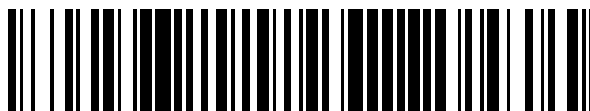


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 424 457**

51 Int. Cl.:

**G01F 23/292** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.11.2009 E 09818673 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2013 EP 2438406**

54 Título: **Detector de nivel de líquido basado en fibra óptica**

30 Prioridad:

**04.06.2009 IN CH13182009**

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

**02.10.2013**

73 Titular/es:

**DEPARTMENT OF SPACE, INDIAN SPACE  
RESEARCH ORGANIZATION (ISRO) (50.0%)  
Antariksh Bhavan, ISRO Hq  
New Bel Road, Bangalore 560 094, IN y  
INDIAN INSTITUTE OF SCIENCE (50.0%)**

72 Inventor/es:

**LOLLA, KAMESWARA RAO y  
DURAIWAMY, SUBRAMANIAN**

74 Agente/Representante:

**PONTI SALES, Adelaida**

**ES 2 424 457 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

Detector de nivel de líquido basado en fibra óptica.

### 5 Campo técnico

**[0001]** La presente invención se refiere a un prisma hueco para detectar el nivel de un líquido. La presente invención también se refiere a un detector de nivel de líquido basado en fibra óptica con el prisma hueco de la presente invención.

10

### Antecedentes de la invención

**[0002]** El nivel de un líquido contenido en un depósito se puede medir por medio de diversos procedimientos, a saber: un flotador conectado a un lector externo de forma tanto mecánica como magnética, o dispositivos que manipulan ondas ultrasónicas/ópticas o sensores basados en la capacidad eléctrica. Cada procedimiento de detección tiene sus ventajas y desventajas.

**[0003]** En la industria, la aviación, la tecnología espacial y la investigación científica, se utilizan de manera generalizada fluidos criogénicos tales como: nitrógeno líquido, oxígeno líquido, hidrógeno líquido y helio líquido. En la mayoría de estos ámbitos de aplicación, el estudio del comportamiento dinámico de los líquidos criogénicos, durante el llenado y el vaciado de grandes depósitos de material criogénico, así como el control cuantitativo fiable de estos fluidos cuando se realizan este tipo de operaciones a altas velocidades de flujo se han convertido en un campo de investigación muy activo. En particular, la medición de los niveles de combustible criogénico y de oxidante en los grandes depósitos de los sistemas criogénicos constituye una tarea de importancia primordial, especialmente cuando el ámbito de aplicación conlleva la detección y regulación de complejas tareas instrumentales de manera coordinada.

**[0004]** Se usaron varios procedimientos de detección de la interfase líquido-vapor (L-V) para facilitar dicha medición de nivel. Los procedimientos conocidos se basaban en las diferencias en la resistencia, capacidad, impedancia acústica o amortiguación viscosa con el fin de detectar la ubicación de la interfase L-V. Entre estos procedimientos, los únicos que suscitaban interés para su aplicación generalizada en la industria aeroespacial fueron los sistemas de detección basados en la capacidad. No obstante, los factores relacionados con los elevados costes, la lentitud en la respuesta, su gran peso y el peligro de accidentes por chispas eléctricas plantean varios interrogantes acerca de su fiabilidad, especialmente cuando se usan para la detección de los niveles de líquido en los depósitos de combustible de la industria aeroespacial.

**[0005]** Para hacer frente a los problemas concretos de la detección de niveles en depósitos de combustible utilizados en la industria aeroespacial, se han desarrollado diversos sistemas basados en la fibra óptica. Dichos sistemas poseen muchas ventajas con respecto a las tecnologías convencionales de detección de niveles, por ejemplo: son eléctricamente pasivos por naturaleza, garantizan de manera inherente una detección de niveles exenta de chispas y no incluye piezas mecánicas móviles. En entornos explosivos, característicos del hidrógeno líquido y el oxígeno líquido, dichas propiedades ayudan a lograr un funcionamiento seguro con un aumento de la eficiencia y una reducción de la carga de mantenimiento. Además, las fibras ópticas son, por unidad de volumen, cuatro veces más ligeras y seis veces más resistentes que los cables de cobre. Ni producen interferencias electromagnéticas, ni son susceptibles de sufrirlas, lo cual suprime la necesidad de protección/aislamiento, lo que las hace sustancialmente más ligeras que sus equivalentes eléctricos. Dicha reducción de peso resulta crucial en las aplicaciones aeroespaciales. Debido al aumento en la demanda de estos sistemas de fibra óptica en la industria de las telecomunicaciones, también están llegando a ser competitivos en cuanto al coste. Además, debido a que estos dispositivos detectan el nivel de líquido por medio de los principios de reflexión/refracción, proporcionan una detección de niveles a una velocidad extremadamente elevada.

**[0006]** Existen sistemas de fibra óptica muy conocidos que, para la detección del nivel, se basan en dispositivos del tipo de pequeños prismas de reflexión interna total o unas lentes esféricas montadas en los extremos de dos fibras ópticas, o una punta de fibra óptica de forma cónica o una fibra óptica doblada en forma de U. Dependiendo de la aplicación, dichos dispositivos pueden sufrir varias limitaciones. Por ejemplo, en estos dispositivos la intensidad de la luz reflejada constituye el factor en el que se basa la detección de niveles que depende de los índices de refracción tanto del líquido como del material usado para el prisma. Debido a que éste último cambia con las condiciones ambientales, dichos dispositivos, cuando se usan específicamente para medir el nivel de líquidos criogénicos, requieren el calibrado individual tanto de la presión como de la temperatura de

funcionamiento. Además, estos dispositivos están diseñados frecuentemente para funcionar a un ángulo de desvío de 180°, que, en algunos casos, produce un relativo aumento del «volumen» del dispositivo de detección.

5 [0007] La fabricación de este tipo de dispositivos de detección comprende el acabado óptico de al menos tres o más superficies hasta lograr un alto grado de precisión de la superficie manteniendo un ángulo de prisma preciso. Además, la posición del dispositivo de detección con respecto a los dispositivos de guiado de luz es invariablemente fija y carece por completo de libertad de movimiento lineal o angular.

10 [0008] En el documento US 6801678 se describe un detector de fibra óptica usado para un sensor de líquido basado en la reflexión de tipo Fresnel, en el que parte de la luz transmitida se refleja en los límites de la interfase en los que los índices de refracción son diferentes y la intensidad de la luz reflejada depende del índice de refracción de la fibra y el líquido en condiciones ambientales.

15 [0009] En el documento EP 2063236 A1 se describe una indicación óptica del nivel de fluido basada en la refracción de un haz de luz dirigido a través de un tubo hueco abierto que se llena pontielly (¿parcialmente?) de fluido cuando se sumerge en el recipiente.

20 [0010] Las características de refracción de los prismas sólidos no permiten la transmisión de haces ópticos sin desviación. El haz óptico emergente siempre se desvía con respecto al haz óptico incidente, esté el prisma en el aire o sumergido en un líquido. Además, cuando se sumergen en líquidos, el grado de desviación en dichos prismas depende del índice de refracción del medio líquido, así como el del material usado para fabricar el prisma. Ambos factores obligan a llevar a cabo procedimientos de recalibrado y reubicación en detectores de nivel de fibra óptica basados en prismas sólidos cada vez que se cambie el líquido que se esté midiendo, o que sus condiciones de funcionamiento cambien de manera dinámica.

25 **Objetos de la invención**

[0011] El objeto principal de la presente invención consiste en proporcionar un prisma hueco para detectar el nivel de un líquido.

30 [0012] Un objeto de la presente invención consiste en proporcionar un prisma hueco para detectar el nivel de un líquido, que presente un comportamiento característico de refracción dependiente del entorno en presencia de un haz óptico emitido por una fuente.

35 [0013] Otro objeto de la presente invención consiste en proporcionar un prisma hueco para detectar el nivel de un líquido, con un espacio hueco prismático estanco lleno de aire o al vacío.

[0014] Otro objeto más de la presente invención consiste en proporcionar un prisma hueco para detectar el nivel de un líquido, en el que el proceso de detección del nivel sea independiente del índice de refracción del material óptico usado para fabricar el prisma hueco.

40 [0015] Otro objeto más de la presente invención consiste en proporcionar un prisma hueco para detectar el nivel de un líquido, en el que se reduzca el volumen del material óptico presente en la zona de detección de nivel del prisma hueco.

45 [0016] Otro objeto de la presente invención consiste en proporcionar un prisma hueco para detectar el nivel de un líquido, en el que ciertos cambios en las condiciones ambientales, como la presión y la temperatura del líquido, no influyan en el comportamiento refractivo del prisma hueco.

50 [0017] Otro objeto más de la presente invención consiste en proporcionar un prisma hueco para detectar el nivel de un líquido, en el que el haz óptico emergente no se desvíe con respecto a la dirección del haz óptico incidente, cuando el prisma hueco no esté sumergido en un medio líquido.

[0018] Otro objeto de la presente invención consiste en proporcionar un prisma hueco para detectar el nivel de un líquido, en el que el haz óptico emergente no se desvíe con respecto a la dirección del haz óptico incidente, cuando el prisma hueco esté sumergido en un medio líquido.

[0019] Otro objeto más de la presente invención consiste en proporcionar un prisma hueco para detectar el nivel de un líquido, que posea tres grados de libertad de movimiento lineal a lo largo de los tres ejes de referencia y un

grado de libertad de movimiento de rotación alrededor del eje Z.

**[0020]** Además, otro objeto de la presente invención consiste en proporcionar un prisma hueco para detectar el nivel de un líquido, que pueda comportarse como un flotador en un medio líquido.

5

**[0021]** Otro objeto más de la presente invención consiste en proporcionar un detector de niveles de líquido de fibra óptica con el prisma hueco de la presente invención para detectar el nivel de un líquido.

### Breve descripción de los dibujos

10

**[0022]**

La fig. 1 es una vista isométrica del prisma hueco de la presente invención.

15 La fig. 2 es una vista frontal y en sección transversal del prisma hueco de la presente invención.

Las figs. 3(a), (b) son unas vistas conceptuales del prisma hueco de la presente invención, que ilustran la emergencia del haz óptico no desviado mientras no se encuentra en un medio líquido y el haz óptico desviado cuando está sumergido en el medio líquido. La fig. 3(c) ilustra los posibles grados de libertad para el movimiento lineal del prisma hueco a lo largo de los ejes X, Y y Z y el movimiento de rotación alrededor del eje Z.

20 La figura 4 es una representación de las gráficas que muestran la desviación de un haz óptico emergente frente a los índices de refracción de los líquidos, para unos ángulos de prisma específicos de 30°, 45° y 60° respectivamente.

25 La fig. 5 es una vista frontal y en sección transversal del prisma hueco junto con una lente de colimación integrada.

La fig. 6 ilustra una vista frontal y en sección transversal del prisma hueco de la presente invención junto con un transmisor de fibra óptica integrado.

30 La fig. 7 ilustra una vista frontal y en sección transversal del prisma hueco junto con un transmisor de fibra óptica y una lente de colimación integrados.

La fig. 8 es una vista esquemática del detector de nivel de líquido de fibra óptica de la presente invención con el prisma hueco sujeto en una posición fija en un depósito.

35

La fig. 9 es una vista frontal y en sección transversal del detector de nivel de líquido de fibra óptica de la presente invención con el prisma hueco y sin lente de colimación.

40 La fig. 10 es una vista frontal y en sección transversal del detector de nivel de líquido de fibra óptica de la presente invención con el prisma hueco y la lente de colimación.

La fig. 11 es una vista integrada del detector de nivel de líquido de fibra óptica de la presente invención contenido en el alojamiento.

45 La fig. 12 ilustra un conjunto de seis detectores de nivel de líquido de fibra óptica de la presente invención.

La fig. 13 es un diagrama de bloques del detector de nivel de líquido de fibra óptica de la presente invención conectado a un controlador.

50 La fig. 14 es un diagrama de bloques de un conjunto de seis detectores de nivel de líquido de fibra óptica de la presente invención conectados a un controlador.

### Resumen de la presente invención

55 **[0023]** La presente invención proporciona un prisma hueco para detectar el nivel de líquido a través de un haz óptico emitido por una fuente, que incluye un elemento hueco sellado con elementos dieléctricos, con uno de dichos elementos dieléctricos dispuesto en un ángulo inclinado con respecto al otro y formando un espacio hueco y estanco entre los elementos dieléctricos. El haz óptico que emerge del prisma hueco conserva la dirección del haz óptico que penetra en el prisma hueco, o bien experimenta una desviación que depende de si la superficie del prisma hueco

desde la que emerge el haz óptico se encuentra rodeada de aire o sumergida en un líquido, respectivamente. La presente invención también proporciona un detector de nivel de líquido de fibra óptica para detectar el nivel de líquido.

## 5 Descripción de la invención

**[0024]** La presente invención proporciona un prisma hueco con un comportamiento refractivo característico para detectar el nivel de un líquido, usando la fuente de luz para iluminar el prisma hueco. El prisma hueco de la presente invención incluye un elemento hueco con uno de sus extremos cortado en una dirección perpendicular a su eje, mientras que el otro extremo está cortado a un ángulo sustancial con respecto al primero. Los respectivos extremos del cilindro, cuando se sellan con un par de elementos dieléctricos delgados y transparentes o semitransparentes para hacerlos estancos a los líquidos que se analizan, contienen un espacio hueco prismático dentro del cilindro hueco. Éste constituye el prisma hueco de la presente invención. Dicho prisma hueco presenta un comportamiento refractivo que pone de relieve una relación característica entre la dirección del haz óptico externo que entra en el elemento hueco con una incidencia normal y su dirección al emerger, tras propagarse a través del mismo a lo largo de su eje. El haz óptico que emerge del prisma hueco no resulta desviado con respecto al haz óptico incidente, o bien sufre una desviación, dependiendo de si la superficie del prisma hueco desde la que emerge se encuentra en el aire o está sumergida en un líquido, respectivamente. El cambio en la dirección del haz óptico, debido a un cambio de gas a líquido o viceversa en las proximidades de dicho prisma hueco, se puede discriminar fácilmente con una elevada eficiencia y resolución, cuando un receptor de fibra óptica capta el haz óptico que emerge del prisma hueco. El receptor de fibra óptica de la presente invención se usa como filtro de dirección.

**[0025]** Por consiguiente, la presente invención proporciona un prisma hueco que muestra un comportamiento refractivo cuando se sostiene fuera de un líquido, de manera que un haz óptico que entra en él a través de uno de sus lados cortos emerge «sin desviación» desde su lado más largo. En otras palabras, tras la inmersión en el líquido, el haz óptico que emerge del mismo sufre una desviación en su dirección de emergencia. La cantidad de desviación depende del índice de refracción del líquido, así como del ángulo del prisma, y es independiente del material utilizado para fabricar el dispositivo prismático.

**[0026]** Por lo tanto, el principio que se emplea para la detección del nivel en el prisma hueco de la presente invención consiste en el cambio que se produce con una iluminación procedente de la fuente de luz, cuando el entorno del prisma hueco cambia de gas a líquido y viceversa.

**[0027]** Ahora se describirán las formas de realización de la presente invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos. Las figs. 1 y 2 de los dibujos ilustran una vista isométrica, una vista frontal y una vista en sección transversal del prisma hueco. El prisma hueco incluye un elemento hueco 101, que sirve como alojamiento para el prisma hueco, tal como se describe más adelante. La forma geométrica del elemento hueco 101 está configurada de manera que posea una simetría cilíndrica. Los extremos del elemento hueco 101 constituyen, respectivamente, unos extremos terminal y distal, definidos con respecto al punto por el que un haz óptico incidente penetra en el elemento hueco 101. En la presente invención, como forma de realización ejemplar, la forma geométrica o la configuración del elemento hueco 101 se muestra con simetría cilíndrica. No obstante, el ámbito de la presente invención incluye el uso de otras formas y configuraciones adecuadas, como por ejemplo una configuración poligonal para el elemento hueco 101. El elemento hueco 101 está hecho de un material opaco/transparente, metálico o no metálico que es compatible con los líquidos cuyos niveles se desea detectar. Los factores de compatibilidad también se tienen en cuenta en función de la resistencia mecánica y química del material seleccionado del elemento hueco 101 con respecto al líquido usado, así como sus condiciones de temperatura y presión. Se proporciona una superficie plana 106 en la superficie del elemento hueco 101 para detener el movimiento del elemento hueco 101, durante la detección del nivel de líquido, tal como se describe más adelante.

**[0028]** El extremo proximal del elemento hueco 101 está provisto de una primera superficie plana 102 que está orientada de manera perpendicular al eje geométrico «a» del elemento hueco cilíndrico. Una abertura en esta superficie facilita la entrada de un haz óptico procedente de una fuente de luz en el elemento hueco 101.

**[0029]** El extremo distal del elemento hueco 101 también está provisto de una segunda superficie plana 103. La segunda superficie plana 103 está dispuesta con una inclinación con respecto a la primera superficie plana 102 a un ángulo de inclinación « $\alpha$ ». El valor del ángulo de inclinación « $\alpha$ » se selecciona en función de parámetros de diseño del prisma hueco tales como el grado de desviación del haz óptico requerido para un líquido con un índice de refracción específico. El ángulo de inclinación « $\alpha$ » se selecciona entre una amplia variedad de ángulos de prisma y depende del índice de refracción del líquido cuyo nivel de líquido se va a medir. Por consiguiente, se puede

establecer como ángulo de inclinación « $\alpha$ » un ángulo dentro del intervalo de 10° a 70°, preferentemente en el intervalo de 30° a 45°.

5 **[0030]** En la primera superficie plana 102 del elemento hueco 101 hay dispuesto un primer elemento dieléctrico 104 sellado de manera estanca. Siempre que el elemento hueco 101 esté sumergido en un líquido durante la detección, la configuración estanca impide que el líquido entre en el elemento hueco 101 a través de la junta entre el primer elemento dieléctrico 104 y la primera superficie plana 102. Asimismo, también hay un segundo elemento dieléctrico 105 dispuesto en la segunda superficie plana 103 y está sellado de manera estanca sobre la segunda superficie plana 103.

10

**[0031]** Esta configuración del primer y el segundo elemento dieléctrico 104 y 105 garantiza que el segundo elemento dieléctrico 105 que está dispuesto en la segunda superficie plana 103 esté colocado al ángulo de inclinación deseado « $\alpha$ » con respecto al primer elemento dieléctrico 104.

15 **[0032]** El primer y el segundo elemento dieléctrico 104 y 105 son unas placas o películas paralelas transparentes o semitransparentes hechas de diamante, zafiro, cuarzo, silicio, germanio, un cuarzo fundido amorfo, borosilicato en corona, polimetilmetacrilato (PMMA), policloruro de vinilo (PVC) o una combinación de ellos. El material para el primer y el segundo elemento dieléctrico 104 y 105 también se puede seleccionar entre aquellos materiales que actúen como transmisores del haz óptico aplicado y que presenten propiedades dieléctricas.

20

**[0033]** El grosor del segundo elemento dieléctrico 105 se determina en función de los requisitos de resistencia mecánica en condiciones de funcionamiento de la detección del nivel de líquido, incluidas la temperatura y la presión de trabajo y la reactividad del líquido con el elemento dieléctrico 105. El grosor del segundo elemento dieléctrico 105 se puede variar adecuadamente y se encuentra en el intervalo de 100 micrómetros ( $\mu$ ) a 1 mm. No obstante, debe entenderse que el factor de grosor no constituye una limitación y en la presente invención se pueden adoptar elementos dieléctricos 104 y 105 con cualquier grosor que resulte adecuado, y el prisma hueco de la presente invención se usa para la detección del nivel de líquido con elementos dieléctricos de grosor reducido.

25 **[0034]** En la presente invención, las superficies del primer y el segundo elemento dieléctrico 104 y 105 están pulimentadas para hacerlas transparentes al haz óptico que las atraviesa. No obstante, no es necesario que las superficies del primer y el segundo elemento dieléctrico 104 y 105 tengan un acabado óptico que ofrezca una elevada precisión superficial.

30 **[0035]** Cuando los elementos dieléctricos 104 y 105 se sellan sobre la primera y la segunda superficie plana 102 y 103, respectivamente, contienen entre ambos un espacio hueco prismático estanco 107.

35 **[0036]** Las características del prisma hueco permanecen inalteradas si el espacio hueco estanco 107 se llena de aire a temperatura y presión normales o se evacúa para obtener un vacío. Se garantiza que el líquido no penetra en el espacio hueco estanco 107 cuando el elemento hueco 101 se sumerge en un medio líquido 113 para detectar su nivel.

40 **[0037]** La fig. 3 es una descripción conceptual para el espacio hueco 107 contenido entre el primer y el segundo elemento dieléctrico 104 y 105 en el interior del elemento hueco 101. El primer elemento dieléctrico 104 del prisma hueco corresponde al lado más corto del prisma hueco a través del cual un haz óptico incidente 109 procedente de una fuente de luz seleccionada penetra en el prisma hueco con una incidencia perpendicular. El segundo elemento dieléctrico 105 corresponde al lado más largo del prisma hueco en el que un haz óptico emergente 110 entra en 105 con un ángulo de incidencia « $\alpha$ ».

45 **[0038]** Por consiguiente, las superficies internas del primer y el segundo elemento dieléctrico 104 y 105, junto con el espacio hueco estanco 107 corresponden específicamente al prisma hueco o dispositivo prismático de la presente invención.

50 **[0039]** En la presente invención, como forma de realización ejemplar, se muestra una forma geométrica del elemento hueco 101 cilíndrica. No obstante, la forma del elemento hueco 101 puede variar, siempre que el elemento hueco 101 con el primer elemento dieléctrico 104 esté colocado como su lado más corto para permitir la entrada del haz óptico incidente 109 procedente de la fuente de luz seleccionada y el segundo elemento dieléctrico 105 esté colocado como su lado más largo para la salida del correspondiente haz óptico emergente 110 y el segundo elemento dieléctrico 105 esté dispuesto en un ángulo inclinado con respecto al primer elemento dieléctrico 104.

**[0040]** En la presente invención, las dimensiones y el volumen del espacio hueco estanco 107 no alteran la eficiencia del funcionamiento y, por tanto, se pueden variar, dependiendo de las consideraciones de fabricación del elemento hueco 101. Por consiguiente, el espacio hueco estanco 107 forma un espacio hueco prismático estanco lleno de aire o al vacío. El volumen del material óptico presente en la zona de detección del nivel se puede reducir, si surge la necesidad, hasta el orden de los microlitros.

**[0041]** La fig. 3(a) ilustra una vista conceptual del prisma hueco de la presente invención que muestra la incidencia de un haz óptico 109 procedente de una fuente de luz. El prisma hueco que se muestra en la fig. 3 incluye el primer y el segundo elemento dieléctrico 104 y 105, que forman, respectivamente, los lados más corto y más largo del prisma hueco con un espacio hueco estanco 107. Un transmisor de fibra óptica 108, que consiste en una fibra óptica multimodo, transporta un haz óptico incidente monocromático 109 procedente de una fuente de luz. Se usa una fibra óptica de silicio multimodo de 50/125 micrómetros para la transmisión y la recepción del haz óptico. También se pueden usar adecuadamente otros elementos de fibra óptica compatibles, tales como un polímero, cuarzo, zafiro, etc., que funcionen tanto en monomodo como en multimodo, dependiendo de la naturaleza específica del líquido que se use para detectar el nivel. La fuente de luz puede ser un láser o un diodo emisor de luz o cualquier fuente de luz en la porción del espectro del visible al infrarrojo. En la presente invención, se usa un diodo láser de 5 mW y con una longitud de onda de 633 nm como fuente de luz de entrada para el prisma hueco a través del transmisor de fibra óptica 108. El haz óptico se colima; siempre que el haz óptico que emerge de la fibra multimodo diverja en exceso, mediante el uso de una lente adecuada. Un receptor de fibra óptica 112 con un tamaño de núcleo de 50 micrómetros está dispuesto de forma coaxial con respecto al transmisor de fibra óptica 108, como se muestra en la fig. 3. El receptor de fibra óptica 112 funciona como filtro de dirección. Aquí se entiende que el tamaño del núcleo del receptor de fibra óptica 112 se puede variar adecuadamente.

**[0042]** La posición coaxial del transmisor y el receptor de fibra óptica 108 y 112 facilita la recepción, en el receptor de fibra óptica 112, del haz óptico incidente 109 que emerge del transmisor de fibra óptica 108, siempre que el haz óptico incidente 109 se propague a través del prisma hueco de manera coaxial y emerja como un haz óptico no desviado, en ausencia de líquido 113.

**[0043]** La distancia de separación espacial «d» entre el punto crítico de la superficie de salida 105a del segundo elemento dieléctrico 105 y el punto crítico de la superficie de recepción 111 del receptor de fibra óptica 112 se determina basándose en el índice de refracción mínimo del líquido cuyo nivel se detecta mediante el prisma hueco. La determinación de la distancia de separación espacial «d» se describe más adelante.

**[0044]** Un fotodetector 141, que se describe más adelante, está conectado con el receptor de fibra óptica 112 y un controlador 142 que transmite señales de tipo encendido/apagado dependiendo de la exposición del prisma hueco a fases gaseosas o líquidas, respectivamente.

**[0045]** La fig. 3(b) ilustra una vista conceptual del prisma hueco sumergido en un medio líquido 113, que muestra la manera en la que el prisma hueco transmite el haz óptico incidente 109 procedente de una fuente de luz. El prisma hueco, como se muestra en la fig. 3(b), incluye el primer y el segundo elemento dieléctrico 104 y 105, que forman, respectivamente, los lados corto y largo del prisma hueco con un espacio hueco estanco 107. El transmisor de fibra óptica 108 transporta un haz óptico incidente 109 monocromático al prisma hueco. El receptor de fibra óptica 112 con un punto crítico de la superficie de recepción 111 está situado a una distancia «d» desde un punto crítico 105a en la superficie de salida del prisma hueco y está dispuesto de manera coaxial con respecto al transmisor de fibra óptica 108. La posición coaxial del transmisor y el receptor de fibra óptica 108 y 112 facilita la detección de la no recepción del haz óptico que sale por el punto 105a del prisma hueco como un haz óptico emergente desviado 114.

**[0046]** El controlador 142, como se describe más adelante, conectado al extremo más lejano del receptor de fibra óptica 112, detecta los cambios en el estado de la salida de un fotodetector 141, evalúa si el haz óptico que emerge del prisma hueco es de tipo no desviado o de tipo desviado 114 y activa el correspondiente elemento de visualización para indicar si el prisma hueco está rodeado de aire o dentro de un líquido cuyo nivel está cambiando.

**[0047]** El comportamiento refractivo del prisma hueco de la presente invención consiste en que, cuando el prisma hueco se mantiene fuera del medio líquido, como se muestra en la fig. 3(a), el haz óptico que entra a través de uno de sus lados cortos, emerge «sin desviación» por su lado más largo. Tras la inmersión en el líquido, como se muestra en la fig. 3(b), el haz óptico que emerge del mismo sufre una desviación en su dirección de emergencia.

**[0048]** La fig. 3(c) ilustra posibles grados de libertad para el movimiento del prisma hueco a lo largo y alrededor de

los ejes de referencia del sensor. El prisma hueco presenta un posible grado de libertad de rotación alrededor del eje Z y tres posibles grados de libertad de desplazamiento lineal a lo largo de cada uno de los ejes X, Y y Z del sistema de coordenadas. Esto implica que no es necesario que el prisma hueco de la presente invención esté conectado de manera rígida a los conductos de fibra óptica con una distancia fija entre los conductos de fibra óptica y con una relación inicial fija con respecto al punto crítico de la superficie de salida del prisma hueco. Su funcionamiento permanece inalterado aunque se permita el movimiento del elemento hueco 101 a modo de flotador junto con el nivel del líquido. Para medir el nivel del líquido con dicha configuración, es necesario detener el flotador en cualquier punto que se desee mediante un mecanismo conveniente. Por lo tanto, el prisma hueco se puede mover libremente y linealmente como un flotador junto con el nivel del líquido y se detiene en un punto en el que haya que medir el nivel del líquido.

**[0049]** El líquido seleccionado 113 puede ser un líquido no criogénico o un líquido criogénico. Entre los líquidos que se pueden usar en la presente invención, se incluye una amplia variedad de líquidos con diferentes índices de refracción, por ejemplo y no exclusivamente: agua, leche, propulsantes líquidos, hidrógeno líquido, oxígeno líquido, nitrógeno líquido, fluidos tóxicos, alcoholes, aceites, queroseno y derivados del petróleo (con índices de refracción de 1,1 a 1,7).

**[0050]** El grado de desviación del haz óptico, cuando el prisma hueco está sumergido en líquido, depende del índice de refracción del medio líquido 113 y es independiente del material usado para fabricar el dispositivo prismático. Por lo tanto, el prisma hueco de la presente invención depende únicamente del índice de refracción del líquido seleccionado 113 y no de otras condiciones del líquido, como la temperatura y la presión, que cambian de forma dinámica, particularmente en entornos de líquidos criogénicos. En otras palabras, el comportamiento refractivo del prisma hueco de la presente invención es insensible a las condiciones ambientales de temperatura y presión. Esta propiedad refleja y crea la ventaja específica de la detección del nivel mediante el uso de un prisma hueco en el que no es necesario reubicar el receptor de fibra óptica 112 cada vez que las condiciones ambientales, como la presión y la temperatura, del líquido que se esté analizando experimenten cambios dinámicos durante la detección del nivel.

**[0051]** La fig. 4 es una gráfica de la variación de la desviación angular del haz 114 con el índice de refracción del medio 113 en el intervalo de 1 a 1,7. La misma figura ilustra también la influencia del ángulo del prisma en dicha relación. Como forma de realización ejemplar, a continuación se dan las estimaciones del ángulo de desviación esperado cuando el medio 113 está constituido por hidrógeno líquido, nitrógeno líquido y agua, con unos índices de refracción correspondientes de 1,1, 1,195 y 1,33 respectivamente. A  $\alpha=30^\circ$ , cuando se detecta hidrógeno líquido con el detector de nivel de fibra óptica 117 (que se muestra en la fig. 8) de la presente invención, el haz óptico desviado 114 que se muestra en la fig. 3 sufre una desviación de  $2,5^\circ$ , mientras que el mismo haz, cuando se detectan los niveles de nitrógeno líquido y agua, se desvía a unos ángulos de  $5^\circ$  y  $7,5^\circ$ , respectivamente. En el caso de que aumente el ángulo, los correspondientes ángulos de desviación también presentarán un correspondiente aumento de magnitud. El conocimiento de dichas estimaciones para el ángulo de desviación ayudarán a fijar la distancia espacial «d» entre el punto crítico de la superficie de salida 105a y el punto crítico de la superficie de recepción 111 del detector de nivel de líquido de fibra óptica 117. Por lo tanto el sensor de nivel de fibra óptica 117, que se describirá más adelante, de la presente invención se puede usar para detectar los niveles de líquido de diferentes líquidos con índices de refracción variables, cuando el índice de refracción del líquido se encuentra por encima de un valor crítico fijado por la distancia «d».

**[0052]** La distancia de separación espacial «d» puede estar diseñada para llevar a cabo la detección del nivel en todos los líquidos que tengan un índice de refracción de 1,1 o más, con lo cual se produce un valor de desviación bajo, de hasta  $2,5^\circ$ , con el ángulo  $\alpha = 30^\circ$ . Por ejemplo, para el hidrógeno líquido, con un índice de refracción de 1,1, se produce una desviación de  $2,5^\circ$  (con  $\alpha = 30^\circ$ ), si la desviación horizontal prevista en el punto crítico de la superficie de recepción 111 es de 5mm, entonces  $\text{tg}(2,5^\circ)$  es igual a  $5/d$ , o  $d \times \text{tg}(2,5^\circ) = 5$ , a partir de lo cual se calcula «d» en mm.

**[0053]** Por lo tanto, la magnitud de la desviación del haz óptico introducida por el prisma hueco, cuando está sumergido en líquido, viene determinada exclusivamente el índice de refracción del líquido seleccionado 113 que se está midiendo y el ángulo apropiado del prisma.

**[0054]** La fig. 5 es una vista frontal y en sección del elemento hueco 101. En esta forma de realización, el elemento dieléctrico 104 se sustituye por una lente de colimación 115 con una forma geométrica cilíndrica. El diámetro interior del elemento hueco 101 y el diámetro exterior de la lente de colimación 115 coinciden, con una tolerancia de precisión. La lente de colimación 115 está colocada coaxialmente en el interior del elemento hueco



101, de manera que el extremo inferior plano de la lente queda a nivel con respecto a la superficie 102. Cuando el espacio situado entre la pared de la lente de colimación y la superficie interna del elemento hueco 101 se sella de manera estanca, se forma un espacio prismático estanco contenido entre la superficie superior plana 116 de la lente de colimación y el elemento dieléctrico 105. Esto constituye el prisma hueco de esta forma de realización. En esta  
5 forma de realización, el prisma hueco llega a tolerar pequeños cambios en la divergencia del haz óptico que emerge del transmisor de fibra óptica.

**[0055]** La fig. 6 ilustra la vista frontal y en sección transversal de otra forma de realización del prisma hueco de la presente invención. El prisma hueco está integrado directamente con el transmisor de fibra óptica 108 en el extremo  
10 proximal del elemento hueco 101, como se muestra en la fig. 6. El extremo libre del transmisor de fibra óptica 108 termina en un casquillo 108a y una tapa metálica 108b, ambos con forma cilíndrica. El diámetro exterior del casquillo 108a y el diámetro interior del elemento hueco 101 coinciden, con una tolerancia de precisión. El casquillo 108a está colocado coaxialmente y sellado de manera estanca cerca del extremo proximal del elemento hueco 101. El casquillo 108a de esta invención está hecho de un material cerámico y también se puede usar cualquier otro  
15 material adecuado como casquillo o tapa. En esta forma de realización, el transmisor de fibra óptica 108 con su superficie superior formando una primera superficie plana 102a, está dispuesto en lugar del primer elemento dieléctrico 104 y actúa como el lado más corto del prisma hueco y el segundo elemento dieléctrico 105, con su ángulo inclinado, actúa como el lado más largo del prisma hueco, de donde emerge el haz óptico al salir del prisma hueco. En otras palabras, ahora el espacio hueco 107 está contenido entre la superficie superior plana de  
20 transmisor de fibra óptica 102a y el elemento dieléctrico 105b. En esta forma de realización, el transmisor de fibra óptica 108 está hecho usando una fibra monomodo. Dicha fibra emite un haz óptico, que se mantiene sustancialmente unidireccional a lo largo de la distancia «d» y, por tanto, no requiere una lente de colimación adicional para funcionar de un modo eficiente.

**[0056]** La fig. 7 ilustra la vista frontal y en sección transversal de otra forma de realización más del prisma hueco de la presente invención. En esta forma de realización, hay una lente de colimación 115 adicional interpuesta coaxialmente en el espacio hueco situado entre la superficie superior plana del transmisor de fibra óptica 102a del  
30 transmisor de fibra óptica 108 y el elemento dieléctrico 105b. El transmisor de fibra óptica 108 dispuesto en un casquillo cerámico 108a se monta a través de la abertura del extremo proximal del elemento hueco 101. También existe una forma de realización de la presente invención en la que hay una lente de colimación 115 dispuesta entre el transmisor de fibra óptica 108 y el elemento dieléctrico 105b con el fin de colimar el haz óptico procedente del transmisor de fibra óptica 108. La superficie superior 116 de la lente de colimación 115 hace ahora las veces del primer elemento dieléctrico 104 y sirve como lado corto del prisma hueco y el elemento dieléctrico 105b sirve como  
35 lado más largo del prisma hueco, de donde emerge el haz óptico. La lente de colimación 115, según se usa en la presente invención, es una lente en forma cilíndrica con una distancia focal fija o una lente de gradiente de índice con una longitud de 6 mm, diámetro de 2 mm y distancia focal de 2 mm. No obstante, aquí debe considerarse que las especificaciones de las lentes de colimación 115 que se proporcionan son de carácter indicativo y no constituyen un factor limitante.

**[0057]** La presente invención también proporciona un detector de nivel de líquido de fibra óptica con un prisma hueco para detectar el nivel de líquido, en presencia de una fuente de luz 120, que ahora se describe haciendo referencia a las figs. 8 a 14. El detector del nivel de líquido 117 incluye el prisma hueco de la presente invención  
40 dispuesto en un depósito o contenedor estanco 118 lleno del líquido deseado 113 con su superficie al nivel que se muestra en 119, para el que se debe detectar el nivel de líquido.

**[0058]** El depósito 118 está cerrado de forma estanca con una tapadera 121. Una fuente de luz 120 está conectada para transmitir un haz óptico para el prisma hueco del detector del nivel de líquido 117 a través del transmisor de fibra óptica 108. El receptor de fibra óptica 112 está conectado al controlador 142 a través del  
50 fotodetector 141 para detectar la presencia o la ausencia del haz óptico del receptor de fibra óptica 112. El receptor de fibra óptica 112 está configurado para recibir el haz óptico no desviado cuando no hay un líquido presente y no recibe el haz emergente desviado cuando hay un líquido presente. El receptor de fibra óptica 112 está conectado con el fotodetector 141, para generar la tensión eléctrica o señal de corriente de tipo encendido/apagado, con el fin de indicar que el prisma hueco está dentro de un entorno gaseoso o líquido, respectivamente, y de facilitar la regulación y el control remotos durante las operaciones de llenado/vaciado de cualquier líquido. También es posible  
55 configurar un sistema de detección de nivel usando el detector del nivel de líquido de la presente invención, para supervisar el nivel de manera continua, a lo largo de una altura limitada de la columna del líquido que se esté midiendo.

**[0059]** La fig. 9 es una vista frontal y en sección transversal del detector del nivel de líquido 117, que incluye un

elemento de soporte 122, que consiste en una estructura similar a una varilla o barra para sostener otras piezas relacionadas del detector del nivel de líquido 117. Un soporte del transmisor de fibra óptica 125 provisto de un par de aberturas 126 y 127 está conectado al elemento de soporte 122 a través de la abertura 126. El transmisor de fibra óptica 108 está configurado de forma permeable para pasar a través de la abertura 127 del soporte del transmisor de fibra óptica 125, que detiene eficazmente el movimiento de traslación del transmisor de fibra óptica 108 en el plano XY. Un dispositivo de sujeción 129 posee un par de aberturas 126a y 127a. Está conectado al elemento de soporte 122 a través de la abertura 126a. El mismo dispositivo de sujeción también está conectado al transmisor de fibra óptica 108 a través de la abertura 127a. El dispositivo de sujeción 129 detiene eficazmente el movimiento de traslación del transmisor de fibra óptica 108 a lo largo del eje Z. Un elemento separador 128 montado sobre el elemento de soporte 122 ayuda a mantener el dispositivo de sujeción 129 paralelo al soporte del transmisor de fibra óptica 125. El dispositivo de sujeción 131 posee un par de aberturas 126b y 127b. Está conectado al elemento de soporte 122 a través de la abertura 126b y al elemento hueco 101 a través de la abertura 127b. El elemento separador 130 montado sobre el elemento de soporte 122 ayuda a mantener el dispositivo de sujeción 131 paralelo al dispositivo de sujeción 129. Se usa una fijación 132 para conectar firmemente el elemento hueco 101, junto con los elementos de conexión citados anteriormente, con el elemento de soporte 122. Se proporciona una parte plana 106 en la superficie del elemento hueco 101 para detener el movimiento de rotación del elemento hueco 101.

**[0060]** Cabe señalar que el elemento hueco 101 que se muestra en la fig. 9 no contiene la lente de colimación 115.

**[0061]** En el elemento de soporte 122 hay montado un regulador de distancia 124 con unos extremos proximal y distal. El regulador de distancia 124 es un manguito o separador de longitud variable. El dispositivo de sujeción 133 es un soporte del receptor de fibra óptica y posee un par de aberturas 126c y 127c. Está conectado al elemento de soporte 122 a través de la abertura 126c. El receptor de fibra óptica 112 está conectado de manera permeable con el dispositivo de sujeción 133 a través de la abertura 127c. El dispositivo de sujeción 133 también está configurado para apoyarse en el extremo distal del regulador de distancia 124. El dispositivo de sujeción 133 no solo mantiene el receptor de fibra óptica 112 en posición coaxial con respecto al transmisor de fibra óptica 108, sino que además impide que el receptor de fibra óptica 112 experimente cualquier movimiento de traslación en el plano XY. El regulador de distancia 124 es un separador configurado para fijar la distancia «d» entre el punto crítico 105a del elemento dieléctrico 105b del segundo elemento dieléctrico 105 y el punto crítico de la superficie de recepción 111 del receptor de fibra óptica 112.

**[0062]** Un dispositivo de sujeción 135 provisto de un par de aberturas 126d y 127d está conectado al elemento de soporte 122 a través de la abertura 126d. También está conectado al receptor de fibra óptica 112 a través de la abertura 127d. El dispositivo de sujeción 135 se usa para detener el movimiento de traslación del receptor de fibra óptica a lo largo del eje Z. El separador 134 montado sobre el elemento de soporte 122 ayuda a mantener los dispositivos de sujeción 133 y 135 paralelos entre sí. Se usa un elemento de fijación 123 para fijar los dispositivos de sujeción 133 y 135. El receptor de fibra óptica 112 está conectado a un controlador 142 a través del fotodetector 141. El controlador 142 procesa las señales detectadas por el fotodetector 141 para evaluar la presencia o ausencia del haz óptico en el fotodetector 141 durante la detección del nivel de líquido.

**[0063]** Un elemento de sujeción 136 está conectado al elemento de soporte 122 a través de un dispositivo de sujeción 137 para que funcione como un anclaje y se use para suspender el detector del nivel de líquido 117 en el depósito 118.

**[0064]** La fig. 10 es una vista frontal y en sección transversal del detector de nivel de líquido 117 que se ilustra en la fig. 8, en el que el elemento hueco 101 del detector de nivel de líquido contiene una lente de colimación 115. En todos los demás aspectos, su construcción es similar a la que se muestra en la fig. 9.

**[0065]** La fig. 11 es una vista integrada del detector de nivel de líquido 117 contenido en el alojamiento 138 con unas aberturas 139 para el paso del líquido al alojamiento 138 durante la detección del nivel del líquido.

**[0066]** La fig. 12 ilustra un conjunto de seis detectores de nivel de líquido de fibra óptica, cada uno de ellos idéntico en su construcción a 117 y dispuestos en diferentes ubicaciones espaciales y en serie en un depósito que contiene un líquido 113, para detectar los niveles de líquido en las múltiples ubicaciones correspondientes en el depósito 118. También se puede configurar un gran número de conjuntos de tales detectores de nivel de líquido de fibra óptica 117 para detectar el nivel de líquido con una resolución espacial diferente en cualquier zona del depósito 118.

**[0067]** Ahora se describirá el procedimiento de detección del nivel de líquido mediante el uso del detector de nivel

de líquido de fibra óptica de la presente invención haciendo referencia a las figs. 13 y 14.

**[0068]** Ahora se describirá el procedimiento con el depósito 118 lleno de un líquido seleccionado y el vaciado del mismo.

5

**[0069]** La fig. 13 es un diagrama de bloques del detector de nivel de líquido de fibra óptica de la presente invención conectado a un fotodetector 141 y un controlador 142.

**[0070]** Para detectar el nivel de líquido en el depósito 118 mientras se llena con el líquido deseado, el detector de nivel de líquido de fibra óptica está dispuesto en el depósito 118 en la posición hasta la cual se desea llenar el depósito 118. Se activa una fuente de luz 120 y se permite el paso del correspondiente haz óptico 109 a través del detector de nivel de líquido 117 y el haz óptico no desviado es captado por el receptor de fibra óptica 112, mientras el líquido no alcance el punto crítico 105a del elemento dieléctrico 105b. El fotodetector 141 detecta el haz óptico enviado por el receptor de fibra óptica 112 y transmite una señal eléctrica en forma de tensión o corriente al módulo de acondicionamiento de señales del controlador 142. Se puede usar cualquier fotodetector basado en un diodo semiconductor con un tiempo de respuesta de 1 milisegundo o inferior. El controlador 142 es un controlador proporcional, integral y diferencial (PID) con acondicionadores de señales y dispositivos de entrada/salida. El controlador PID lee el estado de las señales de entrada procedentes del fotodetector 141 a través del acondicionador de señales y, basándose en una lógica preestablecida, activa dispositivos de control fmal como bombas, válvulas, etc., a través de dispositivos de salida, para regular la secuencia de llenado/vaciado. En el momento en que el líquido alcanza el punto crítico 105a del elemento dieléctrico 105b, el haz óptico sufre una desviación y se comunica al controlador 142 la correspondiente ausencia de señales de la detección de luz en el fotodetector 141, con lo cual se indica la presencia de líquido al nivel deseado. Esta señal se conecta a un comparador de tensión/detector de umbral para determinar el nivel de líquido en el depósito. Después, el controlador 142 evalúa el valor analógico de la tensión o corriente para indicar el nivel del líquido 113. Esta operación también se puede llevar a cabo para el llenado de líquido a varios niveles mediante el uso de un conjunto de detectores de nivel de líquido de fibra óptica 117 junto con unos acopladores 140, tal como se muestra en las figs. 12 y 14. Los acopladores que se usan en la presente invención son del tipo en los que la luz es guiada desde una fibra y dividida en «n» haces con igual intensidad y cada uno de ellos es guiado hacia «n» fibras individuales. El número total de haces, «n», es igual al número de detectores de fibra óptica usado en el conjunto. En la presente invención, como forma de realización ejemplar, se usa un acoplador que divide un único haz para generar seis haces con el fin de utilizar los seis detectores de nivel de fibra óptica de forma independiente, y dentro del alcance de la invención se incluye el uso de tantos acopladores como sean necesarios para dividir el haz único.

**[0071]** De modo similar, también se determina la bajada del nivel del líquido en el depósito 118 cada vez que el nivel del líquido desciende por debajo del punto crítico 105a del elemento dieléctrico 105b del detector de nivel de líquido de fibra óptica 117 de la presente invención.

#### VENTAJAS DE LA PRESENTE INVENCION

40

**[0072]**

1. Con el prisma hueco de la presente invención, el proceso de detección del nivel depende exclusivamente del índice de refracción del líquido y no de otras condiciones del líquido, tales como la temperatura y la presión, que cambian dinámicamente en entornos de líquidos criogénicos.

45

2. El prisma hueco de la presente invención es de construcción sencilla, tiene un funcionamiento robusto y no requiere habilidades especiales para entenderlo y utilizarlo, es fácil de fabricar a gran escala, industrialmente viable y no requiere superficies ópticas de alta precisión.

50

3. Se suprime el proceso de recalibrado del detector de nivel de líquido de fibra óptica de la presente invención que se lleva a cabo cada vez que se cambia el líquido que se va a analizar.

55

4. El prisma hueco de la presente invención se puede miniaturizar reduciendo el volumen óptico del prisma hueco.

5. También se puede permitir que el prisma hueco de la presente invención goce de tres grados de libertad de movimiento lineal en el plano XY y un grado de libertad de rotación alrededor del eje Z, y que se pueda usar como un flotador y detener en la ubicación deseada para la detección del nivel de líquido.

6. El prisma hueco de la presente invención puede funcionar a presiones de hasta 10 bares y a temperaturas tan bajas como la del helio líquido.

7. La orientación del prisma hueco del detector de nivel de líquido de la presente invención se puede variar 180°.

5

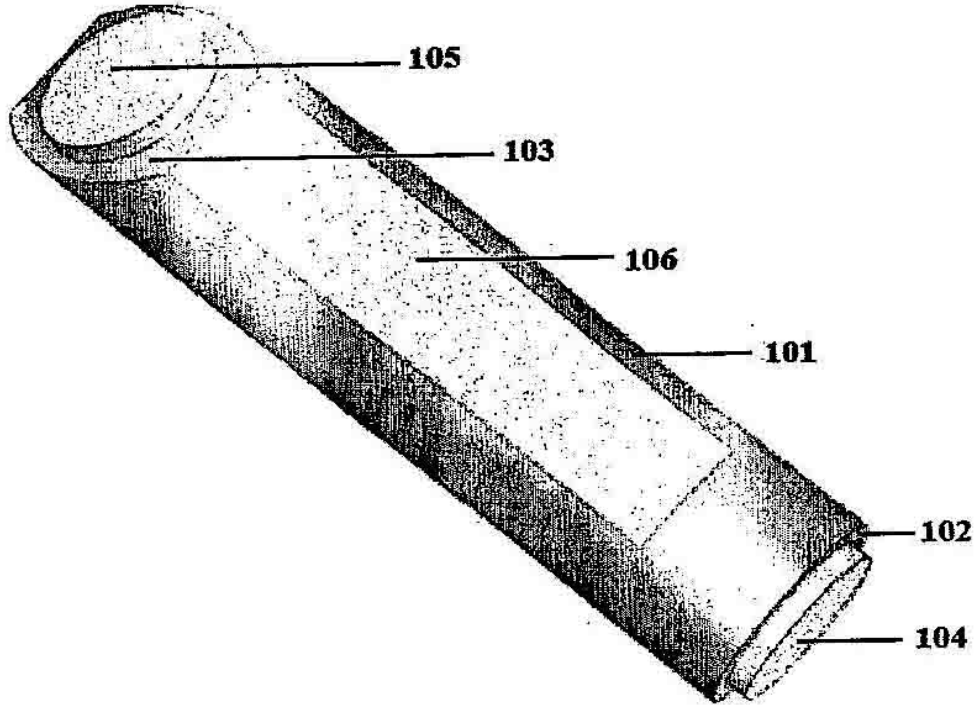
8. El detector de nivel de líquido de fibra óptica de la presente invención ofrece un tiempo de respuesta idéntico para la detección del nivel de líquido durante las operaciones tanto de llenado como de vaciado y la respuesta es muy rápida, ya que la detección se produce a la velocidad de la luz.

10 **[0073]** Sin alejarse del espíritu y el alcance de la presente invención, cualquier experto en la materia puede realizar diversos cambios y modificaciones en la invención para adaptarla a diversos usos y condiciones. Así, se entiende que estos cambios y modificaciones quedarán, de manera apropiada y equitativa, incluidos dentro del pleno alcance de la equivalencia con las siguientes reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

1. Prisma hueco para detectar el nivel de líquido en presencia de un haz óptico, que comprende: un elemento hueco 101 con una geometría adecuada, una primera superficie plana 102 dispuesta en el extremo proximal de dicho elemento hueco 101, en el que dicha primera superficie plana 102 está dispuesta en dirección perpendicular al eje geométrico de dicho elemento hueco 101, una segunda superficie plana 103 dispuesta en el extremo distal de dicho elemento hueco 101 y a un ángulo inclinado « $\alpha$ » con respecto a dicha primera superficie plana (102), un primer elemento dieléctrico 104 sellado sobre dicha primera superficie plana 102, un segundo elemento dieléctrico 105 sellado sobre dicha segunda superficie plana 103, un espacio hueco estanco 107 dispuesto entre dichos primer y segundo elemento dieléctrico 104 y 105, en el que un haz óptico incidente 109 penetra a través de dicho primer elemento dieléctrico 104 y sale como un haz óptico emergente a través de dicho segundo elemento dieléctrico 105, y en el que dicho haz emergente se mantiene sin desviación 110 cuando dicho elemento hueco 101 no está sumergido en un medio líquido 113 y dicho haz emergente sufre una desviación 114 cuando se sumerge en dicho medio líquido 113.
2. El prisma hueco de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha geometría es cilíndrica o poligonal.
3. El prisma hueco de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichos primer y segundo elementos dieléctricos 104 y 105 son transparentes o semitransparentes.
4. El prisma hueco de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichos primer y segundo elementos dieléctricos 104 y 105 son placas o películas paralelas transparentes hechas de diamante, zafiro, cuarzo, silicio, germanio, un cuarzo fundido amorfo, borosilicato en corona, polimetilmetacrilato (PMMA), policloruro de vinilo (PVC) o una combinación de ellos.
5. El prisma hueco de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las superficies de dichos primer y segundo elementos dieléctricos 104 y 105 no presentan una elevada precisión óptica.
6. El prisma hueco de acuerdo con la reivindicación 1, en el que hay una lente de colimación 115 dispuesta coaxialmente en dicho elemento hueco 101, en lugar de dicho primer elemento dieléctrico.
7. El prisma hueco de acuerdo con la reivindicación 1, en el que hay un transmisor de fibra óptica 108 dispuesto coaxialmente en dicho elemento hueco 101, en lugar de dicho primer elemento dieléctrico 104.
8. El prisma hueco de acuerdo con la reivindicación 1, en el que hay una lente de colimación 115 y un transmisor de fibra óptica 108 dispuestos coaxialmente en dicho elemento hueco 101, en lugar de dicho primer elemento dieléctrico 104.
9. Detector de nivel de líquido de fibra óptica, que comprende: un elemento de soporte 122, un elemento de sujeción 136 conectado a dicho elemento de soporte 122, un prisma hueco que incluye un elemento hueco 101 con una geometría adecuada, una primera superficie plana 102 dispuesta en el extremo proximal de dicho elemento hueco 101, en el que dicha primera superficie plana 102 dispuesta en dirección perpendicular con respecto al eje geométrico de dicho elemento hueco 101, una segunda superficie plana 103 dispuesta en el extremo distal de dicho elemento hueco 101 y a un ángulo inclinado « $\alpha$ » con respecto a dicha primera superficie plana 102, una lente de colimación 115 dispuesta coaxialmente en dicho elemento hueco 101, un transmisor de fibra óptica 108 sellado coaxialmente sobre dicho elemento hueco 101 en dicho extremo proximal, un elemento dieléctrico 105b dispuesto en dicha segunda superficie plana 103 y sellado, un espacio hueco estanco 107 dispuesto entre dicho transmisor de fibra óptica 108 y dicho elemento dieléctrico 105b, y en el que un haz óptico incidente 109 procedente de dicho transmisor de fibra óptica 108 sale a modo de haz emergente a través de dicho elemento dieléctrico 105b, en el que dicho haz emergente se mantiene sin desviación 110 cuando dicho elemento hueco 101 no está sumergido en un medio líquido 113 y dicho haz emergente sufre una desviación 114 cuando se sumerge en dicho medio líquido 113, un regulador de distancia 124 montado sobre dicho elemento de soporte 122, un receptor de fibra óptica 112 conectado con dicho extremo distal de dicho regulador de distancia 124 y dispuesto coaxialmente con respecto a dicho transmisor de fibra óptica 108 para recibir un haz óptico no desviado 110, un alojamiento 138 con unas aberturas 139 para la entrada de líquido, un detector 141 conectado con dicho receptor de fibra óptica 112, y un controlador 142 conectado con dicho detector 141.
10. El prisma hueco de acuerdo con la reivindicación 1 o el detector de nivel de líquido de fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 9, en el que dicho elemento hueco 101 es opaco, transparente, metálico o no metálico.

11. El detector de nivel de líquido de fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la configuración de dicho elemento hueco 101 es cilíndrica o poligonal.
- 5 12. El prisma hueco de acuerdo con la reivindicación 1 o el detector de nivel de líquido de fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 9, en el que dicho ángulo inclinado «a» se encuentra en el intervalo de 10° a 70°, preferentemente de 30° a 45°.
13. El detector de nivel de líquido de fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 9, en el que dicho  
10 elemento dieléctrico 105b es transparente, semitransparente, o en el que dicho elemento dieléctrico 105b es una placa o película paralela hecha de diamante, zafiro, cuarzo, silicio, germanio, un cuarzo fundido amorfo, borosilicato en corona, polimetilmetacrilato (PMMA), policloruro de vinilo (PVC) o una combinación de ellos, o  
15 en el que la superficie de dicho elemento dieléctrico 105b no presenta una alta precisión óptica.
14. El prisma hueco de acuerdo con la reivindicación 1 o el detector de nivel de líquido de fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el tamaño de dicho espacio hueco estanco 107 es variable.
15. El detector de nivel de líquido de fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 9, en el que hay una  
20 lente de colimación 115 dispuesta coaxialmente en dicho elemento hueco 101 en lugar de dicho primer elemento dieléctrico 104, o en el que una pluralidad de dichos detectores de nivel de líquido 117 están conectados en serie, o en el que dicho elemento hueco 101 se encuentra dispuesto en dicho medio líquido 113 a modo de flotador.



**FIG - 1**

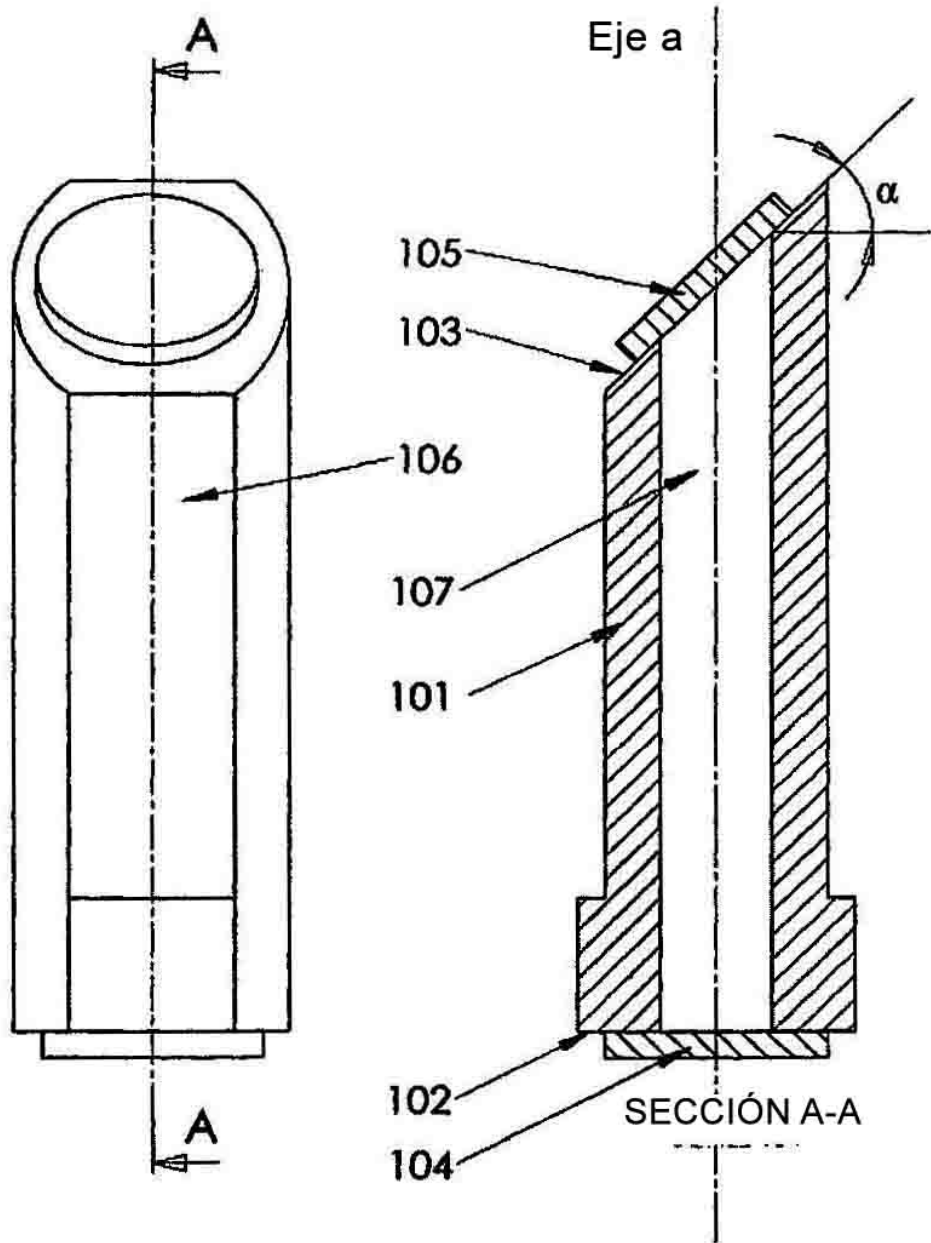


FIG-2



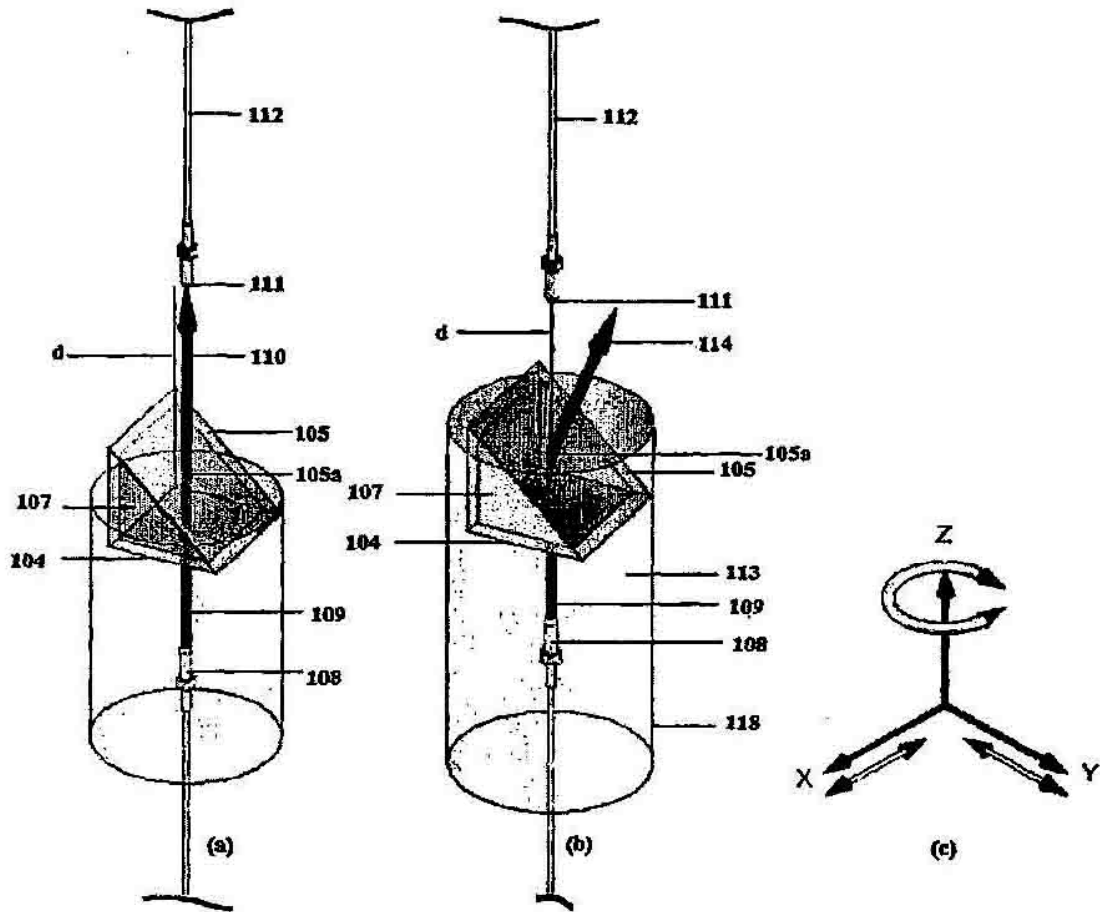


FIG - 3

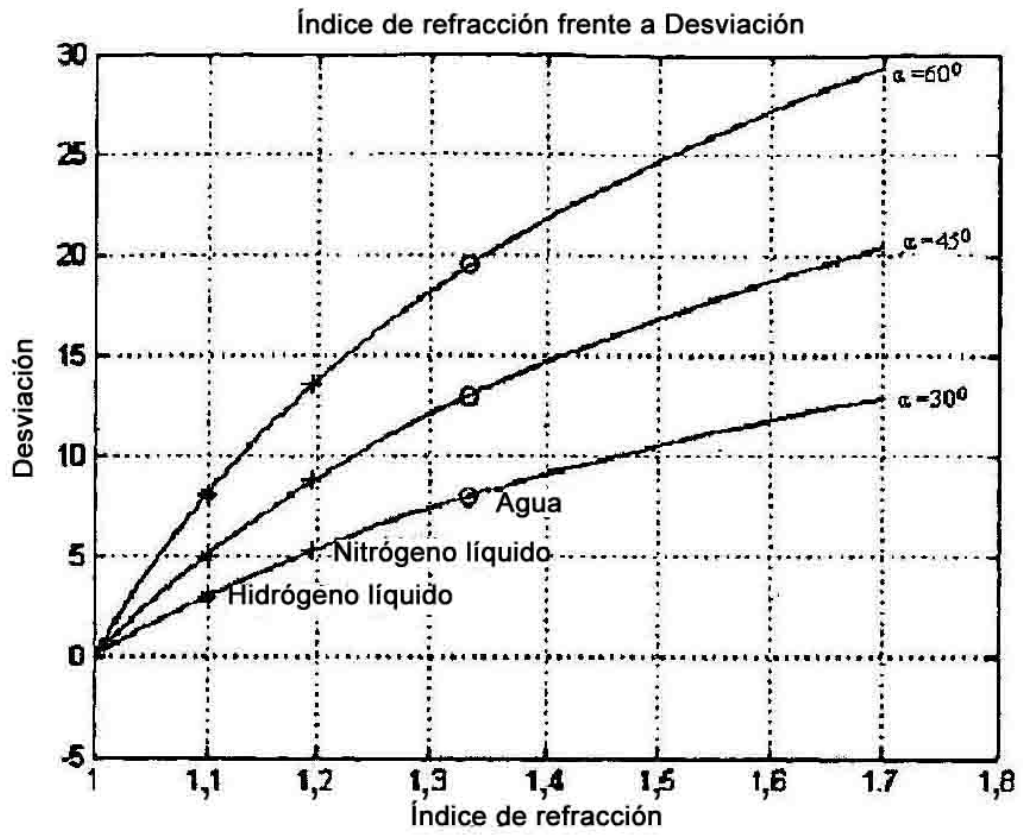


FIG-4

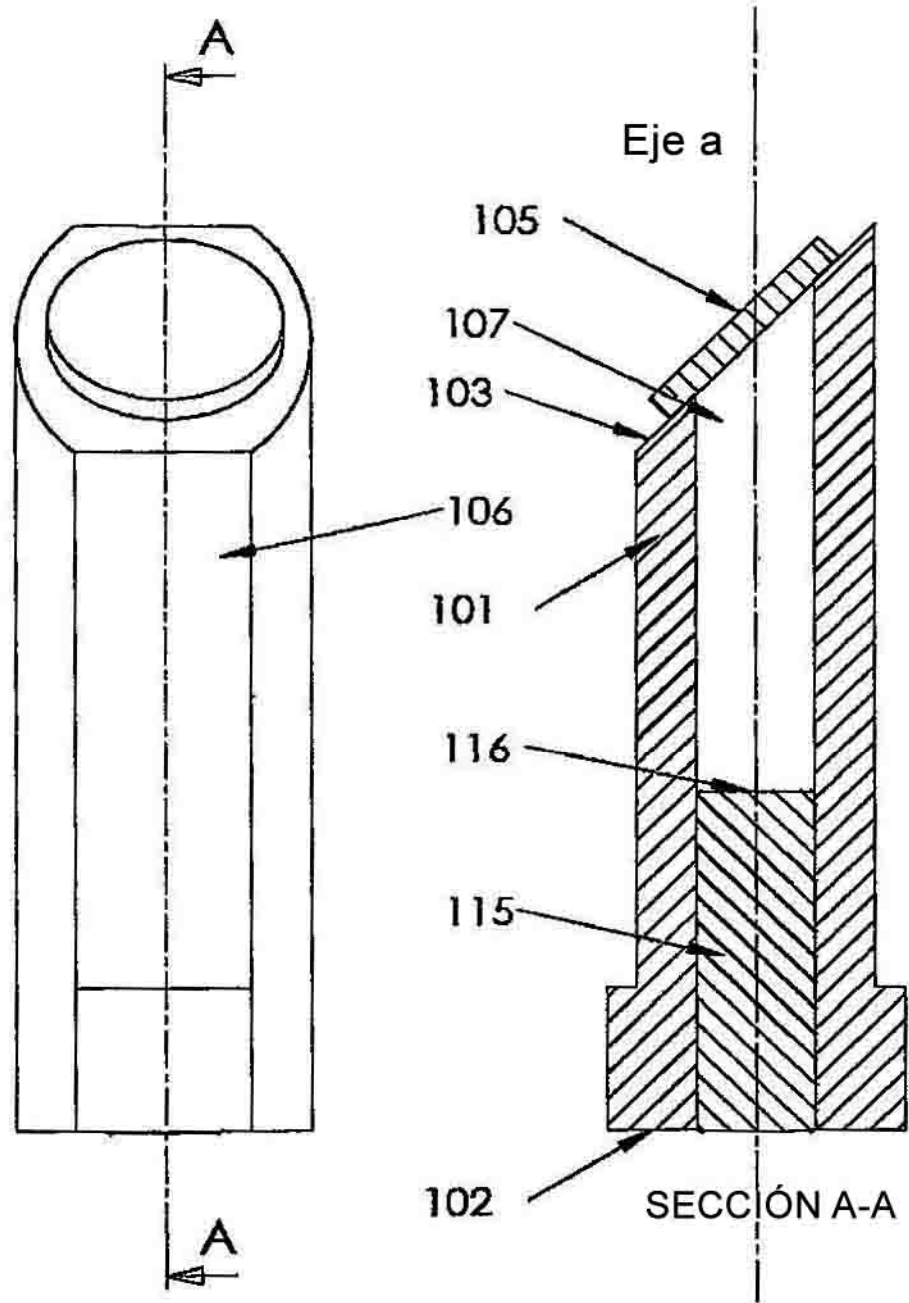


FIG-5

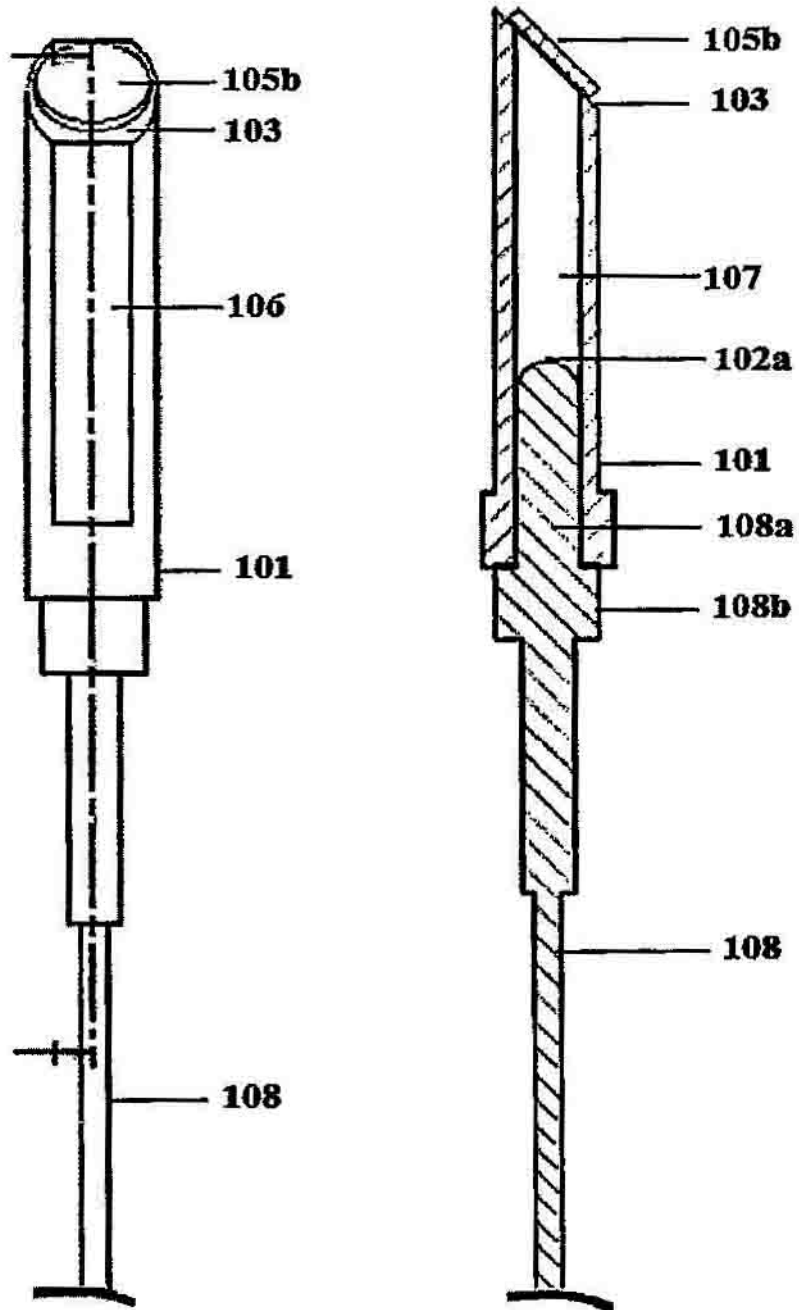


FIG - 6

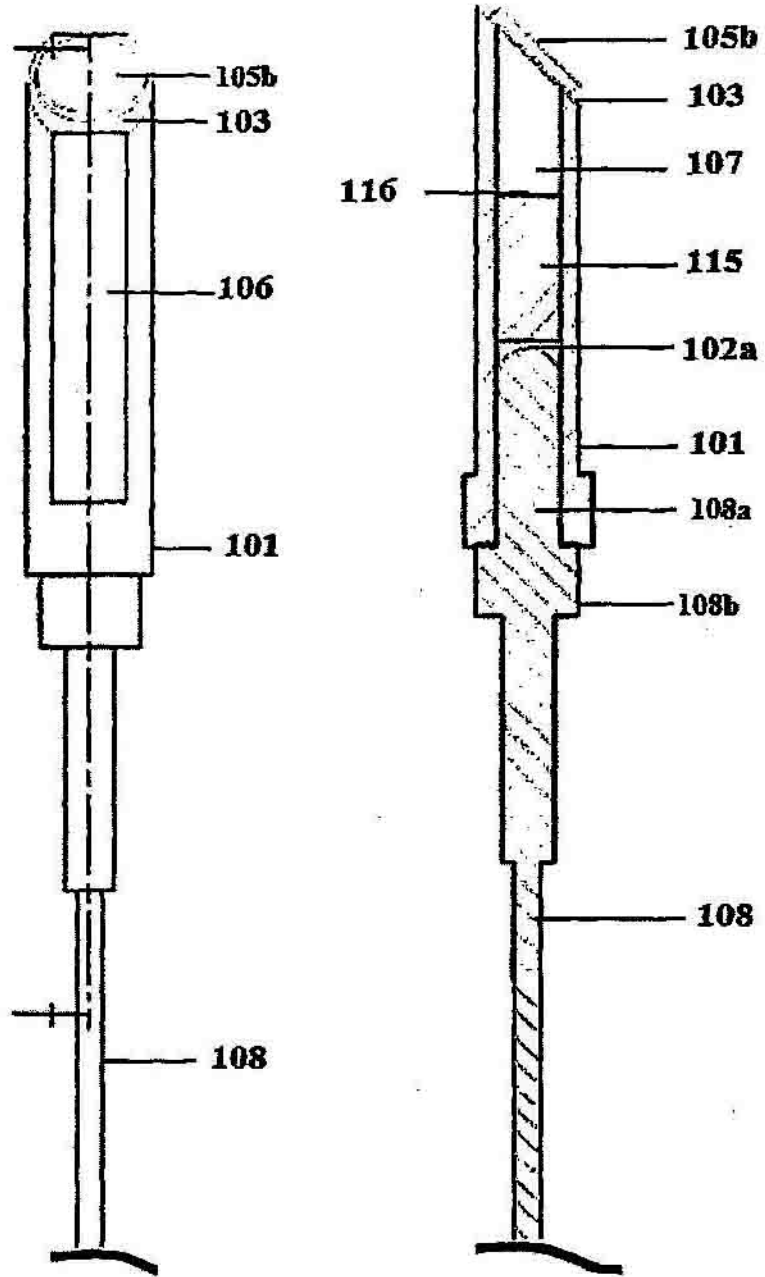


FIG-7

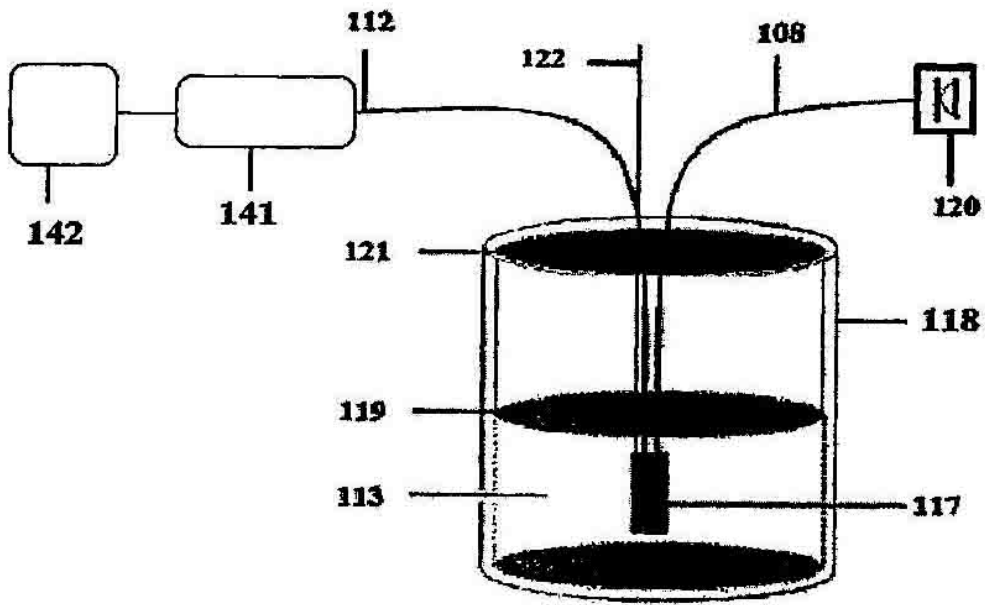


FIG - 8

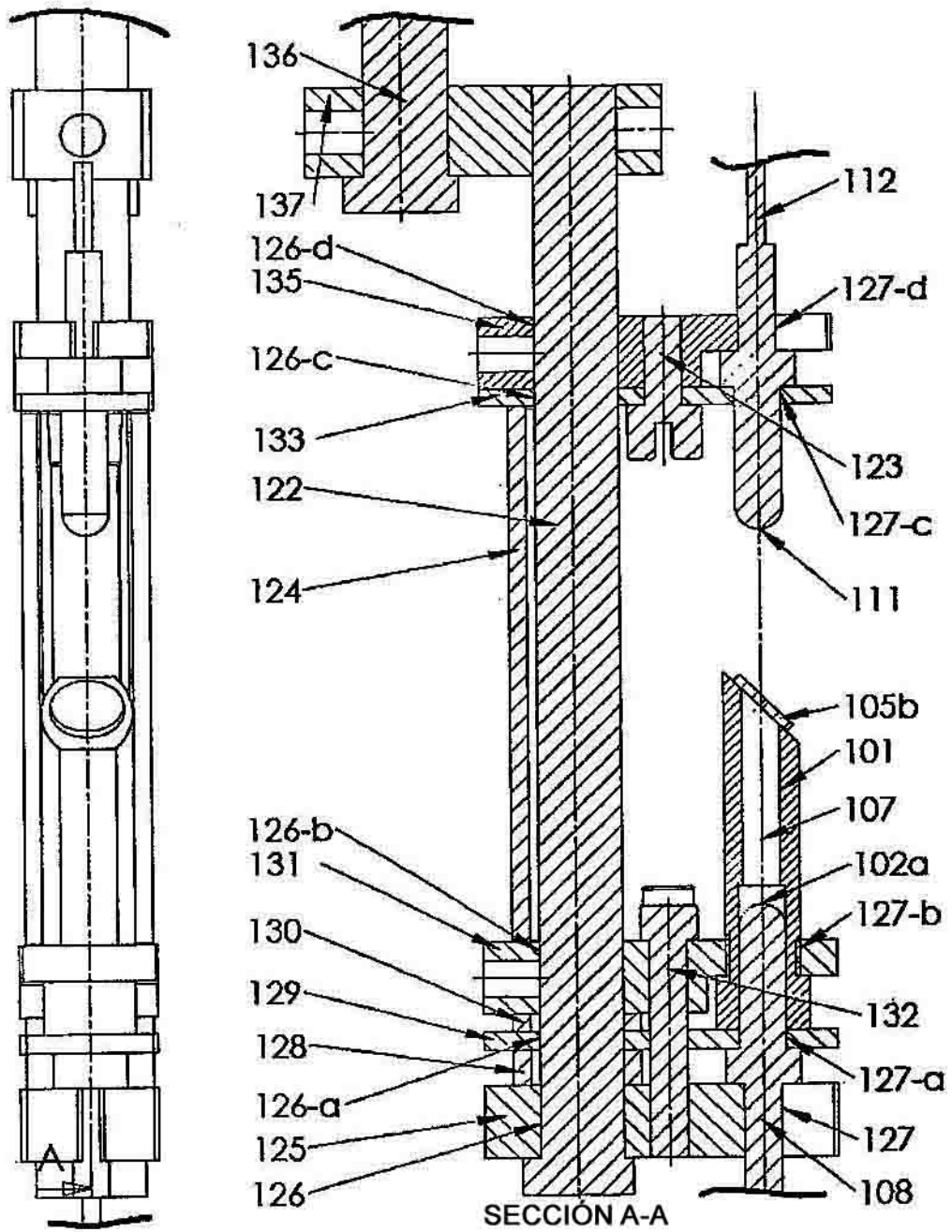


FIG - 9

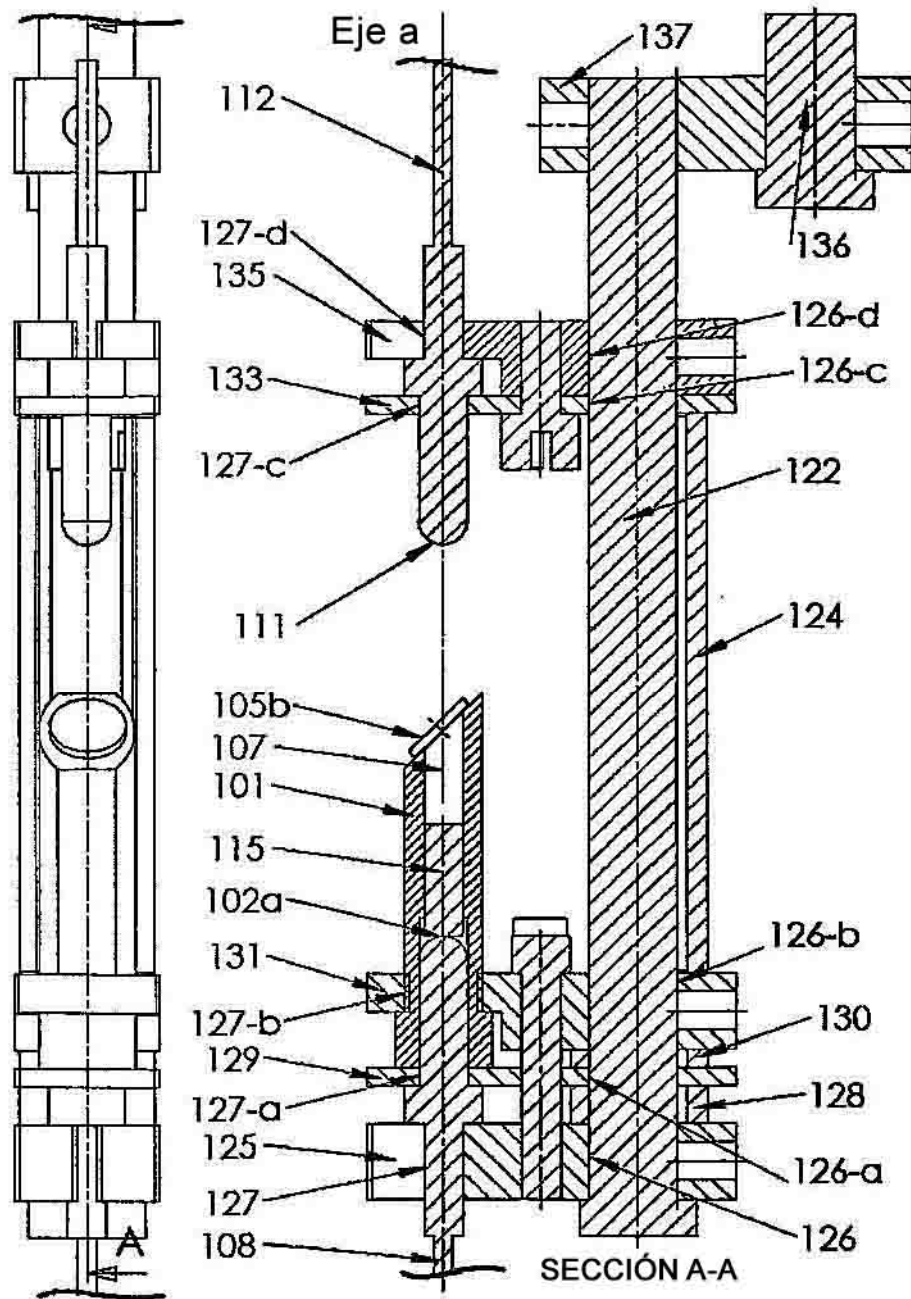


FIG - 10



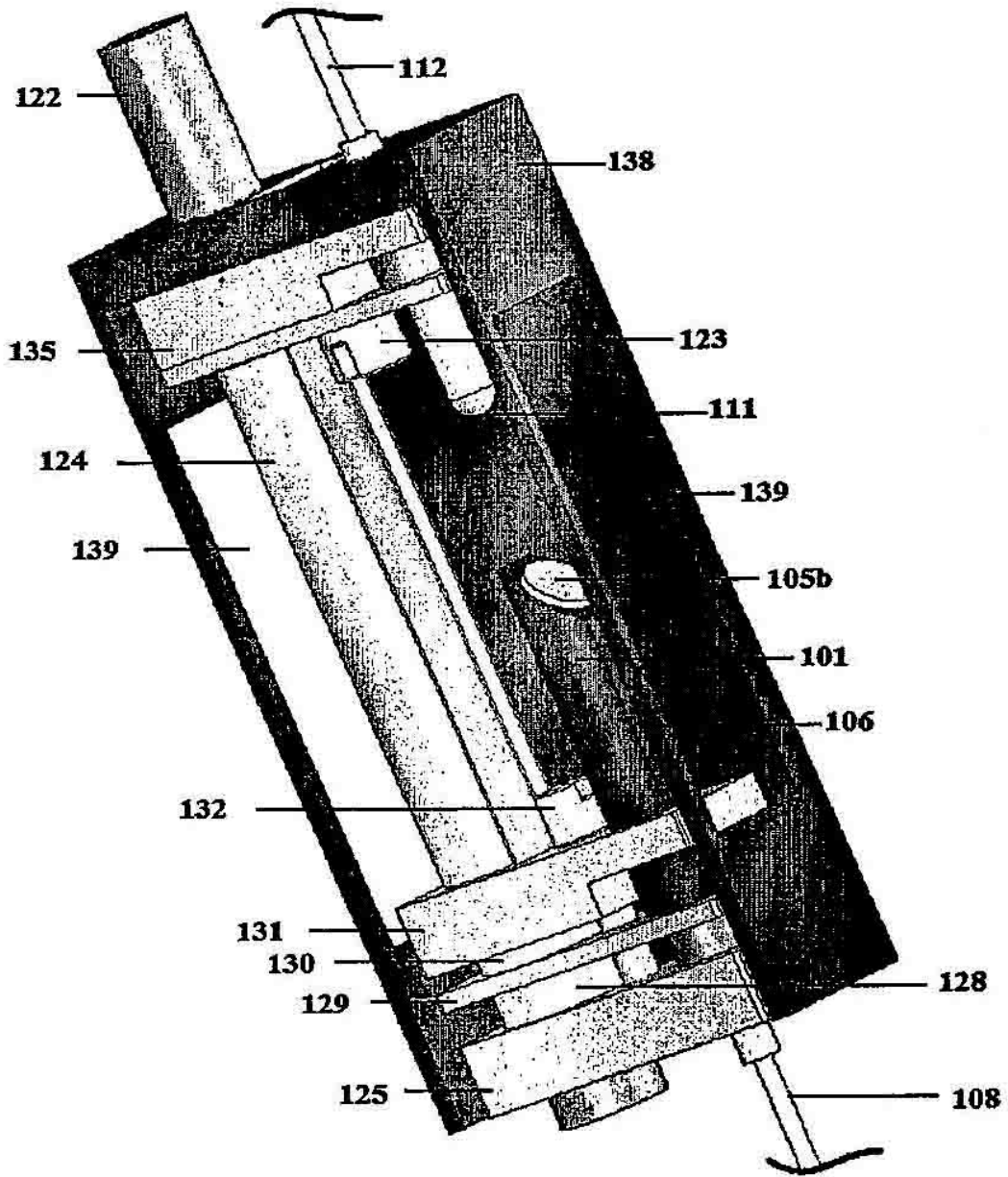


FIG - 11

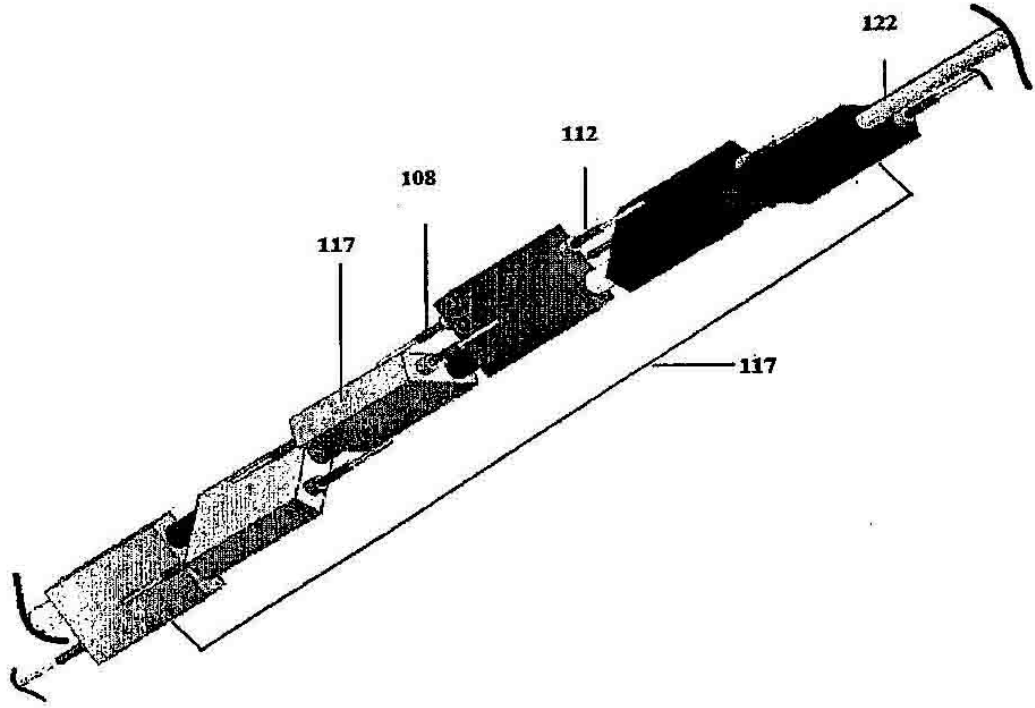


FIG - 12

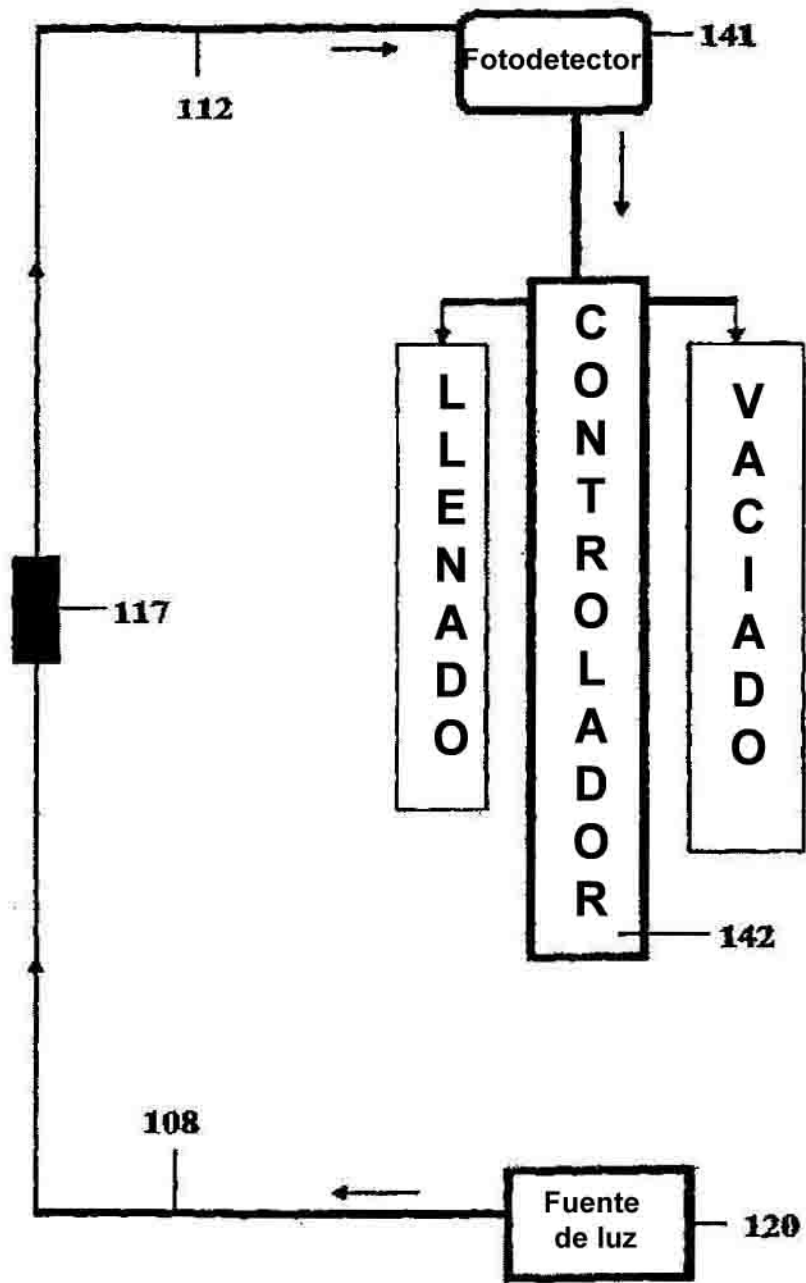


FIG - 13

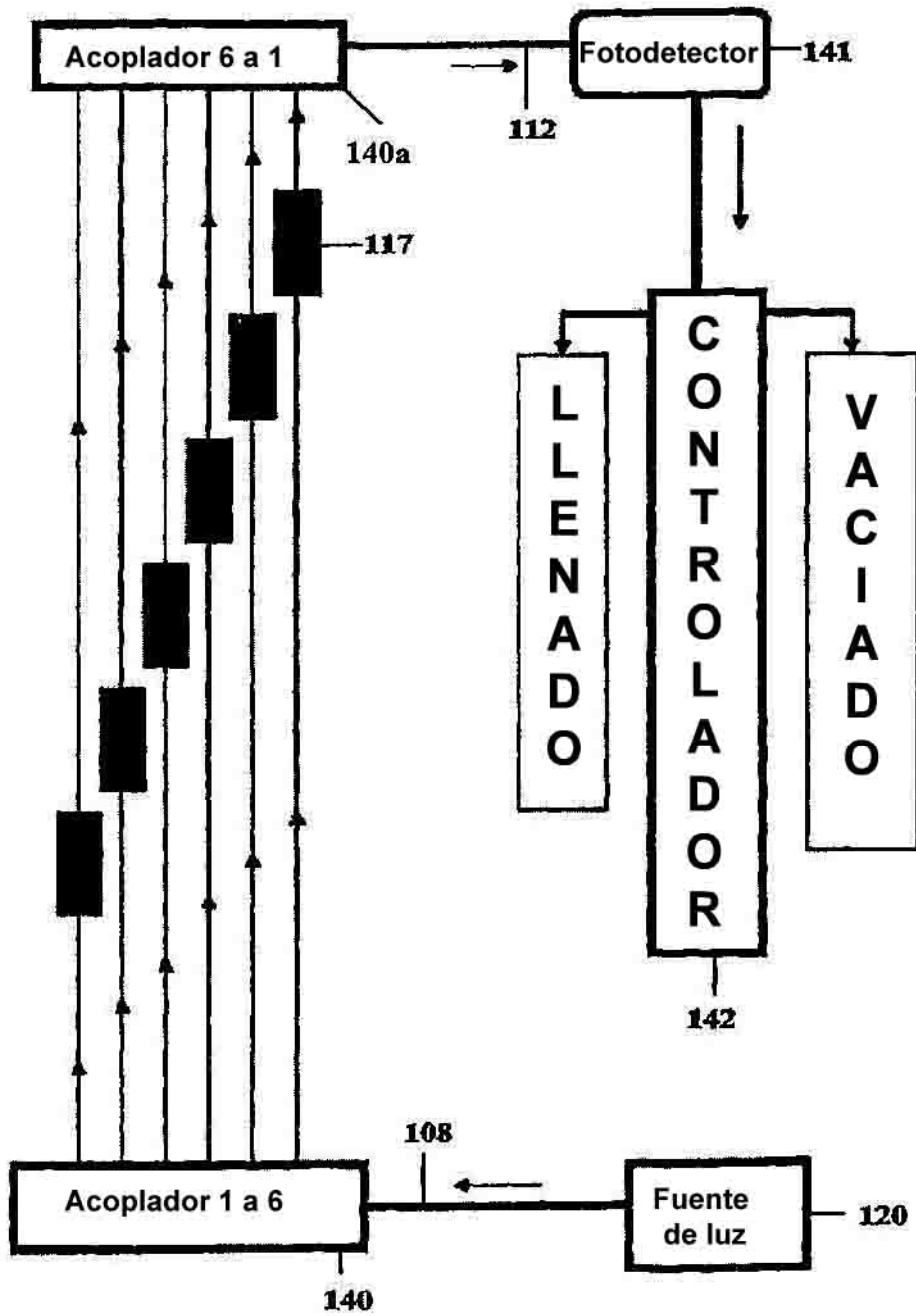


FIG -14