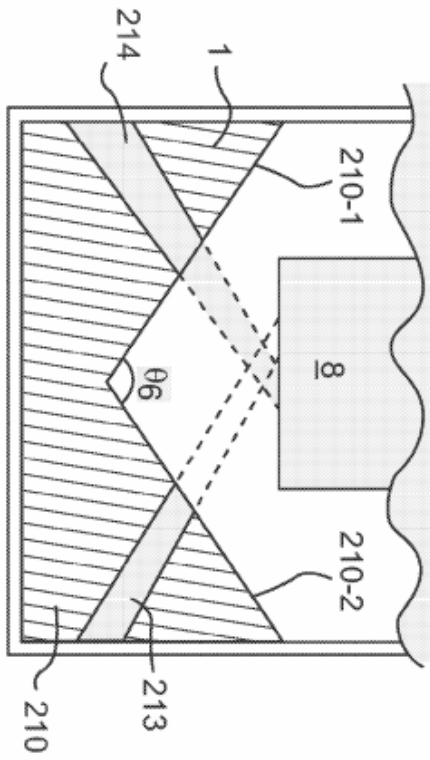


FIGURA 11A

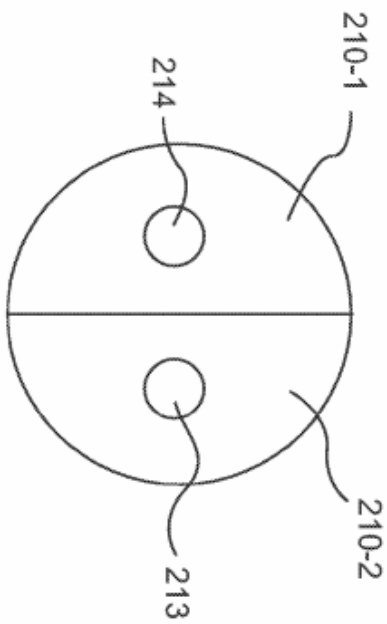


FIGURA 11B

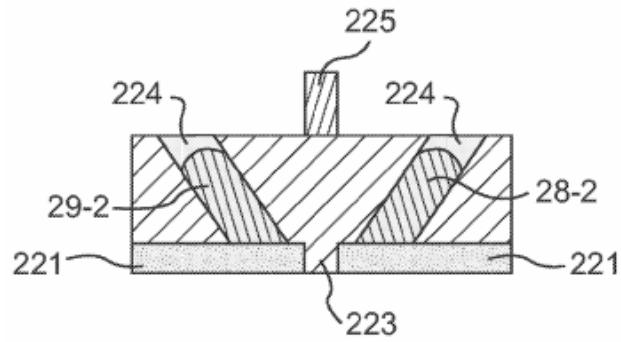


FIGURA 12-A

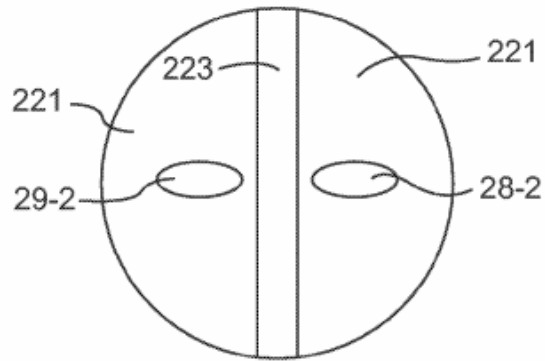


FIGURA 12-B

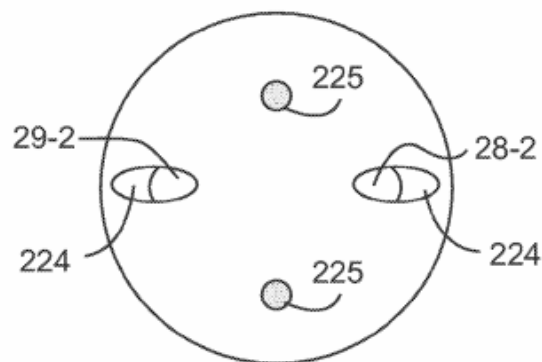


FIGURA 12-C

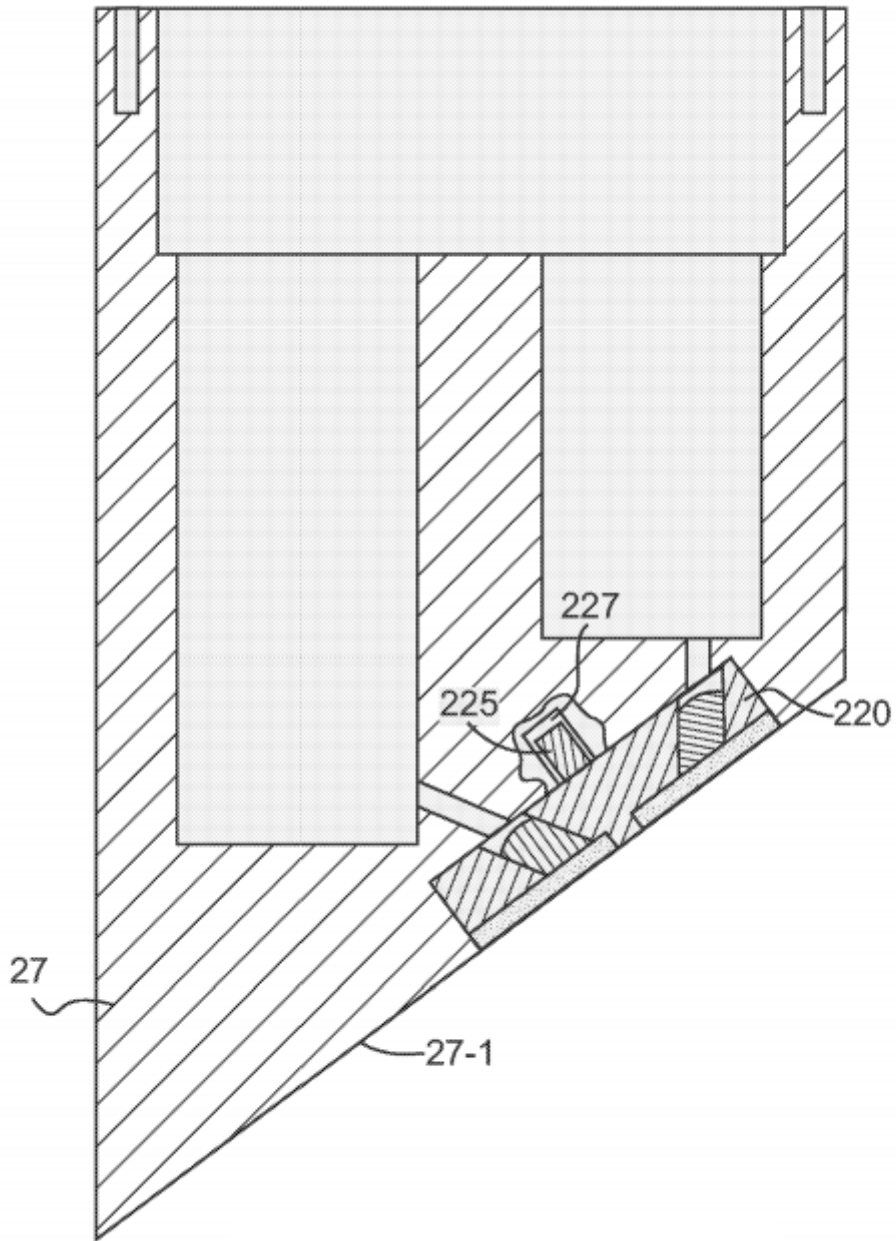


FIGURA 12D