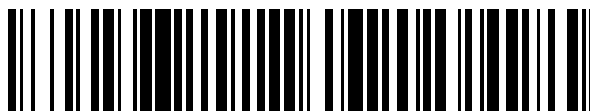


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 453 642**

51 Int. Cl.:

G01F 1/32 (2006.01)

G01F 1/72 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2009 E 09736641 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.03.2014 EP 2331915**

54 Título: **Caudalímetro de fluido**

30 Prioridad:

12.09.2008 GB 0816767

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

08.04.2014

73 Titular/es:

**ELSTER METERING LTD (100.0%)
130 Camford Way Sundon Park
Luton LU3 3AN, GB**

72 Inventor/es:

**SANDERSON, M L;
HARVEY, P C J;
DOYLE, T P y
SCOTT, J C**

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 453 642 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

Caudalímetro de fluido

5 CAMPO TÉCNICO

[0001] La presente invención se refiere a caudalímetros de fluido y, en particular, a caudalímetros de oscilador
fluido bidireccionales, tales como caudalímetros de aguas municipales. Sin embargo, no se limita a dichas
aplicaciones.

10

TÉCNICA ANTECEDENTE

[0002] Los osciladores fluídicos se han propuesto como base para caudalímetros de flujo, y especialmente de
líquido. Los osciladores fluídicos tienen la ventaja de que no tienen partes móviles y, por lo tanto, tienen
15 potencialmente una mayor vida útil en comparación con los caudalímetros mecánicos.

[0003] La característica relevante de un oscilador fluídico es que la frecuencia de oscilación del fluido que
fluye a través del oscilador está relacionada con la velocidad del flujo de fluido. El caudalímetro funciona midiendo
esta frecuencia.

20

[0004] Los procedimientos que se han mencionado anteriormente no permiten una medición precisa del flujo
inverso a través del caudalímetro.

[0005] El documento DE10119860A1 describe un caudalímetro de oscilador fluídico bidireccional simétrico.

25

[0006] Es un objeto de al menos una de las realizaciones preferidas de la presente invención superar o
mejorar al menos una de las deficiencias de la técnica anterior, o al menos proporcionar una alternativa adecuada a
la misma.

30 RESUMEN DE LA INVENCION

Caudalímetro bidireccional

[0007] De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un tubo de flujo para un caudalímetro
35 bidireccional que comprende:

un primer medio (por ejemplo en forma de una primera cámara de flujo) para generar una variación periódica de la
presión cuya frecuencia varía en función del caudal de fluido a través del caudalímetro en una primera dirección;

40 un segundo medio (por ejemplo en forma de una segunda cámara de flujo) para generar una variación periódica de
la presión cuya frecuencia varía en función del caudal de fluido a través del caudalímetro en una segunda dirección,
opuesta a la primera dirección,

comprendiendo cada medio generador un difusor, comprendiendo el difusor dos cuerpos; un dispositivo divisor; y
45 dos canales de retroalimentación;

medios de conexión para conectar dichos primer y segundo medios generadores en serie entre un puerto de entrada
y un puerto de salida; y

50 una paleta larga y fina, en forma de un cuerpo alargado con una proporción de la longitud con respecto a la anchura
entre 2,5 a 30, situada corriente abajo del dispositivo divisor, dispuesta para reducir el reflujo alrededor del extremo
corriente abajo del dispositivo divisor.

[0008] Al proporcionar dos medios generadores en serie (preferiblemente de manera que el fluido fluya hasta
55 la entrada, a través de uno de los medios, después a través del otro de los medios, y finalmente fuera de la salida),
el caudalímetro bidireccional puede medir con más precisión el flujo inverso, y puede hacer frente a la instalación
incorrecta del caudalímetro.

[0009] Preferiblemente, dicho primer medio generador y dicho segundo medio generador son sustancialmente

idénticos. Al proporcionar medios generadores idénticos (preferiblemente en una disposición espalda con espalda) puede obviarse el requisito de instalar el caudalímetro en una orientación particular.

5 **[0010]** Preferiblemente, los dos de dichos medios generadores se disponen de tal forma que las entradas del primer y segundo medios generadores, según se definen cuando el flujo fluye respectivamente en la primera y segunda direcciones, están conectadas entre sí. Al conectar las entradas juntas, el caudalímetro puede funcionar de forma más eficaz.

10 **[0011]** Preferiblemente, el tubo de flujo comprende adicionalmente un cuello situado entre el primer y segundo medios generadores.

15 **[0012]** Preferiblemente, el primer medio generador está adaptado para condicionar el flujo a través del cuello hasta el segundo medio generador cuando el flujo fluye en la segunda dirección y viceversa. Al disponer que el primer medio condicione el flujo para el segundo medio se genera una mejora de rendimiento.

[0013] Preferiblemente, el área en sección transversal mínima del puerto de salida es mayor que el área en sección transversal del cuello.

20 **[0014]** Preferiblemente, el área en sección transversal mínima del puerto de salida es mayor que el doble del área en sección transversal del cuello.

[0015] Preferiblemente, cada medio generador comprende:

un difusor;
25 un dispositivo divisor; y
dos canales de retroalimentación.

30 **[0016]** Como se usa en el presente documento, los términos "difusor", "dispositivo divisor" y "canal de retroalimentación" se refieren preferiblemente a los medios generadores relevantes cuando el fluido fluye en una dirección de avance (así la primera dirección para el primer medio generador y la segunda dirección para el segundo medio generador).

35 **[0017]** Preferiblemente, la anchura de la admisión del difusor es mayor que la anchura del cuello. Esto puede optimizar las condiciones del flujo independientemente de cuál sea la dirección en la que fluye el fluido. Preferiblemente, la anchura de la admisión del difusor está entre 1,4 y 1,8 veces la anchura del cuello, preferiblemente entre 1,5 y 1,7 veces, más preferiblemente aproximadamente 1,64 veces. Preferiblemente, la diferencia en la anchura de la admisión y la anchura del cuello está entre 2,0 mm y 2,5 mm, preferiblemente aproximadamente 2,3 mm.

40 **[0018]** Preferiblemente, el difusor comprende dos cuerpos, preferiblemente alargados, y el ángulo entre los dos de dichos cuerpos está adaptado para reducir al mínimo sustancialmente el flujo hacia las salidas de los canales de retroalimentación.

45 **[0019]** Preferiblemente, el difusor comprende dos cuerpos, y el ángulo entre los dos de dichos cuerpos está entre 25° o 28° y 35° o 38°, preferiblemente entre 30° y 34°, más preferiblemente aproximadamente 32°. Esto puede mejorar el rendimiento.

50 **[0020]** Preferiblemente, la distancia más corta desde el dispositivo divisor a la entrada de los medios generadores está entre 6,0 y 7,0 veces la anchura del cuello, preferiblemente entre 6,25 y 6,75, y más preferiblemente aproximadamente 6,4. Preferiblemente, la distancia más corta entre el dispositivo divisor y la entrada a los medios generadores está entre 22 mm y 24 mm, preferiblemente aproximadamente 23 mm.

55 **[0021]** Preferiblemente, el dispositivo divisor se sitúa al menos parcialmente dentro del escape del difusor. Preferiblemente, la distancia más corta entre el dispositivo divisor y uno de los cuerpos está entre 0,9 y 1,1 veces la distancia más corta entre los cuerpos, y preferiblemente es sustancialmente equivalente a esa distancia. Esto puede reducir la caída de presión.

[0022] Preferiblemente, la paleta se extiende desde el dispositivo divisor hasta el cuello de la entrada/salida del caudalímetro. Tal cuerpo alargado, denominado en otras partes como una "paleta", puede reducir la interferencia

entre las dos trayectorias de **flujo** alternativas del tubo de flujo.

[0023] Preferiblemente, dicha paleta se extiende entre 1,5 y 3,5 veces la anchura del cuello, preferiblemente entre 2 y 3 veces, y más preferiblemente aproximadamente 2,5 veces. Preferiblemente, dicha paleta se extiende entre 5 mm y 15 mm, preferiblemente 9 mm.

[0024] Preferiblemente, dicha paleta está entre 0,20 y 0,40 veces la anchura del cuello, preferiblemente entre 0,25 y 0,35 veces, y más preferiblemente aproximadamente 0,28 veces.

10 **[0025]** Preferiblemente, dicha paleta tiene entre 0,5 mm a 2 mm de espesor, preferiblemente aproximadamente 1 mm.

[0026] Preferiblemente, la entrada/salida del caudalímetro comprende una sección sustancialmente paralela. La sección sustancialmente paralela es preferiblemente mayor que la anchura del cuello. Puede mejorar el
15 acondicionamiento del flujo, por ejemplo hacia el cuello y, por ejemplo, asegurando que el flujo no puede ingresar en el extremo de "salida" del canal de retroalimentación de la primera cámara, causando posibles problemas de rendimiento oscilante.

[0027] Preferiblemente, la perforación de la entrada se ahúsa con respecto a dicha sección sustancialmente
20 paralela.

[0028] Preferiblemente, la longitud de dicha sección sustancialmente paralela está entre 2,0 y 2,5 veces la anchura del cuello, preferiblemente entre 2,1 y 2,4 veces, y más preferiblemente aproximadamente 2,22 veces. Preferiblemente, dicha sección paralela tiene entre 6 mm y 10 mm de longitud, preferiblemente aproximadamente 8
25 mm.

[0029] Preferiblemente, con fines de fácil fabricación, la transición entre las secciones ahusada y paralela se bisela.

30 **[0030]** Preferiblemente, el área en sección transversal mínima del puerto de salida menos el área en sección transversal (preferiblemente el mayor) del dispositivo divisor es mayor que el doble del área en sección transversal del cuello. Aún más preferiblemente, el área en sección transversal mínima del puerto de salida menos el área en sección transversal (preferiblemente el mayor) del dispositivo divisor es mayor de 2,01 veces el área en sección transversal del cuello, más preferiblemente mayor de 2,05 veces.
35

[0031] También se describe un tubo de flujo para un caudalímetro, que comprende: un medio para generar una variación periódica de la presión cuya frecuencia varía en función del caudal de fluido a través del caudalímetro, en el que dicho medio comprende: un difusor; un dispositivo divisor; y dos canales de retroalimentación; un cuello situado corriente arriba del difusor; y un cuerpo alargado, situado corriente abajo del dispositivo divisor, dispuesto
40 para reducir el reflujo alrededor del extremo corriente abajo del dispositivo divisor.

[0032] Preferiblemente, dicho cuerpo alargado se extiende desde el dispositivo divisor hasta el cuello de la entrada/salida del caudalímetro.

45 **[0033]** Preferiblemente, dicho cuerpo alargado se extiende entre 1,5 y 3,5 veces la anchura del cuello, preferiblemente entre 2 y 3 veces, y más preferiblemente aproximadamente 2,5 veces.

[0034] Preferiblemente, dicho cuerpo alargado se extiende entre 5 mm y 15 mm, preferiblemente 9 mm.

50 **[0035]** Preferiblemente, dicho cuerpo alargado está entre 0,20 y 0,40 veces la anchura del cuello, preferiblemente entre 0,25 y 0,35 veces, y más preferiblemente aproximadamente 0,28 veces.

[0036] También se describe un tubo de flujo para un caudalímetro, que comprende: un medio para generar una variación periódica de la presión cuya frecuencia varía en función del caudal de fluido a través del caudalímetro, en el que dicho medio comprende: un difusor; un dispositivo divisor; y dos canales de retroalimentación; y un cuello;
55 en el que el área en sección transversal mínima de un puerto de salida es mayor que el área en sección transversal del cuello.

[0037] Preferiblemente, el área en sección transversal mínima del puerto de salida menos el área en sección

transversal del dispositivo divisor es mayor que el doble del área en sección transversal del cuello. Aún más preferiblemente, el área en sección transversal mínima del puerto de salida menos el área en sección transversal del dispositivo divisor es mayor de 2,01 veces el área en sección transversal del cuello, preferiblemente mayor de 2,05 veces.

5

[0038] Preferiblemente, el ángulo entre los dos cuerpos de difusor está entre 25° o 28° y 35° o 38°, preferiblemente entre 30° y 34°, más preferiblemente aproximadamente 32°.

Metodología correcta

10

[0039] Preferiblemente, se proporciona un procedimiento para determinar el caudal a través de un caudalímetro de salida de pulso, que comprende:

determinar si cada pulso de salida es válido o no; y

15 determinar el caudal dependiendo de cada pulso de salida válido.

[0040] Preferiblemente, el procedimiento comprende adicionalmente:

determinar el caudal dependiendo de cada pulso de salida inválido; y

20 combinar los caudales determinados dependiendo de los pulsos de salida válidos e inválidos.

[0041] La combinación puede ser sencilla sumando, o puede ser, por ejemplo, una suma ponderada de los caudales determinados para los pulsos válidos e inválidos, preferiblemente contribuyendo los pulsos válidos más que los pulsos inválidos.

25

[0042] Preferiblemente, el procedimiento comprende adicionalmente:

determinar un parámetro estadístico (por ejemplo un promedio) dependiendo de una pluralidad de pulsos de salida; y

30 determinar el caudal dependiendo de cada pulso de salida inválido, utilizando el parámetro estadístico.

[0043] Esto puede producir una producción más precisa del caudalímetro sobre un mayor intervalo.

[0044] Preferiblemente, se proporciona un procedimiento para determinar el caudal a través de un caudalímetro de salida de pulso, que comprende:

35

determinar si cada pulso de salida es válido o no;

determinar el caudal dependiendo de cada pulso de salida válido;

determinar un parámetro estadístico (por ejemplo un promedio) dependiendo de una pluralidad de pulsos de salida;

40 determinar el caudal dependiendo de cada pulso de salida inválido, utilizando el parámetro estadístico; y

combinar los caudales determinados dependiendo de los pulsos de salida válidos o inválidos para determinar el caudal total.

[0045] Preferiblemente, el caudal se determina dependiendo del periodo de separación de pulsos. Éste puede ser un periodo de separación de pulsos real y/o uno derivado estadísticamente de dicho periodo. El caudal puede determinarse a través de una tabla de consulta, en cuyo caso se utiliza preferiblemente la interpolación entre los dos puntos más cercanos en la tabla de consulta para obtener el caudal.

45

[0046] Preferiblemente, el caudal en base a pulsos inválidos se determina utilizando el parámetro estadístico en la tabla de consulta para determinar un caudal, y utilizando el periodo de separación de pulsos actual normalizado por el parámetro estadístico para corregir el caudal encontrado en la tabla de consulta.

50

[0047] El parámetro estadístico puede ser el periodo de separación de pulsos medio de la pluralidad de pulsos de salida. Como alternativa, puede ser la media de una pluralidad de periodos de separación de pulsos medios. De nuevo, puede ser el periodo de separación de pulsos medio de la pluralidad de pulsos de salida. Aún de nuevo, puede ser el periodo de separación de pulsos de moda de la pluralidad de pulsos de salida.

55

[0048] Preferiblemente, se utilizan más de 3 ó 6, y preferiblemente menos de 12 ó 15, más preferiblemente 9 pulsos para determinar el parámetro estadístico.

[0049] Preferiblemente, la etapa de determinar si cada pulso de salida es válido o no comprende:

determinar el periodo de separación de pulsos medio de una pluralidad de pulsos de salida; y

5 determinar si el periodo de separación de pulsos actual está dentro de un intervalo predeterminado alrededor de la duración del pulso media;
en la que dicho pulso se determina como válido si está dentro de dicho intervalo predeterminado.

[0050] Preferiblemente, se utilizan más de 3 ó 6, y preferiblemente menos de 12 ó 15, más preferiblemente 9
10 pulsos para determinar dicha media.

[0051] Preferiblemente, dicho intervalo está entre -20% y +20%, -15% y +15%, o -12,5% y 12,5% de la duración del pulso media.

15 Detección de la dirección del flujo

[0052] Preferiblemente, se proporciona un procedimiento para detectar la dirección del flujo en un caudalímetro bidireccional de salida de pulso, que comprende:

20 analizar una pluralidad de pulsos de salida de un primer dispositivo detector;
analizar una pluralidad de pulsos de salida de un segundo dispositivo detector; y
determinar la dirección del flujo dependiendo de dichos dos análisis.

[0053] Por lo tanto, la dirección del flujo puede determinarse rápidamente.
25

[0054] Preferiblemente, el procedimiento comprende adicionalmente determinar si los pulsos de salida de cada dispositivo de detector son válidos o no.

[0055] Preferiblemente, dicha etapa de determinar si los pulsos de salida de cada dispositivo de detector son
30 válidos o no comprende:

determinar el periodo de separación de pulsos promedio (por ejemplo medio) de una pluralidad de pulsos de salida;
y

35 determinar si el periodo de separación de pulsos actual está dentro de un intervalo predeterminado alrededor de la duración del pulso media;
en la que dicho pulso se determina válido si está dentro de dicho intervalo predeterminado.

[0056] Preferiblemente, el procedimiento comprende adicionalmente:

40 aumentar un primer registro, asociado a una primera dirección del flujo, si un pulso del primer dispositivo de detector es válido, y disminuir un segundo registro, asociado a una segunda dirección del flujo; y
aumentar el segundo registro si un pulso del segundo dispositivo de detector es válido, y disminuir el primer registro;
en el que la dirección del flujo se determina por el registro con el mayor recuento.

45 **[0057]** Preferiblemente, cada registro se aumenta únicamente hasta que se alcanza un valor umbral. Esto puede permitir una rápida determinación de un cambio en la dirección del flujo. Dicho umbral es preferiblemente más de 3 ó 6, y preferiblemente menos de 12 ó 15, más preferiblemente 9.

50 **[0058]** Preferiblemente, el descenso es proporcional al aumento. Preferiblemente, el descenso es mayor de, preferiblemente mayor del doble, o cuatro o diez veces, el aumento.

[0059] Preferiblemente, el procedimiento comprende adicionalmente borrar ambos registros cuando no se detecta ninguna salida para un periodo de tiempo. Preferiblemente, dicho periodo de tiempo depende del periodo de separación de pulsos antes de que no se detectara ninguna salida. Preferiblemente, dicho periodo de tiempo es un
55 múltiplo del periodo de separación de pulsos antes de que no se detectara ninguna salida, siendo preferiblemente dicho múltiplo más de 1 ó 3, preferiblemente menos de 7 ó 9, y más preferiblemente 5.

[0060] La solicitud se extiende a un producto de programa informático que comprende un código de programa adaptado, cuando se ejecuta en un aparato de procesamiento de datos, para realizar cualquiera de las etapas que

se han mencionado anteriormente.

[0061] La solicitud se extiende a:

- 5 - Un tubo de flujo sustancialmente como se describe en el presente documento con referencia a los dibujos adjuntos.
- 10 - Un procedimiento para determinar el caudal a través de un caudalímetro de salida de pulso sustancialmente como se describe en el presente documento con referencia a los dibujos adjuntos.
- 10 - Un procedimiento para detectar la dirección del flujo en un caudalímetro bidireccional de salida de pulso sustancialmente como se describe en el presente documento con referencia a los dibujos adjuntos.

15 **[0062]** La invención se extiende adicionalmente a un caudalímetro bidireccional que incorpora un tubo de flujo como se ha mencionado anteriormente.

[0063] Preferiblemente, el caudalímetro comprende adicionalmente al menos un detector para detectar dichas variaciones de presión en el fluido.

20 **[0064]** Preferiblemente, el medio de detección es un dispositivo piezoeléctrico.

[0065] Preferiblemente, el medio de detección está conectado eléctricamente a un contador eléctrico configurado para interpretar una salida del medio de detección que se refiere a la variación periódica de la presión.

25 **[0065]** Preferiblemente, se proporciona un aparato para determinar el caudal a través de un caudalímetro de salida de pulso, que comprende:

un medio (por ejemplo en forma de un procesador u otro circuito, y una memoria asociada) para determinar si cada pulso de salida es válido o no; y

30 un medio (por ejemplo en forma de un procesador u otro circuito, y una memoria asociada) para determinar el caudal dependiendo de cada pulso de salida válido.

[0066] Preferiblemente, se proporciona un aparato para determinar el caudal a través de un caudalímetro de salida de pulso, que comprende:

35 un medio (por ejemplo en forma de un procesador u otro circuito, y una memoria asociada) para determinar si cada pulso de salida es válido o no;

un medio (por ejemplo en forma de un procesador u otro circuito, y una memoria asociada) para determinar el caudal dependiendo de cada pulso de salida válido;

40 un medio (por ejemplo en forma de un procesador u otro circuito, y una memoria asociada) para determinar un parámetro estadístico (por ejemplo un promedio) dependiendo de una pluralidad de pulsos de salida;

un medio (por ejemplo en forma de un procesador u otro circuito, y una memoria asociada) para determinar el caudal dependiendo de cada pulso de salida inválido, utilizando el parámetro estadístico; y

45 un medio (por ejemplo en forma de un procesador u otro circuito, y una memoria asociada) para combinar los caudales determinados dependiendo de los pulsos de salida válidos e inválidos para determinar el caudal total.

[0067] Preferiblemente, el caudal se determina dependiendo de periodo de separación de pulsos. Más preferiblemente, el caudal se determina a través de una tabla de consulta. Aún más preferiblemente, el caudal basado en pulsos inválidos se determina utilizando el parámetro estadístico en la tabla de consulta para determinar un caudal, y utilizando el periodo de separación de pulsos actual normalizado por el parámetro estadístico para corregir el caudal encontrado en la tabla de consulta.

50 **[0068]** Preferiblemente, el parámetro estadístico es el periodo de separación de pulsos medio de la pluralidad de pulsos de salida.

55 **[0069]** Preferiblemente, el parámetro estadístico es la media de una pluralidad de periodos de separación de pulsos medios.

[0070] Preferiblemente, el parámetro estadístico es el periodo de separación de pulsos medio de la pluralidad

de pulsos de salida.

[0071] Preferiblemente, el parámetro estadístico es el periodo de separación de pulsos de moda de la pluralidad de pulsos de salida.

5

[0072] Preferiblemente, se utilizan más de 3 ó 6, y preferiblemente menos de 12 ó 15, más preferiblemente 9 pulsos para determinar el parámetro estadístico.

[0073] Preferiblemente, el medio para determinar si cada pulso de salida es válido o no:

10

determina el periodo de separación de pulsos medio de una pluralidad de pulsos de salida; y determina si el periodo de separación de pulsos actual está dentro de un intervalo predeterminado alrededor de la duración del pulso media; en el que dicho pulso se determina como válido si está dentro de dicho intervalo predeterminado.

15

[0074] Preferiblemente, se utilizan más de 3 ó 6, y preferiblemente menos de 12 ó 15, más preferiblemente 9 pulsos para determinar dicha media. Más preferiblemente, dicho intervalo está entre -20% y + 20%, -15% y +15%, o -12,5% y 12,5% de la duración del pulso media.

20 **[0075]** Preferiblemente, se proporciona un aparato para detectar la dirección del flujo en un caudalímetro bidireccional de salida de pulso, que comprende:

un medio (por ejemplo en forma de un procesador u otro circuito, y una memoria asociada) para analizar una pluralidad de pulsos de salida de un primer dispositivo detector;

25

un medio (por ejemplo en forma de un procesador u otro circuito, y una memoria asociada) para analizar una pluralidad de pulsos de salida de un segundo dispositivo detector; y

un medio (por ejemplo en forma de un procesador u otro circuito, y una memoria asociada) para determinar la dirección del flujo dependiendo de dichos dos análisis.

30 **[0076]** Preferiblemente, el aparato comprende adicionalmente un medio para determinar si los pulsos de salida de cada dispositivo de detector son válidos o no.

[0077] Preferiblemente, el medio para determinar si los pulsos de salida de cada dispositivo de detector son válidos o no:

35

determina el periodo de separación de pulsos promedio de una pluralidad de pulsos de salida; y determina si el periodo de separación de pulsos actual está dentro de un intervalo predeterminado alrededor de la duración del pulso media; en el que dicho pulso se determina válido si está dentro de dicho intervalo predeterminado.

40

[0078] Preferiblemente, el aparato comprende adicionalmente un medio para aumentar un primer registro, asociado a una primera dirección del flujo, si un pulso del primer dispositivo de detector es válido, y disminuir un segundo registro, asociado a una segunda dirección del flujo; y un medio para aumentar el segundo registro si un pulso del segundo dispositivo de detector es válido, y disminuir el primer registro; en el que la dirección del flujo se determina por el registro con el mayor recuento.

45

[0079] Preferiblemente, cada registro se aumenta únicamente hasta que se alcanza un valor umbral. Aún más preferiblemente, dicho umbral es preferiblemente más de 3 ó 6, y preferiblemente menos de 12 ó 15, más preferiblemente 9.

50

[0080] Preferiblemente, el descenso es proporcional al aumento. Aún más preferiblemente, el descenso es mayor de, preferiblemente mayor del doble, o cuatro o diez veces, el aumento.

[0081] Preferiblemente, el aparato comprende adicionalmente un medio para borrar ambos registros cuando no se detecta ninguna salida para un periodo de tiempo. Aún más preferiblemente, dicho periodo de tiempo depende del periodo de separación de pulsos antes de que no se detectara ninguna salida.

55

[0082] Preferiblemente, dicho periodo de tiempo es un múltiplo del periodo de separación de pulsos antes de que no se detectara ninguna salida, siendo preferiblemente dicho múltiplo más de 1 ó 3, preferiblemente menos de 7

ó 9, y más preferiblemente 5.

5 **[0083]** La solicitud también proporciona un programa informático y un producto de programa informático que comprende un código de software adaptado, cuando se ejecuta en un aparato de procesamiento de datos, para realizar cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento, incluyendo cualquiera o cada una de sus etapas componentes.

10 **[0084]** La solicitud también proporciona un medio legible por ordenador que tiene almacenado en el mismo el programa informático que se ha mencionado anteriormente.

[0085] La solicitud se extiende a procedimientos y/o un aparato sustancialmente como se describe en el presente documento con referencia a los dibujos adjuntos.

15 **[0086]** Preferiblemente, se proporciona un caudalímetro bidireccional que incorpora un aparato para detectar la dirección del flujo en un caudalímetro bidireccional de salida de pulso, que comprende adicionalmente un medio para medir el caudal, estando dicho medio adaptado para medir el caudal dependiendo de la dirección del flujo determinada y una medición del caudal en dicha dirección determinada.

20 **[0087]** Cualquier característica en un aspecto de la invención puede aplicarse a otros aspectos de la invención, en cualquier combinación apropiada. En particular, los aspectos del procedimiento pueden aplicarse a aspectos del aparato y viceversa.

25 **[0088]** Además, las características implementadas en el hardware pueden implementarse en el software y viceversa. Cualquier referencia a características de software y hardware en el presente documento debe interpretarse en consecuencia.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

30 **[0089]** Ahora se describirán realizaciones preferidas de la invención, únicamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es una vista en planta en sección de un tubo de flujo de oscilador fluídico bidireccional;

35 la figura 2a es una vista en planta en sección de un lado de un tubo de flujo de oscilador fluídico bidireccional que indica las trayectorias del flujo en la entrada;

la figura 2b es una vista en planta en sección de un lado de un tubo de flujo de oscilador fluídico bidireccional que indica las trayectorias del flujo adicionales en la entrada;

40 la figura 3 es una vista en planta en sección de un lado de un tubo de flujo de oscilador fluídico bidireccional que indica las trayectorias del flujo en la salida;

45 las figuras 4 muestran una representación esquemática de un caudalímetro que incorpora osciladores fluídicos de acuerdo con una realización de la presente invención; y

las figuras 5 muestran una vista en sección transversal en alzado lateral de versiones alternativas de una realización del tubo de flujo de oscilador fluídico bidireccional.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

50 **[0090]** La figura 1 muestra una vista en planta en sección de un tubo de flujo de oscilador fluídico bidireccional. El tubo de flujo comprende dos osciladores fluídicos, 100 y 102, conectados entre sí a través de un cuello 104, una entrada 106 y una salida 108. El tubo se cierra herméticamente en un alojamiento (no mostrado).

55 Los dos osciladores fluídicos 100 y 102 se conectan en serie de entrada a entrada. Cada oscilador fluídico comprende una cámara de flujo con un difusor comprendiendo en dos paredes 110a y 110b, un dispositivo divisor 112 y dos canales de retroalimentación 114a y 114b. El dispositivo divisor incluye una porción de cuerpo principal con dos extremos, un extremo con forma de punta de bala y uno como cola de pez. Además, el dispositivo divisor comprende una paleta 116 fijada al extremo con forma de punta de bala del divisor. La paleta tiene forma de un

cuerpo alargado y se extiende hasta las partes de entrada/salida del caudalímetro. Cada una de la entrada 106 y la salida 108 comprenden una porción ahusada 118 que conduce a una porción paralela 120. La sección transversal de las perforaciones de la entrada 106 y la salida 108 es sustancialmente rectangular con esquinas biseladas.

5 **[0091]** La anchura total del caudalímetro bidireccional es de aproximadamente 110 mm desde la cara de la entrada a la cara de la salida; sin embargo, se ha de apreciar que el caudalímetro puede aumentarse o reducirse dependiendo de los requisitos específicos, tales como el intervalo de los caudales/volúmenes que el caudalímetro encontrará durante el uso. Ahora se describirán los elementos específicos de una versión del caudalímetro, con unas dimensiones preferidas proporcionadas en base a un tamaño de caudalímetro de 110 mm de anchura y
10 conectores de 15 mm de calibre, como se muestra en la Tabla 1.0.

[0092] La anchura del cuello T es de 3,6 mm, y la altura del cuello es de 19 mm; el caudalímetro descrito en el presente documento puede graduarse con referencia a la anchura del cuello T.

15 **[0093]** La sección transversal de las perforaciones de la entrada 106 y la salida 108 es sustancialmente rectangular, 13,2 mm x 19 mm, con esquinas biseladas con un radio de 6 mm.

[0094] El difusor tiene una admisión 122 y un escape 124. Las paredes del difusor 110a y 110b separan los canales principales 126a y 126b de los canales de retroalimentación 114a y 114b respectivamente. Las paredes del
20 difusor se desplazan del borde externo del cuello una distancia A. La distancia A puede estar entre 1,0 mm y 1,25 mm, la distancia de desvío preferido A es de 1,15 mm. Por lo tanto, dada la anchura del cuello T de 3,6 mm, la anchura de la admisión del difusor está entre 5,6 mm y 6,1 mm, la anchura de la admisión preferida es de 5,9 mm. Cuando se gradúa con respecto a la anchura del cuello T, la anchura de la admisión del difusor está entre 1,4 y 1,8, preferiblemente aproximadamente 1,64 veces la anchura del cuello. La anchura del escape del difusor 124 se
25 dispone de tal forma que el área en sección transversal pasado el dispositivo divisor es aproximadamente igual a la del la admisión.

[0095] El ángulo de la pared del difusor B, medido entre la línea media del caudalímetro y el borde interno de la pared del difusor, puede ser de entre 14,0° y 17,5°, el ángulo preferido es 16°. El ángulo de la pared del difusor se
30 dispone para reducir al mínimo la caída de presión en el caudalímetro.

[0096] El dispositivo divisor 112 se sitúa dentro del escape del difusor 124, entre 22 mm y 24 mm del borde del cuello, la distancia preferida es aproximadamente 23 mm, la distancia C. Cuando se gradúa con respecto a la anchura del cuello, el dispositivo divisor se sitúa a una distancia de entre 6,0 y 7,0 veces la anchura del cuello,
35 preferiblemente aproximadamente 6,4 veces.

[0097] La paleta 116 fijada al extremo con forma de punta de bala del dispositivo divisor 112 tiene entre 5 mm y 15 mm de longitud, preferiblemente aproximadamente 9 mm. La anchura de la paleta 116 es de entre 0,5 mm y 2,0 mm, preferiblemente aproximadamente 1,0 mm. De nuevo, cuando se gradúa con respecto a la anchura del cuello,
40 la longitud de la paleta es entre 1,5 y 3,5 veces la anchura del cuello, preferiblemente aproximadamente 2,5 veces, y la anchura de la paleta es de entre 0,20 y 0,40 veces la anchura del cuello, preferiblemente aproximadamente 0,28.

[0098] El alojamiento y el tubo de flujo se fabrican preferiblemente de un material de caucho, plástico o resina apropiado.
45

Tabla 1.0

Característica	Dimensión Representativa
Cuello a borde principal de la Pared del Difusor (a)	Desplazamiento (1,15 mm)
Ángulo de la Pared del Difusor (b)	16 grados
Distancia del Cuello al Dispositivo divisor - desde el borde (c.)	23 mm
Cuello	3,6 x 19,0
Geometría del Puerto de Entrada	Solevado del diámetro de la perforación con respecto a un perfil rectangular de 8 mm de largo
Aspecto de la Paleta	Perfil largo y fino (L = 9; A = 1)
Perfil del Dispositivo Divisor	Punta de bala con cola de pez
Área en Sección Transversal de la Entrada/Salida	13,2 x 19 (con R 6,0) NB. Producible y viable

[0099] Durante el uso, el flujo de la entrada 106 a la salida 108 procede como se indica a continuación. El flujo pasa en primer lugar a través del oscilador fluídico 102, en la dirección opuesta a la que produciría la oscilación fluídica. El oscilador fluídico 102 actúa para condicionar el flujo hasta el oscilador fluídico 100. Las paredes del difusor 110a y 110b del oscilador fluídico 102 dirigen el flujo hacia el cuello 104. Además, las paredes del difusor 110a y 110b se disponen de tal forma que el flujo pasado las paredes hasta la salida de los canales de retroalimentación 114a y 114b se reduce al mínimo y, así, evita que el flujo del canal de retroalimentación altere el chorro principal en el cuello. Esto también reduce al mínimo la modulación de baja frecuencia en el oscilador fluídico de no medición. La figura 2a muestra la trayectoria del flujo desde la entrada y hasta el difusor, que actúa como un acondicionador de flujo. Las flechas sólidas designan la trayectoria del flujo preferida, y la flecha con contorno designa el flujo hasta la salida del canal de retroalimentación que no es deseado. El aumento del ángulo de la pared del difusor disminuye la cantidad de flujo que entra en el canal de retroalimentación. Sin embargo, la caída de presión en el caudalímetro aumentará con el aumento del ángulo de la pared del difusor y, así, el ángulo de la pared del difusor se optimiza para la caída de presión y el flujo de fluido a través del caudalímetro.

[0100] La figura 2b muestra la trayectoria del flujo en la entrada que procede de la porción ahusada 118, hasta la porción paralela 120, y después se dirige al difusor. La porción paralela de la entrada se dispone preferiblemente para condicionar el flujo y disminuir adicionalmente la cantidad de **flujo** hasta la salida de los canales de retroalimentación 114a y 114b.

[0101] El flujo condicionado sale de la admisión del difusor 122 y entra en el cuello 104, momento en el que la mayor parte del flujo pasará a través de uno de los dos canales principales 126a y 126b y a través de la salida 108. Dos canales de retroalimentación 114a y 114b se asocian respectivamente a los dos canales principales 126a y 126b.

[0102] Sin embargo, un poco de fluido que fluye a través del oscilador fluídico 100 tendrá tendencia a **fluir** a lo largo de una pared del canal principal 110a, debido al efecto Coanda. Después, tenderá a fluir alrededor de la pared y hasta el canal de retroalimentación asociado 114a antes de recuperar el contacto con la corriente de fluido de la entrada (en el cuello 104). Este contacto obliga a la corriente de fluido de la entrada a pasar a través del otro canal principal 124b, donde un poco de fluido fluirá después a lo largo de la pared del canal 110b, de nuevo debido al efecto Coanda, y hasta el canal de retroalimentación 114b. Después, el fluido recupera el contacto con la corriente de fluido de la entrada y lo empuja para que fluya a través de los primeros canales principales mencionados 126a, y así sucesivamente. Es esta oscilación entre los dos canales principales 126a y 126b y los canales de retroalimentación 114a y 114b lo que acciona el oscilador fluídico 100. Cuando el flujo se invierte, se produce el patrón de **flujo** equivalente en el oscilador fluídico 102, y el oscilador fluídico 100 actúa como un acondicionador de flujo puesto que los osciladores fluídicos 100 y 102 son idénticos.

[0103] El dispositivo divisor se dispone preferiblemente de manera que el área en sección transversal entre el dispositivo divisor y cada pared del difusor sea sustancialmente igual a, o mayor que, el área en sección transversal de la admisión del difusor, y/o el área en sección transversal del cuello 104. Por lo tanto, cuando la mayor parte del flujo pasa a través de un canal principal debido al efecto Coanda, la caída de presión en el caudalímetro se reduce al mínimo.

[0104] Como se muestra en la figura 3, el aspecto de la paleta se incluye para reducir el **flujo** de salida de fluido de la re-circulación alrededor del dispositivo divisor e introducir oscilaciones adicionales en el caudalímetro de medición. Por lo tanto, el aspecto de la paleta aumenta la precisión del caudalímetro. La paleta se extiende hasta la perforación de salida del caudalímetro y permite que el caudalímetro conserve un tamaño pequeño reduciendo la cantidad de inestabilidad del **flujo** alrededor del dispositivo divisor.

[0105] En una realización alternativa, pueden utilizarse un par de caudalímetros de desprendimiento de vórtices, tales como caudalímetros de vórtices de Karman, en lugar del par de osciladores fluídicos que se describen. En esta realización, el caudalímetro comprende una cámara, que tiene una entrada de fluido ahusada hacia el interior y una salida de fluido. Se definen dos canales de flujo fluido en la cámara desde la entrada hasta la salida en cada lado de un divisor. El divisor comprende un detector en forma de un detector piezoeléctrico o similar. Se proporciona un cuerpo emisor corriente arriba del divisor. Esta realización alternativa no forma parte de la invención.

[0106] Cuando el fluido que entra en la cámara a través de la entrada fluya pasado el cuerpo emisor, se forman vórtices en cada lado del cuerpo emisor, y fluyen por cada canal. Los vórtices formados se conocen como

vórtices de Karman, y se desprenden de forma alternativa de cada lado respectivo del cuerpo emisor en proporción a la velocidad del flujo de fluido a través del caudalímetro. Debido al desprendimiento alterno de los vórtices, se proporciona una diferencia de presión en el fluido por los dos canales. Esta diferencia de presión se detecta por el detector, y se usa para contar el índice de producción de vórtices y, por lo tanto, para determinar la velocidad del flujo de fluido a través del caudalímetro.

[0107] Los tubos de flujo que se han descrito anteriormente cuando se utilizan en un caudalímetro, tienen detectores en cada oscilador fluídico para detectar las oscilaciones. Los detectores típicos son detectores de campo electromagnético EMF que detectan el EMF generado por el flujo oscilante que pasa a través de un campo magnético. Sin embargo, pueden utilizarse otros detectores, tales como detectores piezoeléctricos. La frecuencia de oscilación del tubo de flujo depende del caudal a través del caudalímetro y, por lo tanto, el caudal puede determinarse midiendo la frecuencia de oscilación. Los flujos típicos que el caudalímetro que se ha descrito anteriormente puede medir están entre 10 litros/hora y 3125 litros/hora.

15 Metodología de corrección

[0108] La naturaleza del caudalímetro de oscilador fluídico y el sistema de detección se refiere a que, en ciertas condiciones, tal como vibración mecánica, o en ciertos caudales, habrá una alteración en el patrón oscilante teórico de las señales del oscilador. Para combatir estos problemas, se han desarrollado varios procedimientos que permiten la corrección de incluso alteraciones significativas. A continuación se describirán los procedimientos en detalle.

Validación

[0109] La validación es una técnica usada para comprobar que los pulsos de salida son flujo real y no únicamente algunos pulsos aleatorios debidos al ruido. La validación se realiza comparando periodos de separación de pulsos sucesivos; los pulsos de salida debidos a flujo real se representan por pulsos altamente repetitivos. Un pulso validado es uno que corresponde con los pulsos típicos que se producen, un pulso inválido es uno que es atípico. La validación funciona adquiriendo un valor que representa un periodo de separación de pulsos promedio y estableciendo típicamente una ventana del 25% frente a la que se prueba cada nuevo impulso. Se determina que el flujo es activo una vez que se han reconocido varios pulsos correspondientes. Por ejemplo, pueden utilizarse 9 pulsos acumulados para determinar el periodo de separación de pulsos promedio actual. Esto permite dar razón de cualquier cambio en el caudal.

35 Cálculo del Caudal

[0110] Usando la medición del periodo de separación de pulsos se determina el periodo del pulso, se determinan un punto por encima y por debajo en la tabla de consulta y usando interpolación lineal se calcula un volumen por pulso específico según se procesa cada pulso. Esto se refiere directamente al caudal a través del caudalímetro.

Acumulación de Pulsos Básicos

[0111] La "Acumulación de Pulsos Básicos" es el procedimiento inicial de contar pulsos y acumular un volumen para cada pulso, calculando así el caudal; este es el procedimiento general para los detalles de salida de pulsos conocidos. Sin embargo, cualquier pulso irregular que se produzca, tal como pulsos perdidos y pulsos dobles, causará errores en el volumen acumulado, puesto que:

$$\text{Volumen Acumulado} = N \times \text{Volumen por Pulso}$$

50

Inclusión de Pulsos Fraccional

[0112] El proceso de validación que se ha descrito anteriormente se utiliza para determinar pulsos válidos e inválidos. El caudal debido a pulsos válidos se determina usando el procedimiento de "Acumulación de Pulsos Básicos". Sin embargo, el caudal debido a pulsos inválidos se determina de la siguiente manera. Se determina un parámetro estadístico, tal como la mediana, media o moda dependiendo de los periodos de separación de pulsos de todos los pulsos de salida válidos. Es preferible utilizar el periodo de separación de pulsos medio para los 9 pulsos de salida anteriores. Al utilizar la mediana filtran de forma eficaz los pulsos menos deseables, es decir, aquellos con un periodo de separación de pulsos muy largo o muy corto en comparación con la frecuencia de repetición de pulsos

teórica. Después, el periodo de separación de pulsos medio se utiliza para calcular el volumen específico para ese periodo usando la tabla de consulta. Con el fin de corregir los pulsos perdidos y dobles, el periodo de separación de pulsos actual del pulso inválido se normaliza utilizando un promedio, tal como el periodo de separación de pulsos mediano, medio o moda como se muestra a continuación:

5

$$\text{Volumen Ac.} = (N^{\text{válido}} \times \text{Vol por pulso}) + \frac{(N^{\text{inválido}} \times \text{Periodo de Pulso} \times \text{Vol por pulso})}{\text{Periodo de Pulso Medio}}$$

NB Vol por pulso es el volumen del pulso medio en ese caudal

10 **[0113]** Por lo tanto, los caudales determinados dependiendo de los pulsos válidos y de los pulsos inválidos se combinan para determinar el caudal total. Esto reduce los errores causados significativamente por los pulsos perdidos y dobles.

15 **[0114]** Además, puede utilizarse un promedio acumulado del pulso medio en la fórmula anterior. Éste reduce el error aún más.

Detección de la dirección del flujo

20 **[0115]** Cuando un caudalímetro de salida de pulso (por ejemplo un oscilador fluídico) transcurre en una dirección inversa, el oscilador o el sistema para detectar las oscilaciones, a menudo producirá pulsos que no son de la misma frecuencia o repetibilidad que cuando el caudalímetro transcurre en la dirección de avance.

25 **[0116]** En un caudalímetro unidireccional esto puede malinterpretarse como un flujo progresivo de una magnitud equivocada. En un caudalímetro bidireccional, esto puede producir una incertidumbre en la dirección del flujo, especialmente en el arranque y parada de los flujos y en los momentos en los que el sistema de detección está sometido a altos niveles de ruido (por ejemplo durante la vibración).

30 **[0117]** Para el caudalímetro bidireccional que consiste en dos caudalímetros individuales "espalda con espalda" (como se ha descrito anteriormente), se asigna un registro a cada oscilador fluídico. Este registro aumenta en un pulso válido del caudalímetro asociado. El oscilador fluídico en la dirección de avance tiene una frecuencia mayor que el oscilador fluídico en la dirección inversa y, así, el registro con el mayor valor indica la dirección del flujo. (Los pulsos válidos se determinan como se ha descrito anteriormente).

35 **[0118]** Es deseable impedir que los registros de dirección de avance e inversa continúen hasta elevarse indefinidamente, ya que si/cuando la dirección del flujo cambia, los valores del registro tardarán un tiempo significativo en ajustarse a la nueva dirección del flujo.

40 **[0119]** Por lo tanto, cuando un pulso válido aumenta el registro para una dirección, el otro registro para la dirección opuesta se disminuye al mismo tiempo (esto podría ponderarse de tal forma que descienda en función de los aumentos, por ejemplo, al doble de la velocidad, o 5 veces la velocidad, etc.). Esto da como resultado la capacidad de usar registros más pequeños y asegurar que nunca haya una situación en la que ambos registros estén completos.

45 **[0120]** Cuando el caudalímetro mide el flujo en una dirección de avance los pulsos válidos aumentan un registro de la dirección de avance hasta un máximo de típicamente 15 recuentos. Un pulso inverso válido disminuye el registro de avance y aumenta el registro inverso en una unidad hasta un máximo de típicamente 15.

(Por lo tanto, se conoce la capacidad requerida del registro).

50 **[0121]** Cuanto más pequeño es el registro más rápido responderá el caudalímetro a los cambios en la dirección del flujo, pero tendrá menos fuerza para eliminar el ruido. Como se ha indicado anteriormente, un tamaño de registro preferido es capaz de manejar un recuento de 15. El tamaño de los registros y la función de disminuirlos se ajusta a los requisitos exactos del caudalímetro específico, y la aplicación. Ambos registros se borran cuando no se detecta ninguna actividad en cualquier dirección durante una cierta cantidad de tiempo.

55

[0122] Como se ha descrito anteriormente, se aplica un algoritmo de validación a cada pulso, y únicamente los pulsos válidos aumentan el registro. Puesto que el flujo inverso producirá probablemente pulsos aleatorios y no

rítmicos, el proceso de validación aumenta la precisión para detectar la dirección del flujo correcta.

[0123] Los procedimientos de corrección y dirección del flujo que se han descrito anteriormente se ponen en práctica usando el procesador del caudalímetro, como se muestra en la figura 4. El procedimiento de detección de la dirección del flujo se implementa antes de medir el caudal del fluido. Esto permite al procesador determinar usar el conjunto de detectores correcto al determinar el caudal, ya que el uso del conjunto de detectores del oscilador fluido que tiene un flujo de retroceso dará como resultado errores.

Perfil del puerto

[0124] En ciertos casos, el flujo del fluido a través del tubo de flujo del caudalímetro puede dar como resultado una caída de presión apreciable e inaceptable o pérdida de carga a lo largo de la longitud del tubo de flujo. En la práctica común de ingeniería, una forma de evitar la pérdida de carga en un sistema de fluido es asegurarse de que el área en sección transversal por las diversas partes del flujo de fluido es aproximadamente el mismo. Sin embargo, en las condiciones de flujo altamente turbulentas en las que el caudalímetro descrito opera se ha descubierto que la pérdida de carga mejora siempre que el área en sección transversal mínima del puerto de salida 108 (que incluye la porción paralela 120) tenga un área en sección transversal mayor que el del cuello 104. De forma sorprendente, el aumento del área en sección transversal se requiere para reducir al mínimo la pérdida de carga asociada a esta sección. En particular, el área en sección transversal sobre cada lado del dispositivo divisor en la porción paralela 120 se igual idealmente a o mayor que el área en sección transversal del cuello 104 (ya que la gran parte del flujo estará sobre un lado u otro del dispositivo divisor en cualquier momento). Preferiblemente, esta característica se usa junto con el aspecto de la paleta 116 que se ha descrito anteriormente.

[0125] Más específicamente, y haciendo referencia a la figura 1, el área en sección transversal de la porción sustancialmente paralela 120 del tubo de flujo alrededor de cada lado del dispositivo divisor 112 y el aspecto de la paleta 116 se hace mayor que el del cuello 104. El aumento relativo en el área en sección transversal de la porción paralela 120 del tubo de flujo no es necesariamente muy grande; únicamente lo suficiente para reducir la pérdida de carga experimentada en la salida 108 de manera que ya no sea la fuente de la pérdida de carga dominante en el sistema. Ya que el caudalímetro bidireccional es básicamente simétrico, el aumento en el área en sección transversal del puerto de salida se refiere a que el área en sección transversal del puerto de entrada también ha aumentado.

[0126] Las figuras 5 muestran vistas en sección transversal o perfil en planta lateral tomadas a lo largo de la línea X-X' mostrada en la figura 1 de dos versiones de una realización del tubo de flujo de oscilador fluido bidireccional: La figura 5 a) muestra una versión inicial con una sección transversal no modificada; la figura 5 b) muestra una versión revisada con un puerto de salida mayor 108 como se ha descrito anteriormente. Como puede observarse a partir de la figura 5 b) la sección transversal del área del flujo 502 es sustancialmente rectangular, con una anchura de aproximadamente 15,2 mm y una altura de 19 mm.

[0127] En esta realización, los imanes 402 situados dentro de las paredes del difusor se reemplazan por un único imán 500 situado dentro del dispositivo divisor 112.

[0128] La Tabla 2 muestra los resultados de las mediciones de la caída de presión y la pérdida de carga aproximadas que se midieron incluyendo los filtros en la entrada 106 y la salida 108 a un caudal de prueba de 2500 l/h (Q3) para las geometrías del perfil inicial y revisado. En ambos casos, el área en sección transversal del cuello es aproximadamente 69 mm² (3,62 x 19,0 mm); la proporción dada representa el menor área en sección transversal de la salida a lo largo de la línea X-X' en la figura 1 dividida por el área en sección transversal del cuello 104 (como se proporciona).

50

Tabla 2		
	Área de salida/Área del cuello	Caída de presión (Bar)
Inicial	0,82	0,7
Revisada	1,03	0,5

Como puede observarse a partir de la Tabla 2, el aumento del área en sección transversal del puerto de salida 108 (o más específicamente, el de la porción paralela 120) reduce la pérdida de carga en el caudalímetro. En particular, el aumento de la proporción del área en sección transversal de la salida a la del cuello como se muestra reduce la pérdida de carga de 0,7 a 0,5 bar. Los detalles que se han proporcionado anteriormente son un ejemplo específico de un caudalímetro de 15 mm; también se proporcionan otros caudalímetros de diferentes tamaños, y la caída de

55

presión será diferente a través de caudalímetros de diferente tamaño. Sin embargo, en cada caso el aumento del área en sección transversal conducirá a un descenso de la caída de presión.

Caudalímetro

5

[0129] La figura 4 muestra un caudalímetro que incorpora el tubo de flujo de oscilador fluídico bidireccional como se ha descrito anteriormente. Los detectores 400 se conectan al hardware del caudalímetro. Los imanes 402 se sitúan dentro de las paredes del difusor y se utilizan para inducir un campo electromagnético que se mide usando los detectores 400. La salida de los detectores 400 se procesa por el hardware del caudalímetro, y se proporciona una salida del caudal/volumen del flujo. Los registros se usan en la determinación de la dirección del flujo como se ha descrito anteriormente. El procesador se utiliza para realizar los procedimientos de corrección, y la detección de la dirección del flujo como se ha descrito anteriormente. La memoria asociada se utiliza para almacenar, por ejemplo, la tabla de consulta utilizada para determinar el caudal.

10

15 **[0130]** Aunque la invención se ha descrito en referencia a sus realizaciones preferidas, se entenderá que las palabras que se han usado son palabras de descripción en lugar de limitación, y que pueden hacerse cambios a la invención sin apartarse de su almacena como se define por las reivindicaciones adjuntas.

20 **[0131]** Cada característica desvelada en la descripción, y (cuando sea apropiado) las reivindicaciones y los dibujos, puede proporcionarse independientemente o en cualquier combinación apropiada.

[0132] Los números de referencia que aparecen en las reivindicaciones son únicamente a modo de ilustración y no tendrán efecto limitante sobre el alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un tubo de flujo para un caudalímetro bidireccional que comprende:
- 5 un primer medio (100) para generar una variación periódica de la presión cuya frecuencia varía en función del caudal de fluido a través del caudalímetro en una primera dirección;
- un segundo medio (102) para generar una variación periódica de la presión cuya frecuencia varía en función del caudal de fluido a través del caudalímetro en una segunda dirección, opuesta a la primera dirección, comprendiendo
- 10 cada medio generador un difusor, comprendiendo el difusor dos cuerpos (110); un dispositivo divisor (112); y dos canales de retroalimentación (114);
- medios de conexión para conectar dichos primer y segundo medios generadores en serie entre un puerto de entrada (106) y un puerto de salida (108); y
- 15 una paleta larga y fina (116), en forma de un cuerpo alargado con una proporción de la longitud con respecto a la anchura entre 2,5 a 30, situada corriente abajo del dispositivo divisor (112), dispuesta para reducir el reflujo alrededor del extremo corriente abajo del dispositivo divisor (112).
- 20 2. Un tubo de flujo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho primer medio generador (100) y dicho segundo medio generador (102) son sustancialmente idénticos.
3. Un tubo de flujo de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que los dos de dichos medios generadores (100, 102) se disponen de tal forma que las entradas del primer y segundo medios generadores, según
- 25 se definen cuando el flujo fluye respectivamente en la primera y segunda direcciones, están conectadas entre sí.
4. Un tubo de flujo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1, 2 ó 3, que comprende adicionalmente un cuello (104) situado entre el primer y segundo medios generadores (100, 102); preferiblemente en el que al menos uno de:
- 30 i) el primer medio generador (100) está adaptado para condicionar el flujo a través del cuello (104) hasta el segundo medio generador (102) cuando el flujo fluye en la segunda dirección y viceversa;
- ii) el área en sección transversal mínima del puerto de salida (108) es mayor que el área en sección transversal del
- 35 cuello (104); y
- iii) el área en sección transversal mínima del puerto de salida (108) es mayor que el doble del área en sección transversal del cuello (104).
- 40 5. Un tubo de flujo de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la anchura de la admisión del difusor (122) es mayor que la anchura del cuello (104); preferiblemente en el que al menos uno de:
- i) la anchura de la admisión del difusor (122) está entre 1,4 y 1,8 veces la anchura del cuello (104), preferiblemente entre 1,5 y 1,7 veces, más preferiblemente aproximadamente 1,64 veces;
- 45 ii) la diferencia en la anchura de la admisión (122) y la anchura del cuello (104) está entre 2,0 mm y 2,5 mm, preferiblemente aproximadamente 2,3 mm;
- iii) el difusor comprende dos cuerpos, preferiblemente alargados, (110), y el ángulo entre los dos de dichos cuerpos
- 50 está adaptado para reducir al mínimo sustancialmente el flujo hacia las salidas de los canales de retroalimentación (114); y
- iv) la distancia más corta desde el dispositivo divisor (112) a la entrada de los medios generadores (100, 102) está entre 6,0 y 7,0 veces la anchura del cuello (104), preferiblemente entre 6,25 y 6,75, y más preferiblemente
- 55 aproximadamente 6,4.
6. Un tubo de flujo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la distancia más corta entre el dispositivo divisor (112) y la entrada a los medios generadores está entre 22 mm y 24 mm, preferiblemente aproximadamente 23 mm.

7. Un tubo de flujo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo divisor (112) se sitúa al menos parcialmente dentro del escape (124) del difusor.
- 5 8. Un tubo de flujo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la distancia más corta entre el dispositivo divisor (112) y uno de los cuerpos está entre 0,9 y 1,1 veces la distancia más corta entre los cuerpos, y preferiblemente es sustancialmente equivalente a esa distancia.
9. Un tubo de flujo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la paleta (116) se extiende desde el dispositivo divisor (112) hasta el cuello de la entrada (106)/salida (108) del caudalímetro.
- 10 10. Un tubo de flujo de acuerdo con la reivindicación 9 como dependiente de la reivindicación 4, en el que dicha paleta (116) se extiende entre 1,5 y 3,5 veces la anchura del cuello (104), preferiblemente entre 2 y 3 veces, y más preferiblemente aproximadamente 2,5 veces.
- 15 11. Un tubo de flujo de acuerdo con la reivindicación 9 ó 10, en el que dicha paleta (116) se extiende entre 5 mm y 15 mm, preferiblemente 9 mm.
12. Un tubo de flujo de acuerdo con la reivindicación 9, 10 u 11 como dependientes de la reivindicación 4, en el que dicha paleta (116) está entre 0,20 y 0,40 veces la anchura del cuello (104), preferiblemente entre 0,25 y 0,35 veces, y más preferiblemente aproximadamente 0,28 veces.
- 20 13. Un tubo de flujo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en el que dicha paleta (116) tiene entre 0,5 mm a 2 mm de espesor, preferiblemente aproximadamente 1 mm.
- 25 14. Un tubo de flujo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la entrada (106)/salida (108) del caudalímetro comprende una sección sustancialmente paralela (120); preferiblemente, en el que la perforación de la entrada se ahúsa (118) con respecto a dicha sección sustancialmente paralela (120).
- 30 15. Un tubo de flujo de acuerdo con la reivindicación 14 como dependiente de la reivindicación 4, en el que la longitud de dicha sección sustancialmente paralela (120) está entre 2,0 y 2,5 veces la anchura del cuello (104), preferiblemente entre 2,1 y 2,4 veces, y más preferiblemente aproximadamente 2,22 veces.
- 35 16. Un tubo de flujo de acuerdo con la reivindicación 14 ó 15, en el que dicha sección paralela (120) tiene entre 6 mm y 10 mm de longitud, preferiblemente aproximadamente 8 mm.
17. Un tubo de flujo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, en el que la transición entre las secciones ahusada (118) y paralela (120) se bisela.
- 40 18. Un tubo de flujo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 17 como dependientes de la reivindicación 4, en el que el área en sección transversal mínima del puerto de salida (108) menos el área en sección transversal del dispositivo divisor (112) es mayor que el doble del área en sección transversal del cuello (104);
- 45 preferiblemente, en el que el área en sección transversal mínima del puerto de salida (108) menos el área en sección transversal del dispositivo divisor (112) es mayor de 2,01 veces el área en sección transversal del cuello (104), más preferiblemente mayor de 2,05 veces.
- 50 19. Un tubo de flujo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el ángulo entre los dos cuerpos de difusor (110) está entre 25° o 28° y 35° o 38°, preferiblemente entre 30° y 34°, más preferiblemente aproximadamente 32°.
20. Un caudalímetro bidireccional que incorpora un tubo de flujo de acuerdo con cualquiera de las 55 reivindicaciones anteriores.

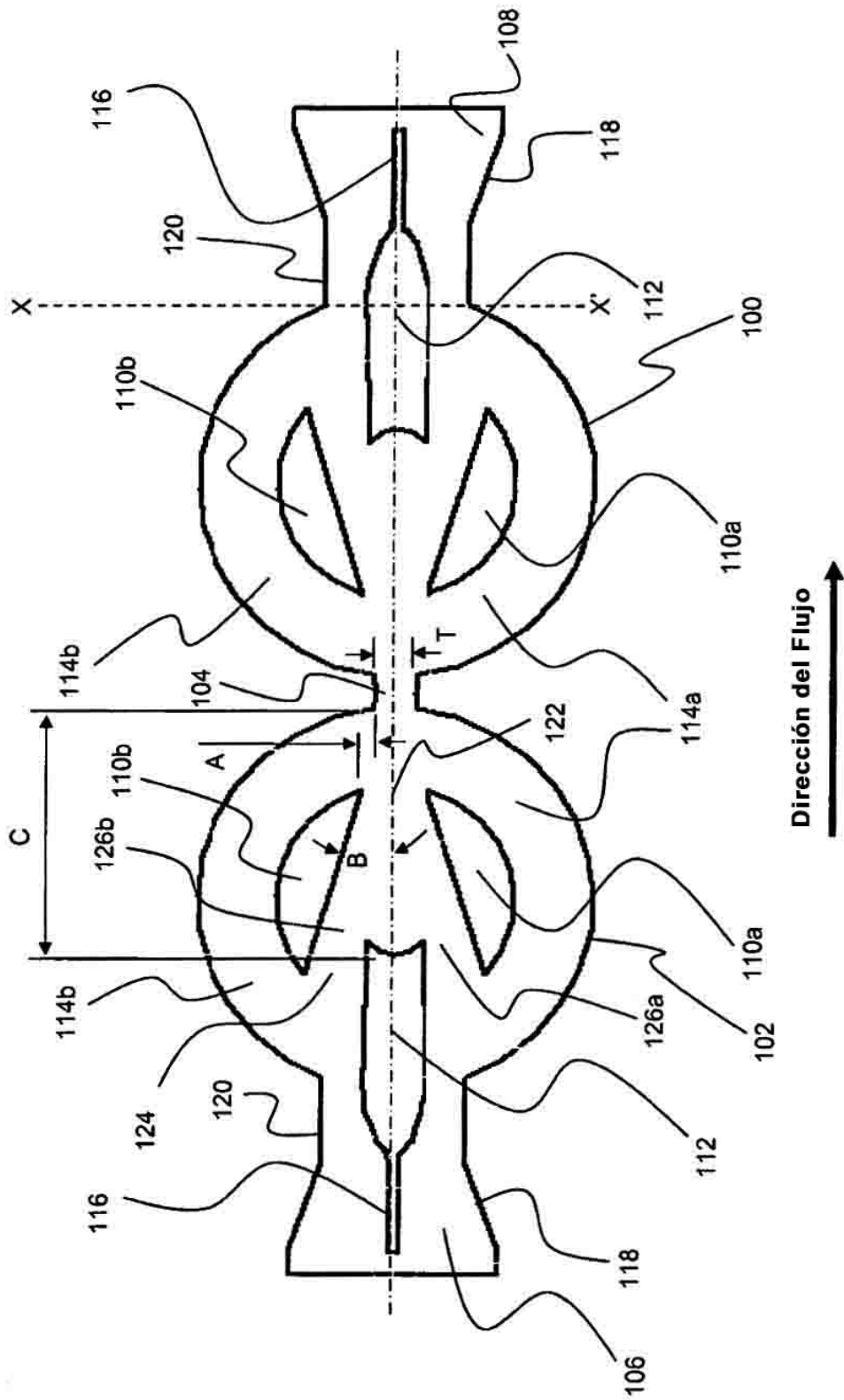
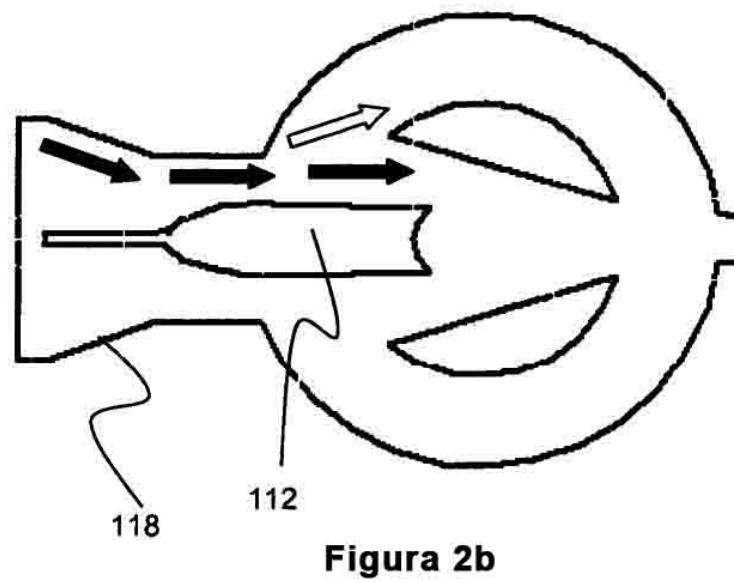
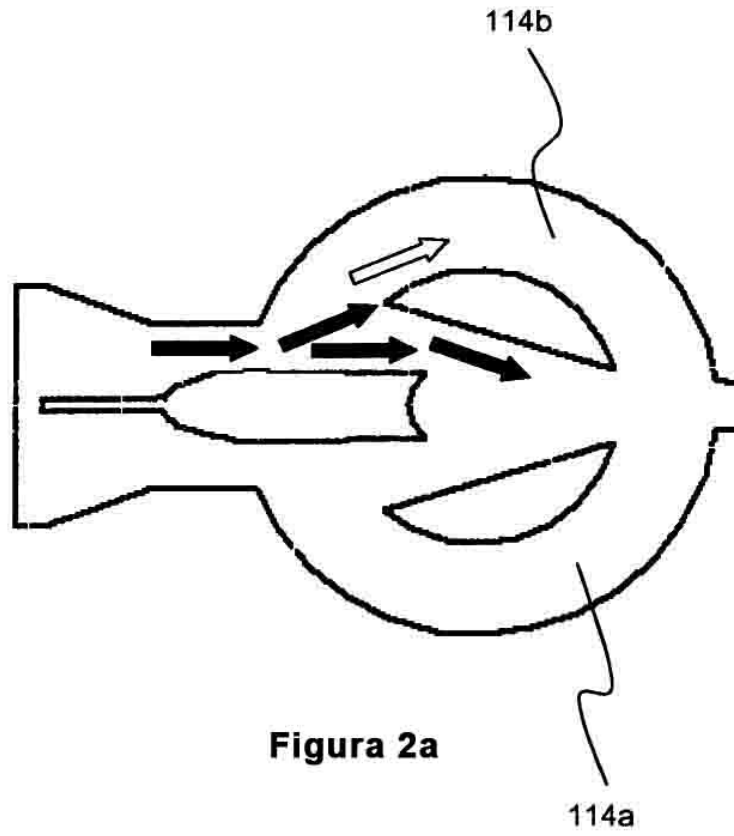


Figura 1



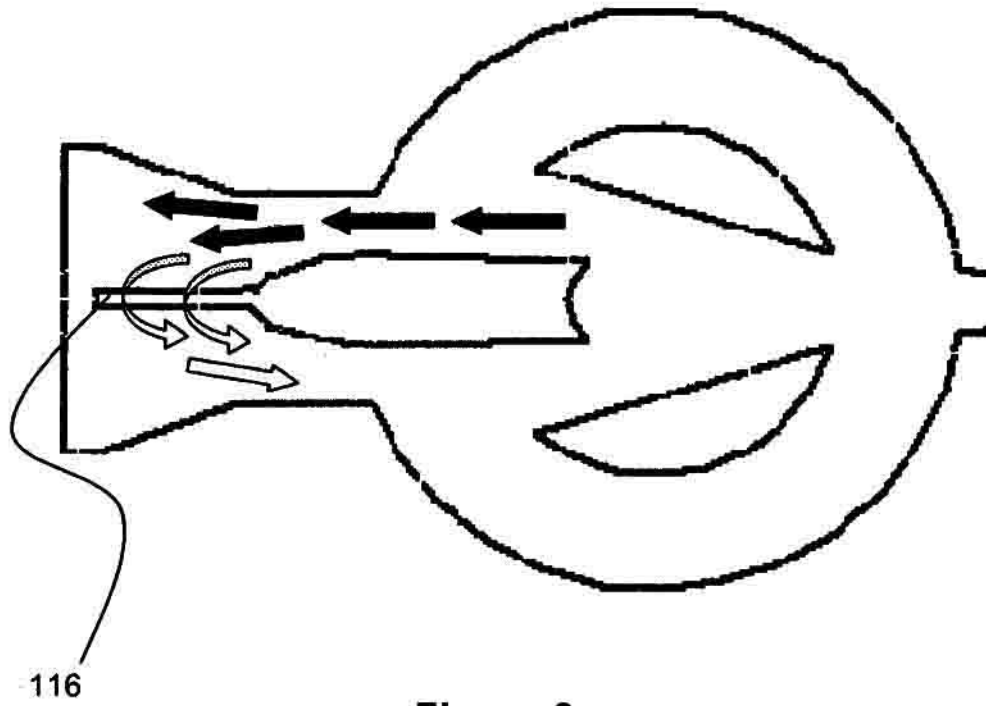


Figura 3

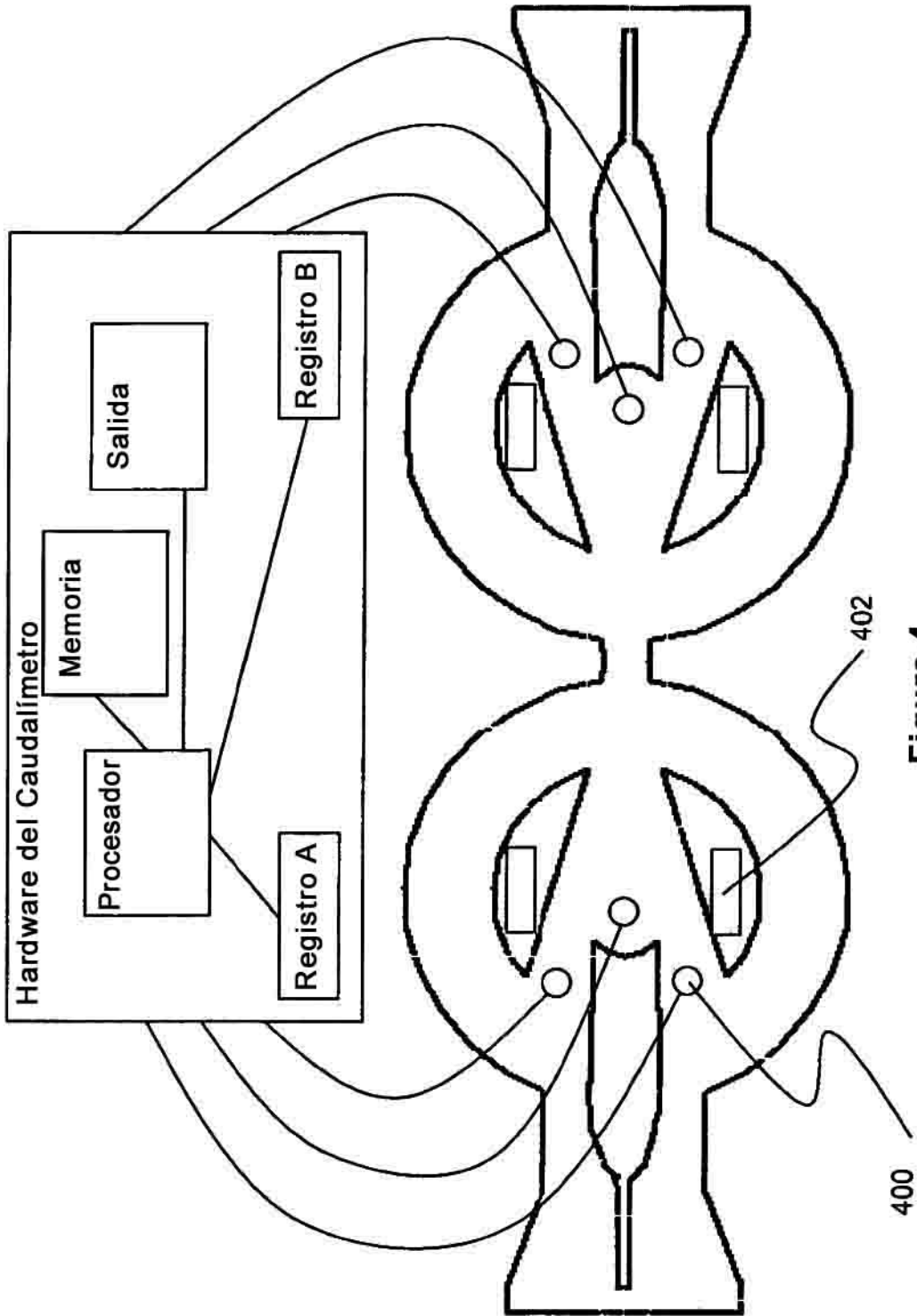
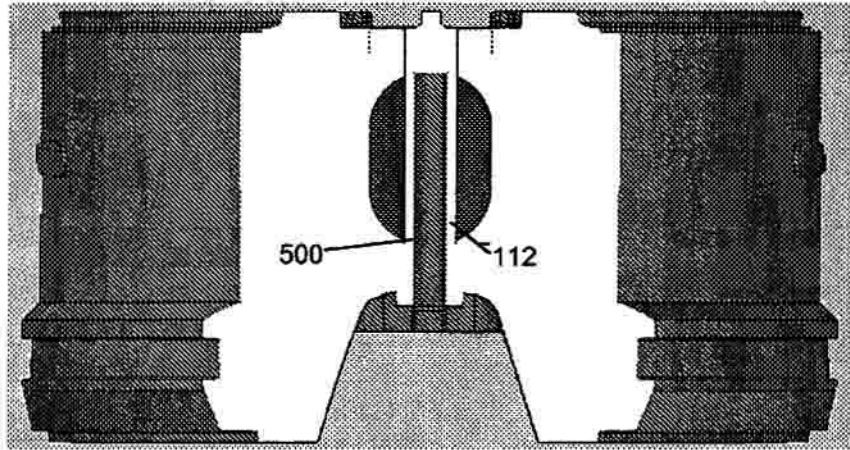
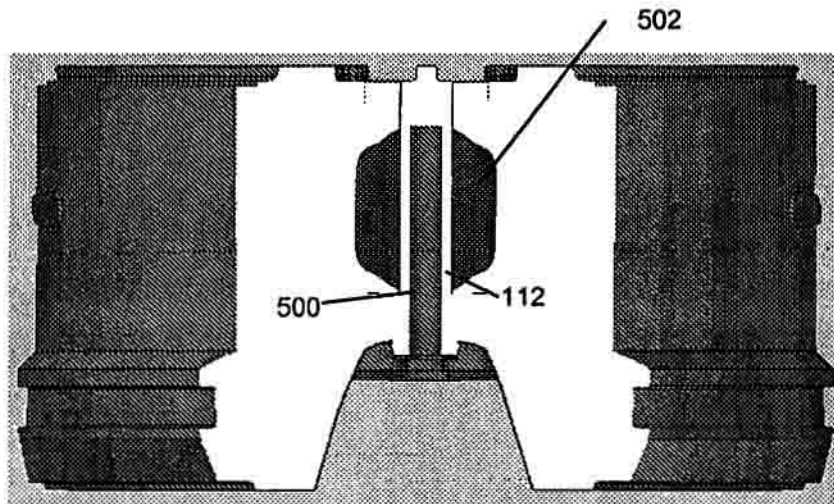


Figura 4



a)

Perfil inicial



b)

Perfil revisado

Figura 5