

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 999 632**

51 Int. Cl.:

<b>G01F 1/34</b>	(2006.01)	<b>G01F 7/00</b>	(2006.01)
<b>G01F 1/50</b>	(2006.01)	<b>G01F 15/02</b>	(2006.01)
<b>G01F 1/58</b>	(2006.01)	<b>G01F 1/325</b>	(2012.01)
<b>G01F 1/66</b>	(2012.01)		
<b>G01F 1/704</b>	(2006.01)		
<b>G01F 1/86</b>	(2006.01)		
<b>G01F 25/10</b>	(2012.01)		
<b>G01F 1/32</b>	(2012.01)		
<b>G01F 1/684</b>	(2006.01)		
<b>G01F 5/00</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.12.2018 PCT/US2018/068081**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **11.07.2019 WO19136013**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.12.2018 E 18898012 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2024 EP 3735570**

54 Título: **Uso de características de flujo localizadas en un contador electrónico para cuantificar el flujo volumétrico**

30 Prioridad:  
**02.01.2018 US 201815859835**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**26.02.2025**

73 Titular/es:  
**NATURAL GAS SOLUTIONS NORTH AMERICA, LLC (100.00%)  
16240 Port Northwest Boulevard  
Houston, TX 77041, US**

72 Inventor/es:  
**ARTIUCH, ROMAN LEON;  
BERKCAN, ERTUGRUL y  
CHEN, NANNAN**

74 Agente/Representante:  
**DEL VALLE VALIENTE, Sonia**

ES 2 999 632 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**

Uso de características de flujo localizadas en un contador electrónico para cuantificar el flujo volumétrico

5 **Referencia cruzada a solicitudes relacionadas**

Esta solicitud reivindica el beneficio de prioridad de la solicitud de patente US15/859.835, presentada el 2 de enero de 2018 y titulada "USING LOCALIZED FLOW CHARACTERISTICS ON ELECTRONIC FLOW METER TO QUANTIFY VOLUMETRIC FLOW", que es una continuación parcial de la solicitud de patente US15/362.582, presentada el 28 de noviembre de 2016 y titulada "SYSTEM AND METHOD FOR METERING GAS BASED ON AMPLITUDE AND/OR TEMPORAL CHARACTERISTICS OF AN ELECTRICAL SIGNAL," que es una solicitud divisional de la solicitud de patente US14/561.431, presentada el 5 de diciembre de 2014 y titulada "SYSTEM AND METHOD FOR METERING GAS".

15 **Antecedentes**

Se utiliza hardware de metrología en una amplia variedad de aplicaciones. Por ejemplo, la industria del gas combustible usa sistemas de medición, o "contadores", para medir el consumo, facturar a los clientes y gestionar el inventario. Algunos de estos contadores son dispositivos mecánicos de desplazamiento positivo. Los tipos rotativos de estos dispositivos pueden incluir un impulsor que rota en respuesta al flujo de gas. En otros tipos, el flujo de gas traslada un diafragma o fuelle. Otros dispositivos mecánicos pueden aprovechar una turbina o un elemento rotatorio similar (por ejemplo, un molinete).

Los avances en la tecnología pueden eclipsar estos contadores de base mecánica. Esta tecnología hace posible el uso de hardware electrónico para evaluar los parámetros del material que fluye y cuantificar adecuadamente, por ejemplo, el flujo volumétrico que constituye la base de la facturación a los clientes. Sin embargo, para que los contadores electrónicos sustituyan a los contadores mecánicos, estos dispositivos frecuentemente deben cumplir con ciertas normas de "metrología legal" que los organismos reguladores promulgan bajo la autoridad o el marco legal de un país o territorio determinado. Estas normas pueden adoptarse para proteger los intereses públicos, por ejemplo, para brindar protección al consumidor en lo que respecta a la medición y facturación del uso del combustible. Esta protección puede establecer definiciones para las unidades de medición, la realización de estas unidades de medición en la práctica, la aplicación de la trazabilidad para vincular la medición de las unidades realizadas en la práctica con las normas y, lo que es más importante, garantizar la precisión de las mediciones.

US 2017/356772 A1 muestra el diseño y la estructura de un contador por vórtices con un amplio rango dinámico que utiliza un dispositivo sensor de flujo térmico micromecanizado para medir simultáneamente el caudal volumétrico mediante la frecuencia en una calle de vórtices, así como el caudal másico.

DE 35 22 997 A1 muestra un contador para medir un caudal con respecto al tiempo para fluidos (gases y líquidos) por medio de un elemento fluidico.

US 4 142 407 A muestra un dispositivo de toma de muestras de aire con detección de flujo de aire integrado.

EP 3 035 008 A2 muestra un sistema para medir gas.

US 2005/241417 A1 muestra un dispositivo de toma de muestras de aire con detección de flujo de aire integrado.

EP 3 032 230 A2 muestra un sistema que comprende un primer sensor que genera una primera señal de salida representativa de una primera medición del caudal en un primer intervalo de caudales de un fluido, un segundo sensor que genera una segunda señal de salida representativa de una segunda medición del caudal en un segundo intervalo de caudales del fluido que se superpone, al menos parcialmente, con el primer intervalo de caudales del fluido para formar una región parcialmente superpuesta, un repositorio de datos que almacena una primera relación de calibración correspondiente a una primera condición del fluido y una segunda relación de calibración correspondiente a una segunda condición del fluido.

US 8 966 970 B2 muestra un sistema de sensores de flujo que incluye un conjunto de sensores de flujo.

**Resumen**

El objeto de esta descripción se refiere a contadores electrónicos, al hardware de metrología relacionado y a un método de los mismos. La presente invención está definida por las reivindicaciones independientes. En la presente memoria son de particular interés las mejoras que configuran contadores electrónicos para cuantificar con precisión el volumen del flujo de gas (o "material"). Algunas realizaciones comprenden un sensor que puede generar datos para una corriente de muestra del material que fluye. Estos datos pueden reflejar las condiciones de flujo, incluidas las condiciones "medidas" localizadas, como la presión medida y la temperatura medida en, o cerca, del sensor. Con un flujo bajo, las realizaciones pueden utilizar los datos del sensor para calcular el flujo volumétrico estandarizado de la

muestra. Los datos sobre la presión medida son ventajosos para que el dispositivo tenga en cuenta en tiempo real la densidad de la muestra (cerca del sensor), que las realizaciones necesitan para convertir con precisión el flujo volumétrico estandarizado en flujo volumétrico del material que fluye en estas condiciones de bajo flujo. Con un flujo más alto, las realizaciones también pueden utilizar los datos para llegar al flujo volumétrico. Sin embargo, las realizaciones se beneficiarán de los valores de la presión medida y la temperatura medida en estas condiciones de flujo más alto y, de forma más general, en todas las condiciones de flujo, ya que el dispositivo puede utilizar los datos para aplicar una “corrección” a cualquier flujo volumétrico calculado. Esta corrección, a su vez, configura los valores del flujo volumétrico para reflejar adecuadamente las condiciones ambientales cerca del contador electrónico.

En este sentido, esta descripción puede referirse al volumen del flujo de gas de varias formas. El caudal volumétrico “real” se refiere al volumen de gas que fluye en el contador a la temperatura y presión predominantes. El caudal volumétrico “estándar” (o caudal “estándar”) se refiere al caudal volumétrico equivalente del gas que se movería a través del contador si la temperatura y la presión hubieran estado en condiciones estándar o de “referencia” para la temperatura y presión. Los cálculos para convertir el caudal volumétrico real en un caudal volumétrico estándar pueden ajustarse a la Ley de gases ideales, como se muestra en la Ecuación (1) a continuación,

$$V_r = \left(\frac{P_m}{P_r}\right) \times \left(\frac{T_r}{T_m}\right) \times V_m, \quad \text{Ecuación (1)}$$

donde  $V_r$  es el flujo volumétrico estándar en las condiciones de referencia,  $V_m$  es el flujo volumétrico real en las condiciones predominantes,  $P_m$  es la presión actual,  $P_r$  es la presión de referencia,  $T_m$  es la temperatura actual y  $T_r$  es la temperatura de referencia. La descripción también puede identificar el caudal volumétrico estándar  $V_r$  como caudal volumétrico “corregido” (en las condiciones de referencia). Esta descripción también contempla que el caudal volumétrico estándar puede relacionarse con el caudal másico del gas mediante una constante multiplicadora que depende de la densidad del gas en las condiciones de referencia. El caudal volumétrico o el caudal volumétrico real también puede indicarse, aunque no de forma limitativa, en caudal volumétrico estándar, caudal volumétrico corregido y caudal másico. Sigue entonces que las realizaciones pueden convertir datos de sensores (por ejemplo, sensores que midan condiciones como la temperatura y la presión) en formas que incluyan, aunque no de forma limitativa, también estas formas de caudales. Las realizaciones también pueden obtener parámetros de flujo a partir de los datos generados por estos sensores y uno o ambos de una característica de amplitud de los datos y una característica temporal de los datos. Las realizaciones pueden convertir los datos y los parámetros de flujo en un caudal volumétrico mediante diferentes procesos en los diversos regímenes de flujo que son relevantes, como se detalla más adelante.

### Dibujos

Se hace referencia ahora brevemente a las figuras adjuntas, en las cuales:

la Figura 1 es una ilustración esquemática de un sistema para medir gas, según aspectos de la presente memoria descriptiva;

la Figura 2 es una ilustración esquemática de otro sistema para medir gas, según aspectos de la presente memoria descriptiva;

la Figura 3 es una ilustración gráfica que representa una respuesta de un sensor en diferentes regímenes de flujo, según aspectos de la presente memoria descriptiva;

las Figuras 4A y 4B representan un diagrama de flujo que ilustra un método ilustrativo para medir gas, según aspectos de la presente memoria descriptiva;

la Figura 5 representa un diagrama esquemático de una realización ilustrativa de un sistema que puede cuantificar un flujo volumétrico de gas combustible;

la Figura 6 representa un diagrama de flujo de una realización ilustrativa de un método de funcionamiento del contador de la Figura 5;

la Figura 7 representa un diagrama de flujo de un ejemplo del método de la Figura 6; y

la Figura 8 representa un diagrama esquemático de un ejemplo de un sensor para su uso en el contador de la Figura 5.

Cuando corresponda, los caracteres de referencia similares indican componentes y unidades idénticos o correspondientes en todas las diversas vistas, que no están a escala a menos que se indique lo contrario. Las realizaciones divulgadas en el presente documento pueden incluir elementos que aparezcan en una o más de las diversas vistas o en combinaciones de las diversas vistas. Además, los métodos son solo ilustrativos y pueden modificarse, por ejemplo, reordenando, añadiendo, eliminando y/o alterando las etapas individuales.

### Descripción detallada

5 La memoria descriptiva puede entenderse mejor con referencia a las figuras y a la descripción detalladas expuestas en la presente memoria. A continuación en la memoria se describen diversas realizaciones con referencia a las figuras. Sin embargo, los expertos en la técnica apreciarán fácilmente que la descripción detallada dada en la presente memoria con respecto a estas figuras tiene fines explicativos, ya que el método y el sistema no se limitan a las realizaciones descritas.

10 En la siguiente memoria descriptiva y en las reivindicaciones, las formas singulares “un”, “una” y “el”/“la” incluyen referentes plurales a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Como se utiliza en la presente memoria, el término “o” no pretende ser exclusivo y se refiere a que al menos uno de los componentes mencionados está presente e incluye casos en los que puede estar presente una combinación de los componentes mencionados, a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

15 Como se utiliza en la presente memoria, los términos “puede” y “puede ser” indican la posibilidad de que ocurra algo dentro de un conjunto de circunstancias, la posesión de una propiedad, característica o función específica; y/o calificar otro verbo expresando una o más de las habilidades, capacidades o posibilidades asociadas al verbo calificado. En consecuencia, el uso de “puede” y “puede ser” indica que un término modificado es aparentemente apropiado, capaz o adecuado para una capacidad, función o uso indicados, teniendo en cuenta que, en ciertas circunstancias, el término modificado a veces puede no ser apropiado, capaz o adecuado.

20 La Figura 1 es una ilustración esquemática de un sistema 100 para medir gas, según aspectos de la presente memoria descriptiva. El sistema 100 incluye una carcasa 102 que tiene un puerto 104 de entrada y un puerto 106 de salida. Además, el sistema 100 incluye un administrador 108 de flujo, un sensor 110 de flujo y un procesador 112. Opcionalmente, el sistema 100 también puede incluir un indicador visual 116. El administrador 108 de flujo y el sensor 110 de flujo pueden estar dispuestos dentro de la carcasa 102. El procesador 112 puede estar dispuesto en una placa de circuito impreso (PCB) (no mostrada). En una realización, la PCB puede estar dispuesta sobre o alrededor de la carcasa 102. Además, el sistema 100 también puede incluir una fuente de energía, tal como una batería (no mostrada) acoplada al administrador 108 de flujo, al sensor 110 de flujo y al procesador 112. La fuente de energía puede suministrar energía al administrador 108 de flujo, al sensor 110 de flujo y al procesador 112. En una realización, el administrador 108 de flujo puede estar dispuesto cerca del puerto 104 de entrada. En otra realización, el administrador 108 de flujo puede estar dispuesto cerca del puerto 106 de salida.

35 El sistema 100 puede estar acoplado de forma operativa a una tubería 114, como se muestra en la Figura 1, y configurarse para medir un gas que fluye a través de la tubería 114. Más especialmente, el sistema 100 puede estar acoplado de forma operativa a la tubería 114 de modo que el gas que fluye a través de la tubería 114 se reciba en el puerto 104 de entrada. Además, la carcasa 102 y el puerto 106 de salida pueden disponerse de forma que el gas se descargue desde el puerto 106 de salida. En una realización, el recorrido del flujo de al menos una parte del gas que fluye en la carcasa 102 puede indicarse mediante una línea discontinua 118. La tubería 114 puede ser parte de una instalación doméstica o industrial para suministrar gas, tal como gas natural. En una realización, el puerto 104 de entrada y el puerto 106 de salida pueden formar parte íntegra de un cuerpo de la carcasa 102. En algunas otras realizaciones, el puerto 104 de entrada y el puerto 106 de salida pueden estar acoplados de forma operativa a la carcasa 102. Como se ha indicado anteriormente en la presente memoria, el sistema 100 puede configurarse para medir el gas que fluye a través de la tubería 114. El término “contador”, como se utiliza en la presente memoria, puede utilizarse para referirse a la determinación de uno o más parámetros de flujo del gas incluidos, aunque no de forma limitativa, un caudal másico, un volumen acumulado del gas, un caudal volumétrico, un volumen de gas acumulado por una unidad de tiempo determinada, o combinaciones de los mismos.

50 La carcasa 102 puede configurarse para recibir el gas desde el puerto 104 de entrada. Además, la carcasa 102 puede configurarse además para permitir un flujo del gas desde el puerto 104 de entrada al puerto 106 de salida. Como se ha indicado anteriormente, el administrador 108 de flujo y/o el sensor 110 de flujo pueden estar dispuestos dentro de la carcasa 102. Más especialmente, en una realización, el administrador 108 de flujo y/o el sensor 110 de flujo pueden estar dispuestos en la carcasa 102 de modo que el administrador 108 de flujo y/o el sensor 110 de flujo estén en el recorrido 118 del flujo de al menos una parte del gas que fluye desde el puerto 104 de entrada al puerto 106 de salida.

60 Como se apreciará, diversas características físicas asociadas al flujo del gas que fluye en el sistema 100 incluyendo, aunque no de forma limitativa, una separabilidad del flujo del gas, una presión del gas, una temperatura del gas y un nivel de impurezas en el gas, afectan a los resultados de la medición. En consecuencia, puede ser deseable tener en cuenta una o más de estas características físicas al medir el gas. Según los aspectos de la presente memoria descriptiva, el administrador 108 de flujo está configurado para modificar al menos una característica física del flujo del gas en la carcasa 102 para minimizar el efecto de la una o más de las características físicas en la medición determinada por el sistema 100. En una realización, puede haber un modificador de flujo configurado para modificar al menos una característica física de la corriente en el canal de derivación. Ejemplos de estos modificadores de flujo pueden incluir objetos de resistencia, reguladores de flujo, enderezadores de flujo, limitadores de flujo, etc.

El término “separabilidad del flujo del gas”, como se utiliza en la presente memoria, puede utilizarse para referirse a la capacidad de provocar una separación del flujo del gas cerca de una superficie, tal como una superficie de la carcasa 102, donde el efecto de la viscosidad del gas puede ser significativo. De forma típica, en mecánica de fluidos, una capa límite es una capa de fluido (p. ej., el gas) cerca de una superficie límite, tal como la superficie de la carcasa 102, donde el efecto de la viscosidad del gas puede ser significativo. Como se apreciará, la separación del flujo del gas se produce cuando la capa límite se desplaza lo suficientemente lejos contra un gradiente de presión como para que la velocidad de la capa límite con respecto al objeto (p. ej., la superficie de la carcasa 102) se acerque sustancialmente a cero. Por lo tanto, la separación del flujo de gas puede llevar a la formación de remolinos y vórtices. A modo de ejemplo, la separabilidad del flujo del gas puede estar relacionada con la falta de laminaridad del flujo del gas. Más especialmente, la separabilidad del flujo del gas puede dar lugar a la separación de la capa límite, tal como una capa límite laminar.

En una realización, al menos una parte del gas fluye por el administrador 108 de flujo. Además, una parte del gas en la carcasa 102 también puede fluir a través del sensor 110 de flujo. El sensor 110 de flujo puede configurarse para generar una señal eléctrica, tal como una señal de tensión o una señal de corriente, en respuesta a las características de flujo del gas en la carcasa 102. A continuación en la memoria, el término “señal eléctrica” también se denomina señal. Algunos ejemplos del sensor 110 de flujo incluyen, aunque no de forma limitativa, un sensor de flujo calorimétrico, un anemómetro de hilo caliente, un sensor de caudal másico, un sensor de caudal volumétrico, un sensor de presión, un sensor de temperatura o combinaciones de los mismos. Además, el sensor 110 de flujo puede incluir también uno o más elementos sensores (no mostrados en la Figura 1). Ejemplos de elementos sensores pueden incluir, aunque no de forma limitativa, elementos sensores de flujo microelectromecánicos, termopilas, elementos sensores de temperatura, elementos sensores de presión o combinaciones de los mismos. La señal eléctrica generada por el sensor 110 de flujo puede tener una característica de amplitud y una característica temporal. La característica de amplitud puede incluir, aunque no de forma limitativa, una magnitud, una escala, una extensión o combinaciones de las mismas. De forma similar, la característica temporal puede incluir, aunque no de forma limitativa, un período, una frecuencia, una tasa de cruce por cero, una fase, una demodulación resuelta en el tiempo, una demodulación resuelta en frecuencia de la señal o combinaciones de los mismos. Como se indica más adelante, estas características son útiles para identificar las condiciones de flujo de la corriente. En una implementación, la señal puede tener características oscilatorias o características no oscilatorias, lo que también puede beneficiar al proceso para identificar las condiciones de flujo. Esta “oscilación” puede estar presente en forma de vórtices, calles de vórtices de Karman u oscilaciones debidas al efecto Coanda, algunas de las cuales se utilizan en sensores oscilatorios. La frecuencia de oscilación puede captarse y contribuir a la señal del sensor y, por lo tanto, puede ayudar a formar la base para la medición del flujo volumétrico.

Además, el procesador 112 se acopla de forma operativa al administrador 108 de flujo y al sensor 110 de flujo. En una realización, el procesador 112 puede configurarse para controlar la funcionalidad del administrador 108 de flujo para ayudar a modificar las características físicas del flujo del gas en la carcasa 102. Más especialmente, el procesador 112 puede configurarse para controlar al administrador 108 de flujo para permitir que el administrador 108 de flujo modifique una o más características físicas del gas en la carcasa 102. Cabe señalar que puede ser deseable mantener los valores de la una o más características físicas dentro de los intervalos de valores deseables correspondientes. En una realización, los intervalos de valores deseados de la una o más características físicas pueden almacenarse en la memoria (no mostrada) asociada al procesador 112.

En otra realización, el procesador 112 puede configurarse para recibir la señal eléctrica generada por el sensor 110 de flujo. Además, el procesador 112 también puede configurarse para determinar al menos un parámetro de flujo del gas en función de la señal eléctrica recibida del sensor 110 de flujo. Algunos ejemplos del parámetro de flujo incluyen, aunque no de forma limitativa, el caudal másico del gas, el volumen acumulado del gas, el caudal volumétrico del gas, el volumen de gas acumulado por la unidad de tiempo determinada o combinaciones de los mismos. Más especialmente, el procesador 112 se configura para determinar el parámetro de flujo en función de la característica de amplitud, la característica temporal o ambas, la característica de amplitud y la característica temporal, de la señal eléctrica.

En un ejemplo, el procesador 112 puede ser un procesador de señales. En esta realización, el procesador 112 puede configurarse para realizar un análisis espectral de la señal eléctrica recibida del sensor 110 de flujo. Algunos ejemplos de técnicas de procesamiento de señales que puede implementar el procesador 112 para realizar el análisis espectral pueden incluir, aunque no de forma limitativa, una transformada rápida de Fourier (FFT), el principio heterodino, un bucle de enganche de fase o combinaciones de los mismos.

Además, en ciertas realizaciones, el sistema 100 puede incluir la pantalla 116. En una realización, los valores del parámetro de flujo determinado por el procesador 112 pueden visualizarse en la pantalla 116. A modo de ejemplo, la pantalla 116 puede incluir una pantalla de diodo emisor de luz (LED), una pantalla de cristal líquido (LCD) o similares. En una realización, la pantalla 116 puede estar dispuesta sobre la carcasa 102. Sin embargo, en ciertas realizaciones, la pantalla 116 puede estar dispuesta en una localización remota. La pantalla 116 puede estar acoplada de forma comunicativa al procesador 112. En una realización, la pantalla 116 puede estar acoplada al procesador 112 a través de un medio cableado. En tal caso, pueden aplicarse protocolos de comunicación en serie o en paralelo para ayudar en la comunicación de datos entre el procesador 112 y la pantalla 116.

- 5 En otra realización, la pantalla 116 puede estar acoplada al procesador 112 a través de un enlace de comunicación inalámbrica. En tal configuración, el sistema 100 puede incluir además una unidad de comunicación inalámbrica (no mostrada) para ayudar en la comunicación de datos entre el procesador 112 y la pantalla 116 a través del enlace de comunicación inalámbrica. A modo de ejemplo, la unidad de comunicación inalámbrica puede utilizar protocolos de comunicación inalámbrica tales como Bluetooth o Wi-Fi. En ciertas realizaciones, cuando la pantalla 116 está dispuesta en la localización remota, la unidad de comunicación inalámbrica puede utilizar protocolos de comunicación inalámbrica tales como Wi-Max y/o protocolos de comunicación celular tales como 2G, 3G o 4G.
- 10 En otra realización adicional, puede proporcionarse un indicador visual adicional en la localización remota además del indicador visual 116 dispuesto en la carcasa 102. La pantalla adicional puede acoplarse al procesador 112 a través de un enlace de comunicación inalámbrica. La unidad de comunicación inalámbrica puede ayudar en la comunicación de datos entre el procesador 112 y la pantalla dispuesta de forma remota a través del enlace de comunicación inalámbrica.
- 15 La ejecución del sistema 100 para medir el gas descrito con respecto a la Figura 1 ayuda a determinar parámetros de flujo tales como el caudal másico del gas, el volumen acumulado del gas, el caudal volumétrico del gas, el volumen de gas acumulado por unidad de tiempo determinada, o combinaciones de los mismos. Además, los parámetros de flujo así determinados pueden no verse afectados por las fluctuaciones de la densidad del gas, las fluctuaciones de la humedad, las fluctuaciones de la mezcla de gases y similares.
- 20 La Figura 2 es una ilustración esquemática de otra realización del sistema 200 para medir gas, según aspectos de la presente memoria descriptiva. La Figura 2 se explica junto con los elementos de la Figura 1. El sistema 200 incluye una carcasa 202 que tiene un puerto 204 de entrada y un puerto 206 de salida. En una configuración contemplada actualmente, el sistema 200 puede incluir además un administrador 208 de flujo, un analizador 207 de gas, un sensor 210 de flujo, un procesador 212, un detector 218 de condición y un detector 220 de manipulación. El sistema 200 también puede incluir una pantalla 216. Además, el sistema 200 también puede incluir una fuente de energía tal como una batería (no mostrada) y una unidad de comunicación inalámbrica (no mostrada). La fuente de energía puede suministrar energía al administrador 208 de flujo, al analizador 207 de gas, al sensor 210 de flujo, al procesador 212, al detector 218 de condición y al detector 220 de manipulación. La unidad de comunicación inalámbrica puede estar acoplada al procesador 212. Cabe señalar que la disposición y/o la funcionalidad de la carcasa 202, el puerto 204 de entrada, el puerto 206 de salida, el administrador 208 de flujo, el sensor 210 de flujo, el procesador 212, una tubería 214, la pantalla 216, la fuente de energía y la unidad de comunicación inalámbrica pueden ser similares a los elementos correspondientes de la Figura 1.
- 30 En una realización, el sistema 200 puede estar acoplado de forma operativa a la tubería 214 y configurarse para medir el gas que fluye a través de la tubería 214. A modo de ejemplo, en la realización de la Figura 2, el sistema 200 está configurado para determinar un parámetro de flujo, tal como un caudal volumétrico del gas que fluye a través de la tubería 214. El sistema 200 también puede configurarse para determinar otros parámetros de flujo que incluyan, aunque no de forma limitativa, un caudal másico del gas, un volumen acumulado del gas, un volumen de gas acumulado por unidad de tiempo determinada o combinaciones de los mismos.
- 35 En una realización, el administrador 208 de flujo puede estar dispuesto en la carcasa 202. El administrador 208 de flujo está configurado para modificar la al menos una característica física del flujo del gas en la carcasa 202. En una realización ilustrativa, el administrador 208 de flujo puede incluir un controlador 226 de flujo, un acondicionador 228 de flujo y un separador 230 de impurezas.
- 40 El controlador 226 de flujo puede incluir una válvula de cierre (no mostrada) configurada para detener de forma selectiva el flujo del gas del puerto 204 de entrada al puerto 206 de salida, o viceversa. En una realización, la válvula de cierre puede estar dispuesta cerca del puerto 204 de entrada. En otra realización, la válvula de cierre puede estar dispuesta cerca del puerto 206 de salida. Además, el acondicionador 228 de flujo puede configurarse para controlar la separabilidad del flujo del gas en la carcasa 202. El control de la separabilidad del flujo del gas puede incluir reducir las turbulencias, los remolinos y/o los perfiles de flujo asimétricos en el flujo del gas.
- 45 El separador 230 de impurezas puede configurarse para eliminar las impurezas del gas que fluye a través de la carcasa 202. Las impurezas en el gas, tal como el gas natural, pueden incluir, aunque no de forma limitativa, uno o más de polvo, objetos extraños, glicol, sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), dióxido de sulfuro (SO<sub>2</sub>), mercaptano de metilo (CH<sub>4</sub>S), sulfuro de carbonilo (OCS), disulfuro de carbono (CS<sub>2</sub>), nitrógeno, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), vapor de agua, y combinaciones de los mismos. Varios ejemplos del separador 230 de impurezas pueden incluir, aunque no de forma limitativa, un captador de polvo magnético, un separador de polvo ciclónico, carbón, carbón activado, solución de monoetlamina (MEA), un lecho de limaduras de hierro y similares. En una realización, el separador 230 de impurezas puede estar dispuesto cerca de una superficie interna de la carcasa 102. Más especialmente, el separador 230 de impurezas puede estar dispuesto cerca de cualquier rincón de la carcasa 202. En tal configuración, las impurezas eliminadas por el separador 230 de impurezas pueden depositarse en los rincones de la carcasa 202. Sin embargo, en ciertas realizaciones, el separador 230 de impurezas puede posicionarse en otras localizaciones dentro de la carcasa 202.

Además, en ciertas realizaciones, el analizador 207 de gas también puede estar dispuesto en la carcasa 202. En una realización, el analizador 207 de gas puede disponerse de forma que el analizador 207 de gas esté alineado con uno o más elementos del administrador 208 de flujo. En otras realizaciones, el analizador 207 de gas puede estar dispuesto en otras localizaciones dentro de la carcasa 202. El analizador 207 de gas está configurado para determinar una o más características del gas distintas del caudal. En un ejemplo, las características del gas distintas del caudal pueden incluir, aunque no de forma limitativa, características tales como la densidad del gas, la mezcla y composición del gas, la temperatura del gas, la presión del gas, la humedad, el contenido energético del gas, los niveles de diversas impurezas contenidas en el gas o combinaciones de los mismos. Además, el analizador 207 de gas puede incluir uno o más sensores que ayuden a determinar los constituyentes del gas, la temperatura, la presión y el valor calórico (indicativos del contenido de energía) del gas, y/o los niveles de diversas impurezas en el gas que fluye a través de la carcasa 202. El analizador 207 de gas también puede configurarse para comunicar los valores determinados de las características distintas del caudal al procesador 212.

Además, el sensor 210 de flujo también se dispone en la carcasa 202. Algunos ejemplos del sensor 210 de flujo incluyen, aunque no de forma limitativa, un sensor de flujo calorimétrico, un anemómetro de hilo caliente, un sensor de caudal másico, un sensor de caudal volumétrico, un sensor de presión, un sensor de temperatura o combinaciones de los mismos. Para simplificar la ilustración, en un ejemplo de la Figura 2, el sensor 210 de flujo se describe como una combinación funcional de funciones del sensor de caudal másico y del sensor de caudal volumétrico. En una realización de la presente memoria descriptiva, el sensor 210 de flujo puede incluir uno o más de un conducto 222 de flujo, un canal 224 de derivación, un interruptor 209 de flujo y uno o más elementos sensores, tales como un elemento sensor 211. El conducto 222 de flujo puede configurarse para permitir a través del mismo al menos una parte del flujo del gas que fluye en la carcasa 202.

Además, en una realización, el interruptor 209 de flujo puede estar dispuesto en el conducto 222 de flujo, como se representa en la Figura 2. Aunque en la realización de la Figura 2 se muestra el interruptor 209 de flujo como parte del sensor 210 de flujo, también se contempla el uso del interruptor 209 de flujo con el administrador 208 de flujo y/o el analizador 207 de gas. En el caso de que el interruptor 209 de flujo esté dispuesto dentro del analizador 207 de gas, el interruptor de flujo puede ayudar a determinar las características del gas distintas del caudal. En ciertas realizaciones, el interruptor 209 de flujo puede estar dispuesto fuera del sensor 210 de flujo en la carcasa 202.

El interruptor 209 de flujo puede configurarse para transmitir perturbaciones al flujo del gas en la carcasa 202 y/o el conducto 222 de flujo. Las perturbaciones producidas en el flujo del gas pueden ser en forma de vórtices, fluctuaciones de presión y/o velocidad. El interruptor 209 de flujo puede tener formas que incluyen, aunque no de forma limitativa, un accionador activo, un interruptor de flujo truncado, un interruptor de flujo plano, un interruptor de flujo rectangular y combinaciones de los mismos.

El canal 224 de derivación puede estar en comunicación de fluidos con el conducto 222 de flujo. Más especialmente, como se representa en la Figura 2, en una realización, el canal 224 de derivación puede posicionarse de modo que el canal 224 de derivación esté dispuesto externo al conducto 222 de flujo. En otras realizaciones, el canal 224 de derivación puede estar dispuesto dentro del conducto 222 de flujo.

En una realización ilustrativa, el conducto 222 de flujo, el canal 224 de derivación, el interruptor 209 de flujo y/o el elemento sensor 211 pueden configurarse para tener una relación geométrica. Algunos ejemplos de parámetros que pueden utilizarse para determinar la relación geométrica entre el canal 224 de derivación, el conducto 222 de flujo, el interruptor 209 de flujo y el elemento sensor 211 pueden incluir, aunque no de forma limitativa, las dimensiones respectivas del canal 224 de derivación, el conducto 222 de flujo y el interruptor 209 de flujo, el posicionamiento del interruptor 209 de flujo en el conducto 222 de flujo en relación con el canal 224 de derivación y/o el elemento sensor 211, las dimensiones del interruptor 209 de flujo con respecto a las dimensiones del conducto 222 de flujo, o combinaciones de los mismos. Además, la relación geométrica entre el conducto 222 de flujo, el canal 224 de derivación, el interruptor 209 de flujo y/o el elemento sensor 211 puede seleccionarse de forma que la relación geométrica ayude a establecer una diferencia de fase entre una presión del flujo de gas en la entrada del canal 224 de derivación y una presión del flujo de gas en la salida del canal 224 de derivación. Además, puede seleccionarse un valor de esta diferencia de fase de forma que la diferencia de fase dé lugar a un aumento en la relación señal/ruido de una señal eléctrica generada por el elemento sensor 211. A modo de ejemplo, la diferencia de fase puede seleccionarse de forma que la presión de flujo en la entrada del canal 224 de derivación y la presión de flujo en la salida del canal 224 de derivación estén sustancialmente desfasadas entre sí. Tal diferencia de fase puede ayudar a suprimir eficazmente los efectos del ruido en modo común en la señal eléctrica generada por el elemento sensor 211.

En una realización, el canal 224 de derivación y el interruptor 209 de flujo se disponen en el conducto 222 de flujo de forma que se afecten al menos algunas características del flujo de gas que fluye por el canal 224 de derivación. A modo de ejemplo, el canal 224 de derivación y el interruptor 209 de flujo pueden posicionarse de forma que se altere el caudal del gas que fluye en el canal 224 de derivación. Más especialmente, en una realización, el conducto 222 de flujo, el canal 224 de derivación y el interruptor 209 de flujo pueden dimensionarse y disponerse de forma que cuando el caudal del gas que fluye a través del conducto 222 de flujo sea bajo (flujo laminar) no se transmita ninguna perturbación al flujo del gas en el conducto 222 de flujo. Por lo tanto, no se forman vórtices en el conducto 222 de flujo

cuando el flujo del gas es laminar. Un intervalo de estos caudales bajos para el que no se forman vórtices en el conducto 222 de flujo puede denominarse de forma general primer régimen de flujo.

En otra realización, el conducto 222 de flujo, el canal 224 de derivación y el interruptor 209 de flujo pueden dimensionarse y disponerse de forma que cuando el caudal del gas que fluye a través del conducto 222 de flujo sea alto, el interruptor 209 de flujo pueda transmitir perturbaciones al flujo del gas. Por lo tanto, se forman vórtices en el gas que fluye por el conducto 222 de flujo cuando el caudal del gas es alto. El término “segundo régimen de flujo” puede utilizarse para denominar un intervalo de estos caudales altos que dan lugar a la formación de los vórtices en el gas que fluye por el conducto 222 de flujo. En el segundo régimen de flujo, los vórtices pueden formarse de forma que la característica temporal, por ejemplo, la frecuencia ( $V_f$ ) de los vórtices sea proporcional al caudal volumétrico del gas que fluye a través del conducto 222 de flujo.

Además, en una realización, el elemento sensor 211 puede estar dispuesto en el canal 224 de derivación. En otra realización, el elemento sensor 211 puede estar dispuesto en el conducto 222 de flujo. Ejemplos del elemento sensor 211 pueden incluir, aunque no de forma limitativa, un elemento sensor de flujo microelectromecánico, una termopila, un elemento sensor de temperatura, un elemento sensor de presión. En una realización, la termopila, el elemento sensor de temperatura y el elemento sensor de presión pueden incluir uno o más elementos sensores microelectromecánicos (MEMS). Las perturbaciones transmitidas por el interruptor 209 de flujo en el segundo régimen de flujo pueden provocar fluctuaciones de presión oscilatorias en la entrada y/o salida del canal 224 de derivación. Estas fluctuaciones de presión oscilatoria pueden provocar, a su vez, una modulación de frecuencia medible del flujo del gas que fluye a través del canal 224 de derivación. Cabe señalar que los caudales correspondientes al primer régimen de flujo pueden dar lugar a una presión sustancialmente constante en la entrada y la salida del canal 224 de derivación o un flujo constante en el canal 224 de derivación.

Como se ha indicado anteriormente, el elemento sensor 211 del sensor 210 de flujo está configurado para generar la señal eléctrica en respuesta a las características de flujo del gas que fluye en la carcasa 202. Por ejemplo, la señal eléctrica puede ser una señal de tensión ( $V$ ) o una señal de corriente ( $I$ ). En consecuencia en el segundo régimen de flujo donde los vórtices se forman en el gas que fluye a través del conducto 222 de flujo, el elemento sensor 211 puede generar una señal de tensión de corriente alterna (CA). La frecuencia ( $V_f$ ) de la señal de tensión de CA generada de este modo es proporcional o está directamente relacionada con un caudal volumétrico (p. ej., litro/segundo) del gas que fluye a través de la carcasa 202. Para facilitar la explicación, se usa un parámetro tal como la frecuencia ( $V_f$ ) para representar características temporales de la señal de tensión de CA. Sin embargo, las realizaciones de la presente memoria descriptiva también son aplicables a otras características temporales de la señal de tensión de CA. En una realización, la señal de tensión de CA generada puede estar desfasada de un valor cero. En consecuencia, la señal de tensión de CA así generada también puede tener un valor de corriente continua (CC).

Sin embargo, en el primer régimen de flujo en el que no se forman vórtices, el elemento sensor 211 del sensor 210 de flujo puede generar una tensión de CC que tenga una magnitud ( $V_{amp}$ ) que esté relacionada con el caudal másico (p. ej., kilogramos/segundo) del gas que fluye a través de la carcasa 202. Como se apreciará, el caudal volumétrico del gas puede determinarse sobre la base de al menos la densidad del gas. Además, como se ha indicado anteriormente, la densidad del gas puede variar sustancialmente dependiendo de varios factores asociados al gas, tales como presión, temperatura, composición del gas o combinaciones de los mismos. Por lo tanto, en el primer régimen de flujo, el caudal másico del gas puede no ser un indicador claro del caudal volumétrico del gas. Por lo tanto, determinar el caudal volumétrico en función del caudal másico puede ser una tarea laboriosa.

La Figura 3 es una ilustración gráfica 300 que representa una respuesta de un sensor, tal como el sensor 210 de flujo de la Figura 2, en diferentes regimenes de flujo, según aspectos de la presente memoria descriptiva. La Figura 3 se explica junto con los elementos de la Figura 2. El eje X 302 de la ilustración gráfica 300 representa un caudal y el eje Y 304 representa una magnitud ( $V_{amp}$ ) y una frecuencia ( $V_f$ ) de una señal de tensión generada por el elemento sensor 211 del sensor 210 de flujo. La magnitud ( $V_{amp}$ ) y la frecuencia ( $V_f$ ) de la señal de tensión generada por el sensor 210 de flujo pueden denominarse respuesta del sensor. Como se representa en la ilustración gráfica 300, un primer régimen de flujo puede representarse mediante una curva 306 y un segundo régimen de flujo puede representarse mediante una curva 308. Cabe señalar que, en la Figura 3, las curvas 306 y 308 se ilustran como líneas rectas para simplificar la ilustración y no deben interpretarse como una indicación de una relación lineal entre el caudal 302 y la respuesta 304 del sensor.

Además, el número de referencia 310 se utiliza para representar un régimen de flujo, denominado a continuación en la memoria tercer régimen de flujo, donde el primer régimen de flujo 306 y el segundo régimen de flujo 308 se superponen. Como se representa en la Figura 3, el tercer régimen de flujo 310 está situado cerca de un extremo inferior del segundo régimen de flujo 308. Por lo tanto, en el tercer régimen de flujo 310, pueden formarse vórtices en el gas que fluye por el conducto 222 de flujo. Como consecuencia de la formación de los vórtices en el gas en el tercer régimen de flujo 310, el elemento sensor 211 del sensor 210 de flujo puede generar una señal de tensión de CA. Sin embargo, el tercer régimen de flujo 310 también está próximo al primer régimen de flujo 306, lo que permite la medición de una característica de amplitud, tal como una magnitud ( $V_{amp}$ ) de la señal de tensión generada por el elemento sensor 211. En consecuencia, el tercer régimen de flujo 310 puede caracterizarse por un intervalo de caudales en el que se pueden medir tanto las características temporales como las de amplitud de la señal de tensión generada por

el sensor 210 de flujo. En una realización, un parámetro tal como la magnitud ( $V_{amp}$ ) de la señal de tensión se usa para representar las características de amplitud de la señal de tensión para simplificar la descripción. Sin embargo, las realizaciones de la presente memoria descriptiva también son aplicables a otras características de amplitud enumeradas anteriormente.

5 Haciendo referencia nuevamente a la Figura 2, las características del tercer régimen de flujo 310 (véase la Figura 3) pueden utilizarse para desarrollar una función de calibración. En una realización, la función de calibración puede desarrollarse durante una fase de aprendizaje del sistema 200. En otra realización, la función de calibración puede desarrollarse cuando el sistema 200 esté funcionando para medir el gas. En otra realización adicional, la función de calibración que se desarrolla durante la fase de aprendizaje puede actualizarse (de forma continua o a intervalos de tiempo regulares) cuando el sistema 200 esté funcionando para medir el gas. Esta actualización dinámica de la función de calibración cuando el sistema 200 está en funcionamiento puede denominarse recalibración automática del sistema 200.

15 Como se apreciará, debido a la presencia de los vórtices en el segundo régimen de flujo, se permite la medición del caudal volumétrico del gas en la carcasa 202. Sin embargo, en el primer régimen de flujo, puede no ser factible determinar el caudal volumétrico debido a la ausencia de vórtices en el gas. Según un aspecto de la presente memoria descriptiva, el sistema 200 puede configurarse para determinar la función de calibración para permitir que el sistema 200 obtenga el caudal volumétrico en el primer régimen de flujo. La función de calibración representa una relación entre el caudal volumétrico determinado en función de la frecuencia ( $V_f$ ) de la señal de tensión y el caudal másico determinado en función de la magnitud ( $V_{amp}$ ) de la señal de tensión en el tercer régimen de flujo.

25 En una realización, durante la fase de aprendizaje, el sistema 200 puede configurarse para determinar tanto el caudal volumétrico del gas como el caudal másico del gas para distintos caudales en el tercer régimen de flujo. Por ejemplo, en la fase de aprendizaje, el gas que tiene un caudal correspondiente al tercer régimen de flujo pasa a través de la carcasa 202. El procesador 212 puede configurarse para determinar tanto el caudal volumétrico como el caudal másico en función de la frecuencia ( $V_f$ ) y la magnitud ( $V_{amp}$ ), respectivamente, de la señal de tensión generada por el elemento sensor 211. En una realización, durante la fase de aprendizaje, el procesador 212 también puede configurarse para obtener los valores de las características del gas distintas del caudal desde el analizador 207 de gas mientras se determina el caudal volumétrico y el caudal másico. Como se ha indicado anteriormente, algunos ejemplos de las características del gas distintas del caudal pueden incluir uno o más de los constituyentes del gas, la temperatura, la presión y el valor calórico del gas, y/o los niveles de diversas impurezas contenidas en el gas. Este proceso puede repetirse para diferentes valores de los caudales correspondientes al tercer régimen de flujo. El procesador 212 puede configurarse para desarrollar una función de calibración en función de los valores de los caudales volumétricos, los caudales másicos y una o más de las características del gas distintas del caudal que corresponden a los diferentes caudales asociados al tercer régimen de flujo.

40 Una vez que el sistema 200 determina la función de calibración durante la fase de aprendizaje, el sistema 200 puede acoplarse de forma operativa a la tubería 214. Como se apreciará, los vórtices pueden formarse o no en el conducto 222 de fluido dependiendo del caudal del gas en la tubería 214. En una realización, si el caudal del gas permite la formación de vórtices en el gas (p.ej., en el segundo régimen de flujo), la señal de tensión de CA es generada por el elemento sensor 211. El procesador 212 puede configurarse para determinar un parámetro de flujo, tal como el caudal volumétrico del gas, en función de la frecuencia ( $V_f$ ) de la señal de tensión de CA generada por el elemento sensor 211. En una realización, el procesador 212 puede utilizar el análisis espectral de los datos para determinar el caudal volumétrico del gas a partir de la señal de tensión. Además, en una realización, el procesador 212 también puede configurarse para mostrar el caudal volumétrico determinado del gas en la pantalla 216.

50 En otra realización, si el caudal del gas no implica la formación de vórtices en el conducto 222 de fluido (p.ej., en el primer régimen de flujo), el elemento sensor 211 puede generar la señal de tensión de CC. En consecuencia, el procesador 212 puede determinar la magnitud ( $V_{amp}$ ) de la señal de tensión de CC. En tal caso, el procesador 212 puede configurarse para determinar el caudal másico del gas basándose en la magnitud ( $V_{amp}$ ) de la señal de tensión. Además, el procesador 212 puede configurarse para determinar el caudal volumétrico del gas sobre la base de la función de calibración que se desarrolló durante la fase de aprendizaje del sistema 200. Además, en una realización, el procesador 212 también puede configurarse para mostrar el caudal volumétrico determinado del gas en la pantalla 216.

60 Además, el sistema 200 también puede incluir el detector 218 de condición. En una realización, el detector 218 de condición puede estar dispuesto sobre o alrededor de la carcasa 202. El detector 218 de condición puede configurarse para detectar la aparición de una o más condiciones ambientales y/o fugas de gas del sistema 200. La una o más condiciones ambientales incluyen, aunque no de forma limitativa, un terremoto, un incendio, una inundación, una tormenta de nieve, una tormenta eléctrica o combinaciones de los mismos. Para detectar las condiciones ambientales y/o la fuga de gas, el detector 218 de condición puede incluir uno o más sensores que ayuden a detectar el terremoto, el incendio, la inundación, la tormenta de nieve, la fuga de gas, la tormenta eléctrica o combinaciones de los mismos. Además, el detector 220 de manipulación también puede disponerse sobre o alrededor de la carcasa 202 y configurarse para detectar cualquier manipulación del sistema 200.

En una realización, el detector 218 de condición puede configurarse para comunicar señales indicativas de la detección de las condiciones ambientales y/o de la fuga de gas al procesador 212. Además, en una realización, el detector 220 de manipulación puede configurarse para comunicar señales indicativas de la manipulación del sistema 200 al procesador 212. Al recibir la una o más de estas señales del detector 218 de condición y/o del detector 220 de manipulación, el procesador 212 puede configurarse para hacer funcionar la válvula de cierre para detener el flujo del gas a través de la carcasa 202.

En la configuración actualmente contemplada representada en la Figura 2, el conducto 222 de flujo se muestra dispuesto dentro del sensor 210 de flujo. Sin embargo, en algunas realizaciones, el conducto 222 de flujo puede estar en comunicación de fluidos entre el puerto 204 de entrada y el puerto 206 de salida dentro de la carcasa 202. Además, en ciertas realizaciones, el analizador 207 de gas, el administrador 208 de flujo y/o el interruptor 209 de flujo pueden estar dispuestos en el conducto 222 de flujo. En este tipo de configuración, el sensor 210 de flujo puede incluir el elemento sensor 211 dispuesto en el canal 224 de derivación.

Como se ha indicado anteriormente, en el primer régimen de flujo no se forman vórtices en el gas que fluye en la carcasa 202 y el elemento sensor 211 del sensor 210 de flujo puede generar una tensión de CC que tenga las características de amplitud, tales como la magnitud ( $V_{amp}$ ). Además, en el segundo régimen de flujo, los vórtices se forman en el gas que fluye en la carcasa 202 y el elemento sensor 211 puede generar la señal de tensión de CA que tenga las características temporales, tales como la frecuencia ( $V_f$ ). Según aspectos de la presente memoria descriptiva, el sistema 200 puede configurarse para realizar un autodiagnóstico en caso de avería de uno o más componentes del sistema 200. En una realización, el procesador 212 puede emplearse para ayudar en el autodiagnóstico del sistema 200. En una realización, el procesador 212 puede emplearse para identificar el uno o más componentes que funcionan mal. A modo de ejemplo, el procesador 212 puede configurarse para diagnosticar que el sensor 210 de flujo funciona mal cuando el flujo está en el tercer régimen de flujo o "intermedio" y la tensión de CC del sensor se ha desviado significativamente de su valor calibrado. En otro ejemplo, el mal funcionamiento puede ser sintomática cuando las características de amplitud de la tensión de CC se pueden medir de forma significativa en el segundo régimen de flujo y/o las características temporales de la señal de tensión de CA se pueden medir de forma significativa en el primer régimen de flujo. Una posible razón para tal mal funcionamiento del sensor 210 de flujo puede ser una acumulación de impurezas sobre o alrededor del elemento sensor 211. Según aspectos de la presente memoria descriptiva, una vez que se identifica el mal funcionamiento del sensor 210 de flujo, el procesador 212 puede configurarse para actualizar la función de calibración, recalibrando de este modo el sistema 200. La recalibración del sistema 200 ayuda a compensar el efecto de la acumulación de impurezas en, o alrededor del, elemento sensor 211.

La ejecución del sistema 200 para medir el gas como se describe con respecto a la Figura 1 ayuda a determinar los parámetros de flujo tales como el caudal másico del gas, el volumen acumulado del gas, el caudal volumétrico del gas, el volumen de gas acumulado por unidad de tiempo determinada, o combinaciones de los mismos. Más especialmente, los parámetros de flujo pueden determinarse en correspondencia con diferentes regímenes de flujo. Además, los parámetros de flujo así determinados pueden no verse afectados por las fluctuaciones de la densidad del gas, las fluctuaciones de la humedad, las fluctuaciones de la mezcla de gases y similares.

Las Figuras 4A y 4B representan un diagrama 400 de flujo representativo de un método ilustrativo para medir gas, según aspectos de la presente memoria descriptiva. El método de las Figuras 4A y 4B se describe junto con los elementos de la Figura 2. Como se ha indicado anteriormente, el sistema 200 incluye la carcasa 202, el puerto 204 de entrada, el puerto 206 de salida, el analizador 207 de gas, el administrador 208 de flujo y el sensor 210 de flujo. El sensor 210 de flujo puede incluir uno o más del conducto 222 de flujo, el canal 224 de derivación, el interruptor 209 de flujo y el elemento sensor 211. El sistema 200 puede incluir además el procesador 212, la pantalla 216, el detector 218 de condición y el detector 220 de manipulación dispuestos en, o alrededor de, la carcasa 202. En una realización ilustrativa, el sistema 200 puede estar acoplado de forma operativa a la tubería 214 y configurarse para medir el gas que fluye a través de la tubería 214.

En una realización, durante una fase de aprendizaje, el sistema 200 puede entrenarse para desarrollar una función de calibración indicativa de una relación entre un caudal volumétrico y un caudal másico del gas en un tercer régimen de flujo. Como se ha indicado anteriormente, el tercer régimen de flujo incluye una región de superposición de un primer régimen de flujo y un segundo régimen de flujo. En otra realización, la función de calibración puede desarrollarse cuando el sistema 200 esté funcionando para medir el gas. En otra realización adicional, la función de calibración que se desarrolla durante la fase de aprendizaje puede actualizarse de forma continua o a intervalos de tiempo regulares cuando el sistema 200 esté funcionando para medir el gas.

Una vez que el gas entra en el sistema 200 a través del puerto 204 de entrada, una parte del gas puede pasar a través del sensor 210 de flujo. El gas de la carcasa 202 puede salir por el puerto 206 de salida.

Como indica la etapa 402, el sistema 200 puede configurarse para monitorizar una o más condiciones ambientales, una fuga de gas del sistema 200 y/o una manipulación del sistema 200. Algunos ejemplos de las condiciones ambientales pueden incluir, aunque no de forma limitativa, un terremoto, un incendio, una inundación, una tormenta de nieve, una tormenta eléctrica o combinaciones de los mismos. Como se ha indicado anteriormente, la una o más

condiciones ambientales y/o la fuga de gas pueden monitorizarse mediante el detector 218 de condición. La manipulación del sistema 200 puede monitorizarse mediante el detector 220 de manipulación.

Además, puede llevarse a cabo una comprobación en la etapa 404 para determinar la aparición de una o más de las condiciones ambientales, la fuga de gas del sistema 200 y/o la manipulación del sistema 200. En una realización, el detector 218 de condición y/o el detector 220 de manipulación están configurados para generar señales indicativas de la aparición de condiciones ambientales, una fuga de gas del sistema 200 y/o una manipulación del sistema 200. El procesador 212 está configurado para detectar la aparición de cualquiera de las condiciones ambientales, una fuga de gas del sistema 200 y/o una manipulación del sistema 200 en función de las señales recibidas del detector 218 de condición y/o del detector 220 de manipulación. En la etapa 404, si se determina la aparición de cualquiera de las condiciones ambientales, la fuga de gas o la manipulación, el sistema 200 puede apagarse, como se indica en la etapa 406. En otra realización, el sistema 200 puede apagarse en caso de ciertos problemas relacionados con la facturación. Por ejemplo, el sistema 200 puede apagarse si un cliente no paga una factura dentro de un período prescrito. Para apagar el sistema 200, en una realización, el procesador 212 está configurado para hacer funcionar una válvula de cierre situada dentro del administrador 208 de flujo para detener el flujo del gas a través del conducto 222 de flujo.

Aunque el diagrama de flujo 400 de las Figuras 4A-4B representa las etapas 402, 404 y 406 ejecutándose desde el principio, cabe señalar que las etapas 402 a 406 pueden realizarse en cualquier momento durante el proceso de medición del gas. En una realización, las condiciones ambientales, la fuga de gas y la manipulación del sistema 200 pueden monitorizarse de forma continua mientras el sistema 200 está en funcionamiento.

Sin embargo, en la etapa 404, si se determina que no se produjeron las condiciones ambientales o la fuga de gas y/o que el sistema 200 no se ha manipulado, puede modificarse al menos una característica física del flujo del gas en el conducto 222 de flujo, como se indica en la etapa 408. Como se apreciará, las características físicas que incluyen, aunque no de forma limitativa, la separabilidad del flujo del gas, la presión del gas, la temperatura del gas, el nivel de impurezas en el gas o combinaciones de los mismos pueden afectar a los resultados de la medición. En consecuencia, puede ser deseable tener en cuenta una o más de estas características físicas al medir el gas. Por lo tanto, se modifica al menos una característica física del flujo del gas, como se indica en la etapa 408. En un ejemplo, la al menos una característica física puede modificarse mediante el administrador 208 de flujo bajo el control del procesador 212.

Posteriormente, en la etapa 410, se pueden determinar una o más características del gas distintas del caudal. En una realización, el analizador 207 de gas puede determinar la una o más características distintas del caudal. Algunos ejemplos de las características distintas del caudal pueden incluir, aunque no de forma limitativa, densidad del gas, temperatura del gas, presión del gas, mezcla de gas, contenido energético del gas, niveles de diversas impurezas contenidas en el gas o combinaciones de los mismos. En una realización, cuando se dispone un interruptor de flujo, tal como el interruptor 209 de flujo, dentro del analizador 207 de gas, el interruptor 209 de flujo también puede ayudar a determinar las características distintas del caudal.

Además, en la etapa 412, el interruptor 209 de flujo puede interrumpir el flujo del gas en la carcasa 202 y/o el conducto 222 de flujo. En una realización, al menos algunas características de flujo del gas pueden modificarse debido a las perturbaciones transmitidas por el interruptor 209 de flujo en el flujo del gas. Por ejemplo, dependiendo del caudal del gas, pueden formarse vórtices en el gas que fluye por el conducto 222 de flujo.

Además, el sensor 210 de flujo puede generar una señal eléctrica en respuesta a las características de flujo del gas en la carcasa 202, como se indica en la etapa 414. En una realización, el elemento sensor 211 puede emplearse en el sensor 210 de flujo para generar la señal eléctrica. Como se ha indicado anteriormente, si no se forman vórtices en el gas, el elemento sensor 211 puede generar una señal de tensión de CC. Sin embargo, si los vórtices se forman en el gas, el elemento sensor 211 puede generar una señal de tensión de CA. En ciertas realizaciones, la señal de tensión de CA también puede tener un valor de CC. Las características de amplitud y/o las características temporales de la señal de tensión pueden ser proporcionales o estar directamente relacionadas con el caudal del gas que fluye a través del conducto 222 de flujo. La señal eléctrica (p.ej., la señal de tensión) generada por el elemento sensor 211 puede procesarse entonces para determinar un régimen de flujo correspondiente al flujo del gas, como indica la etapa 416. En una realización, la señal de tensión puede ser procesada por el procesador 212 realizando un análisis espectral de la señal eléctrica para determinar el régimen de flujo.

En consecuencia, en la etapa 418, puede llevarse a cabo una comprobación para determinar si el régimen de flujo correspondiente al flujo del gas que fluye a través del sistema 200 es el primer régimen de flujo. En una realización, el procesador 212 puede utilizarse para determinar el régimen de flujo correspondiente al flujo del gas que fluye a través del sistema 200.

En una realización, si el procesador 212 recibe una señal de CC del sensor 210 de flujo, el procesador 212 puede configurarse para determinar que el régimen de flujo del caudal del gas es el primer régimen de flujo. A modo de ejemplo, si la frecuencia de la señal de tensión recibida del sensor 210 de flujo tiene un valor de cero, el procesador 212 puede configurarse para determinar que el régimen de flujo del caudal del gas es el primer régimen de flujo. En otro ejemplo, el procesador 212 puede configurarse para determinar que el régimen de flujo del caudal del gas es el primer régimen de flujo sobre la base del nivel de tensión de CC de la señal de tensión.

En la etapa 418, si se determina que el régimen de flujo correspondiente al flujo del gas es el primer régimen de flujo, puede determinarse un caudal másico sobre la base de las características de amplitud de la señal de tensión de CC, como indica la etapa 422. En una realización, el procesador 212 determina el caudal másico del gas.

5 Además, en la etapa 423, se actualiza la función de calibración. La función de calibración puede actualizarse dependiendo de los valores instantáneos de las características distintas del caudal, tales como uno o más de los constituyentes del gas, temperatura, presión y valor calórico del gas, y/o niveles de diversas impurezas contenidas en el gas. En una realización, para el uso por primera vez del sistema 200, la actualización de la función de calibración incluye desarrollar la función de calibración.

10 Posteriormente, en la etapa 424, el procesador 212 puede determinar el caudal volumétrico del gas sobre la base del caudal másico del gas determinado en la etapa 422. En otra realización, el procesador 212 puede configurarse para determinar el caudal volumétrico del gas procesando el caudal másico del gas mediante el uso de la función de calibración determinada durante la fase de aprendizaje o la función de calibración actualizada determinada en la etapa 423. El control puede llevarse a la etapa 426.

15 Volviendo a la etapa 418, si el procesador 212 recibe una señal de tensión de CA desde el sensor 210 de flujo, el procesador 212 puede configurarse para determinar que el régimen de flujo correspondiente al flujo del gas no es el primer régimen de flujo. A modo de ejemplo, si la frecuencia de la señal de tensión tiene un valor distinto de cero, el procesador 212 puede configurarse para determinar que el régimen de flujo correspondiente al caudal del gas no sea el primer régimen de flujo.

20 En la etapa 418, si se determina que el régimen de flujo correspondiente al flujo del gas no es el primer régimen de flujo, puede llevarse a cabo una comprobación adicional en la etapa 419 para determinar si el régimen de flujo correspondiente al flujo del gas es el tercer régimen de flujo o si se ha cambiado cualquier valor instantáneo de las características distintas del caudal. Si se determina que el régimen de flujo correspondiente al flujo del gas es el tercer régimen de flujo o se ha cambiado cualquier valor instantáneo de las características distintas del caudal, la función de calibración determinada durante la fase de aprendizaje puede actualizarse como se indica en la etapa 421. La función de calibración puede actualizarse dependiendo de los valores instantáneos de las características distintas del caudal, tales como uno o más de los constituyentes del gas, temperatura, presión y valor calórico del gas, y/o niveles de diversas impurezas contenidas en el gas. En una realización, para el uso por primera vez del sistema 200, la actualización de la función de calibración puede incluir desarrollar la función de calibración.

25 Sin embargo, en la etapa 419, si se determina que ni el régimen de flujo correspondiente al flujo del gas es el tercer régimen de flujo ni ha habido ningún cambio en el valor instantáneo de las características distintas del caudal, el procesador 212 puede configurarse para determinar que el régimen de flujo correspondiente al caudal del gas sea el segundo régimen de flujo. Por lo tanto, puede determinarse un caudal volumétrico del gas basándose en las características temporales de la señal de tensión de CA, como se representa en la etapa 420. En una realización, el procesador 212 determina el caudal volumétrico del gas. El control puede llevarse a la etapa 426.

30 En la etapa 426, puede determinarse un parámetro de flujo adicional. En una realización, el procesador 212 puede determinar el parámetro de flujo adicional, tal como un volumen acumulado del gas, basándose en el caudal volumétrico determinado en la etapa 420 o en la etapa 424. Como se ha indicado anteriormente, la función de calibración se ha desarrollado y/o actualizado dependiendo de los valores instantáneos de la temperatura y/o de la presión del gas en la carcasa 202. Por lo tanto, dado que el caudal volumétrico y/o el parámetro de flujo adicional se determinan después del procesamiento del caudal másico del gas mediante la función de calibración actualizada, los valores determinados del caudal volumétrico y/o del parámetro de flujo adicional pueden ser representativos de la temperatura y/o los valores corregidos por presión del caudal volumétrico y/o el parámetro de flujo adicional.

35 Además, los valores determinados del caudal volumétrico y/o del parámetro de flujo adicional pueden visualizarse en pantallas como se indica en la etapa 428. En una realización, el procesador 212 está configurado para mostrar el caudal volumétrico y/o el parámetro de flujo adicional en la pantalla 216.

40 De forma adicional, en ciertas realizaciones, los valores del caudal volumétrico y/o el parámetro de flujo adicional pueden comunicarse a una localización remota como indica la etapa 430. En algunas realizaciones, los valores del caudal volumétrico y/o el parámetro de flujo adicional pueden comunicarse a una o más pantallas dispuestas en una localización remota. En una realización, el procesador 212 puede configurarse para comunicar los valores del caudal volumétrico y/o del parámetro de flujo adicional a la una o más pantallas situadas de forma remota a través de una comunicación inalámbrica.

45 En ciertas realizaciones, los valores determinados del caudal volumétrico y de los parámetros de flujo adicionales, tales como el volumen acumulado del gas, pueden utilizarse para facturar al cliente respectivo. Más especialmente, el importe de la factura puede determinarse basándose en el volumen acumulado del gas.

50

55

60

65

5 Cualquiera de las etapas y/o elementos del sistema anteriores pueden reemplazarse, reordenarse o eliminarse adecuadamente, y pueden insertarse etapas y/o elementos del sistema adicionales, dependiendo de las necesidades de una aplicación particular, y los sistemas de las realizaciones anteriores pueden implementarse utilizando una amplia variedad de procesos y elementos del sistema adecuados y no se limitan a ningún hardware, software, middleware, firmware, microcódigo, etc. de ordenador en particular.

10 El sistema y el método para medir el gas descritos anteriormente en la presente memoria mejoran en gran medida la precisión de la medición de los parámetros de flujo del gas, tales como el caudal volumétrico del gas. El uso de las características del gas distintas del caudal para desarrollar la función de calibración ayuda a mejorar la precisión de la medición de los parámetros de flujo. Es más, el administrador de flujo ayuda a mantener una o más características físicas del flujo del gas dentro de los límites deseados correspondientes, minimizando de este modo el efecto de las características físicas sobre la precisión de la medición de los parámetros de flujo. Además, el sistema facilita una configuración libre de riesgos, ya que el sistema está configurado para detener el flujo del gas al detectar la aparición de un terremoto, incendio, inundación, nieve, fuga de gas, tsunami o manipulación del sistema. De forma adicional, el uso de elementos sensores electrónicos lleva a una mayor producción en masa y reduce el coste global de fabricación de estos sistemas de medición de gas.

20 Además, el sistema también es capaz de realizar un autodiagnóstico en caso de mal funcionamiento de uno o más componentes del sistema. Además, la recalibración automatizada del sistema ayuda a mitigar la influencia de las impurezas del gas en las mediciones realizadas por el sistema. Por lo tanto, la precisión de las mediciones puede mantenerse durante la vida útil y el funcionamiento del sistema. Además, la medición del caudal volumétrico basada en los vórtices no se ve afectada por ninguna impureza en el gas.

25 Los ejemplos, demostraciones y etapas del método anteriores, tales como los que puede realizar el sistema, pueden ejecutarse mediante un código adecuado en un sistema basado en procesador, tal como un ordenador de uso general o de uso especial. Distintas ejecuciones de los sistemas y métodos pueden realizar algunas o todas las etapas descritas en la presente memoria en distinto orden, en paralelo o sustancialmente al mismo tiempo. Además, las funciones pueden ejecutarse en una variedad de lenguajes de programación que incluyen, aunque no de forma limitativa, C++ o Java. Este código puede almacenarse o adaptarse para su almacenamiento en uno o más medios tangibles legibles por ordenador, tales como chips de repositorio de datos, discos duros locales o remotos, discos ópticos (es decir, CD o DVD), memoria u otros medios, a los que puede acceder un sistema basado en un procesador para ejecutar el código almacenado. Cabe señalar que los medios tangibles pueden comprender papel u otro medio adecuado sobre el que se imprimen las instrucciones. Por ejemplo, las instrucciones pueden capturarse electrónicamente mediante escaneo óptico del papel u otro medio, luego compilarse, interpretarse o procesarse de otro modo de forma adecuada si es necesario, y luego almacenarse en el repositorio de datos o en la memoria.

40 Sigue la explicación a continuación para describir características adicionales para los contadores electrónicos contemplados en la presente memoria. Estas características son útiles para caracterizar el flujo de gas combustible para su uso en aplicaciones de facturación a los clientes, pero los conceptos también pueden utilizarse en otras aplicaciones. Un diseño propuesto emplea un sensor que puede capturar datos que definan las condiciones de flujo medidas (p. ej., presión, temperatura, etc.) para una muestra de gas combustible. Esta característica permite al dispositivo calcular el volumen de gas que fluye a través del contador con mayor precisión y tener en cuenta las condiciones contemporáneas o en tiempo real del gas combustible que fluye. Y, al aprovechar las técnicas de fabricación basadas en semiconductores, el diseño puede proporcionar un dispositivo robusto y de bajo coste que cumpla con los estándares legales de metrología como alternativa a los contadores mecánicos.

50 La Figura 5 representa una realización ilustrativa de forma esquemática de un sistema 500 de medición de flujo. Esta realización se muestra acoplada a la tubería 514 que transporta material 532. La tubería 514 puede integrarse como parte de una red 534 de distribución que suministra material 532 a un cliente 535. El material 532 puede ser un gas, un líquido, un sólido particulado o una mezcla de líquido/sólido. En un ejemplo, utilizado en todas partes, el material 532 es gas combustible (p. ej., gas natural). El sistema 500 de medición de flujo puede ser útil para cuantificar el flujo volumétrico del gas combustible para facturar al cliente 535. El canal 524 de derivación puede tener extremos abiertos (p. ej., un primer extremo abierto 536 y un segundo extremo abierto 538) para dirigir parte del flujo, o una "muestra" o una "corriente", cerca del elemento sensor 511 y luego devolver la muestra al conducto 522 de flujo (también denominado "canal 522 de paso"). Como se muestra, el elemento sensor 511 puede tener un sistema 540 de circuitos que genere una señal 542 que refleje una o más características de la corriente de flujo o material 532, en general. El sistema 540 de circuitos puede acoplarse al procesador 512, mostrándose aquí con componentes informáticos, por ejemplo, un procesador 543 que se acopla a la memoria 544 que tiene instrucciones ejecutables 546 almacenadas en la misma. Los componentes informáticos pueden funcionar para procesar la señal 542, por ejemplo, para cuantificar el flujo volumétrico del material 532 en la tubería 514. El flujo volumétrico refleja nominalmente la demanda del cliente 535 para generar servicios de facturación apropiados.

65 Como ya se ha indicado, el sistema 500 puede configurarse para caracterizar el flujo de forma que mejore los valores del flujo volumétrico obtenidos del procesador 512. Estas configuraciones pueden emplear circuitos 540 para que la señal 542 proporcione datos que reflejen las condiciones medidas (como la presión y la temperatura) de la corriente del material 532 en, o cerca del, elemento sensor 511. Los datos también pueden reflejar otras características del flujo.

Los datos de la presión medida son importantes en condiciones de flujo bajo para que el procesador 512 tenga en cuenta con mayor precisión la densidad del material 532 en o cerca (o muy cerca) del canal 524 de derivación. En todas las condiciones de flujo, el procesador 512 puede utilizar los datos de las condiciones de referencia, asignadas de forma típica por una norma metrológica legal, para “ajustar” los valores del flujo volumétrico a valores que proporcionen métricas precisas y fiables para facturar a los consumidores. A su vez, el sistema 500 puede encontrar un amplio uso y adopción para la medición del gas combustible tanto en aplicaciones residenciales (baja presión) como en aplicaciones comerciales (alta presión).

Hasta la fecha, la práctica presupone predominantemente que el gas combustible permanece a una presión constante establecida por un regulador de presión corriente arriba (y separado) del dispositivo. Sin embargo, al medir los datos de presión, el sistema 500 puede reducir la probabilidad de que puedan introducirse posibles errores humanos en valores para un flujo volumétrico o para un flujo volumétrico que se “corrige” (respecto a condiciones de referencia). Estos errores pueden deberse a deficiencias en el regulador de presión, por ejemplo, debido a la fabricación o a casos en los que un usuario final (p. ej., un técnico) instale o configure incorrectamente el regulador de presión que se encuentra cerca del dispositivo.

La Figura 6 representa un diagrama de flujo de una realización ilustrativa del método 400 para mejorar la precisión del sistema 500. Este diagrama presenta las etapas que pueden incorporar instrucciones ejecutables 546 para uno o más métodos y/o programas ejecutados por ordenador. La instrucción ejecutable 546 puede almacenarse en la memoria 544 como firmware o software. El procesador 543 puede tener acceso a la memoria 544 para que, cuando el procesador 542 ejecute las instrucciones ejecutables 546, el procesador 543 esté configurado para ciertas funciones, una o más de las cuales pueden representarse mediante las etapas del método 400. Estas etapas pueden alterarse, combinarse, omitirse y/o reorganizarse en algunas realizaciones.

El funcionamiento del método 400 puede generar valores que se correspondan con el flujo volumétrico de la corriente “principal” en el canal 522 de paso. El método 400 puede incluir, en la etapa 416, procesar los datos entrantes del sensor y, en la etapa 418, evaluar si el régimen de flujo se corresponde con un primer régimen de flujo, por ejemplo, las condiciones de flujo “bajo” que predominan en la corriente principal. En caso afirmativo, el método 400 puede continuar, en la etapa 432, utilizando características de amplitud de los datos entrantes del sensor y valores para temperatura medida y presión medida para determinar el flujo volumétrico estandarizado en condiciones de referencia. El método 400 también puede incluir, en la etapa 434, utilizar valores para la temperatura medida y la presión medida para convertir el flujo volumétrico estandarizado en flujo volumétrico en las condiciones medidas. El método 400 puede incluir además, en la etapa 436, mostrar los valores de los parámetros de flujo y, en la etapa 438, comunicar los valores. En una ejecución, el procedimiento 400 puede continuar, en la etapa 416, para monitorizar o muestrear los datos entrantes del sensor. Cuando las condiciones de flujo “bajo” no predominan en la corriente principal, el método 400 puede incluir, en la etapa 440, utilizar las características temporales de los datos entrantes del sensor para determinar un primer flujo volumétrico de la corriente principal en las condiciones medidas. El método 400 puede incluir también, en la etapa 442, utilizar valores para la temperatura medida y la presión medida para convertir el primer flujo volumétrico en un flujo volumétrico “corregido” que describa el flujo volumétrico en condiciones de referencia. El método 400 puede incluir además, en la etapa 444, evaluar si el régimen de flujo corresponde a un segundo régimen de flujo, por ejemplo, condiciones de flujo “alto” de la corriente principal. En caso afirmativo, el método 400 puede continuar hasta las etapas 436, 438 para mostrar y comunicar valores de los parámetros de flujo (p. ej., flujo volumétrico). El método 400 puede, de forma alternativa, suponer que el régimen de flujo corresponda a las condiciones de flujo “intermedias” y continuar, en la etapa 446, utilizando las características de amplitud de los datos entrantes del sensor y los valores para la temperatura medida y la presión medida para determinar el flujo volumétrico estandarizado en las condiciones de referencia. El método 400 también puede incluir, en la etapa 448, utilizar valores para la temperatura medida y la presión medida para convertir el flujo volumétrico estandarizado en un segundo flujo volumétrico en las condiciones medidas. El método 400 puede incluir además, en la etapa 450, determinar si se requiere calibración. En tal caso, el método 400 puede incluir, en la etapa 452, realizar una calibración cruzada y actualizar la función de transferencia o la tabla de calibración. En una ejecución, el método 400 puede continuar, en la etapa 416, para seguir monitorizando o muestreando los datos entrantes del sensor.

En la etapa 418, el método 400 puede identificar la condición de la corriente principal como la condición de flujo “bajo”. El método 400 puede incluir etapas para determinar que el flujo de la corriente principal es laminar, que es característico del flujo “bajo”. Estas etapas pueden comparar los parámetros de flujo medidos, como son definidos por los datos del sensor, con algún valor umbral, como un valor de tensión máxima que se sabe que indica la transición en la corriente principal de flujo laminar a flujo turbulento. Con referencia también a la Figura 3, la primera curva 306 de datos es coherente con la respuesta de tensión en condiciones de flujo “bajo” (o primera condición de flujo o el primer régimen de flujo). Esta respuesta puede corresponder a la tensión de CC, donde la característica de amplitud (o amplitud *V<sub>amp</sub>*) permanece relativamente estable en su valor porque no se forman vórtices en la corriente principal en estas condiciones de flujo bajo para inducir perturbaciones en la señal 542.

En las etapas 432, 434, el método 400 utiliza las características de amplitud de los datos del sensor para determinar el flujo volumétrico para condiciones de flujo bajo de la corriente principal. De forma general, el flujo volumétrico puede basarse en un mecanismo sensor de flujo másico. Aquí, el método 400 puede incluir una o más etapas para analizar los datos entrantes del sensor para llegar al flujo volumétrico. Estas etapas pueden dar lugar al primer flujo volumétrico

(en la etapa 432), que puede “estandarizarse” o “corregirse” según algunas condiciones de referencia predeterminadas o asignadas de temperatura y presión. Por ejemplo, en los Estados Unidos, las condiciones de referencia definen valores para presión (14,72 psi) y 60 °F. El flujo volumétrico “estandarizado” resultante se mide con frecuencia en litro estándar por minuto (SLPM) o unidades de medición similares. Pueden ser útiles para este propósito las funciones de transferencia y técnicas similares de procesamiento de señales o datos. En una ejecución, las etapas pueden acceder a una tabla de calibración y seleccionar una entrada de la tabla de calibración para el flujo volumétrico “estandarizado”. Esta entrada puede corresponder a la característica de amplitud de los datos entrantes del sensor. Ejemplos de la tabla de calibración pueden incluir entradas con datos que asocien la amplitud con el caudal volumétrico en condiciones de referencia (p. ej., presión de referencia y temperatura de referencia). Esta característica es ventajosa para que una amplitud dada (Ai) o un intervalo de amplitud dado correspondan a un valor (Vi) para el caudal volumétrico. La Tabla 1 que sigue muestra un ejemplo de una tabla de calibración.

Tabla 1

Entrada	Amplitud (mV)	Flujo volumétrico (gal/s)
1	A1	V1
2	A2	V2
3	A3	V3
4	A4	V4

En la etapa 434, el método 400 puede convertir el flujo volumétrico estandarizado en el segundo flujo volumétrico. El segundo flujo volumétrico puede tener un valor que refleje las condiciones medidas (por ejemplo, temperatura medida y presión medida) cerca del sensor. Este valor puede medirse en litros reales por minuto (ALPM) o unidades de medida similares. Para llegar a este valor, el método 400 puede incluir estados para calcular el valor utilizando la Ley de gases ideales, como se muestra en la Ecuación (2) a continuación:

$$PV = nRT, \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde P es la presión medida, T es la temperatura medida, R es la constante específica del gas y n es el número de moléculas del gas (o el número de moles del material).

En las etapas 436, 438, el método 400 genera la salida que refleja el caudal volumétrico. Estas etapas pueden incluir una o más etapas para proporcionar alguna representación visual de los valores apropiados, por ejemplo, en un indicador visual o pantalla. Otra funcionalidad puede transportar el caudal volumétrico a un dispositivo de procesamiento remoto (p. ej., una red, un ordenador en red, etc.) para su almacenamiento o procesamiento, según se desee.

En las etapas 440, 442, el método 400 usa las características temporales de los datos entrantes del sensor para determinar el flujo volumétrico de la corriente principal. El método 400 puede ajustar o “corregir” el flujo volumétrico con respecto al flujo volumétrico “corregido” en condiciones de referencia. Como se ha indicado anteriormente, los valores para las condiciones de referencia se asignan por norma o especificación. El cálculo puede aplicar la Ley de gases ideales, indicada anteriormente como Ecuación (1) y citada de nuevo a continuación como Ecuación (3):

$$V_r = \left(\frac{P_m}{P_r}\right) \times \left(\frac{T_r}{T_m}\right) \times V_m, \quad \text{Ecuación (3)}$$

donde V es el flujo volumétrico en las condiciones de referencia, V<sub>m</sub> es el flujo volumétrico en las condiciones medidas, P<sub>m</sub> es la presión medida (medida por el sensor 511), P<sub>r</sub> es la presión de referencia, T<sub>m</sub> es la temperatura medida (medida por el sensor 511) y T<sub>r</sub> es la temperatura de referencia. En algunas ejecuciones, el método 400 puede incluir etapas para acceder a otra tabla que almacene datos que reflejen las condiciones de referencia (P<sub>r</sub>, T<sub>r</sub>) en donde las entradas correspondan a valores para distintos países, distintas normas u otras delineaciones entre estos valores.

En la etapa 444, el método 400 puede identificar la condición de la corriente principal como la condición de flujo “alto” o la condición de flujo “intermedio”. El método 400 puede incluir etapas, por ejemplo, para determinar que el flujo de la corriente principal es turbulento. Estas etapas pueden comparar los parámetros de flujo medidos, como los de los datos del sensor, con algún valor umbral, como un valor de tensión mínima que se sabe que indica la transición en la corriente principal del flujo laminar al flujo turbulento. Con referencia a la Figura 3, la segunda curva 308 de datos es coherente con la respuesta de tensión para condiciones de flujo “alto” (o segunda condición de flujo o segundo régimen de flujo). Esta respuesta puede corresponder a una tensión de CA, o señal oscilante similar, donde la característica temporal (o frecuencia V<sub>r</sub>) fluctúa porque la condición turbulenta de la corriente principal forma vórtices que inducen perturbaciones en la señal 542. Las condiciones de flujo “alto” activan el método 400 para mostrar o generar la salida necesaria para el flujo volumétrico determinado utilizando las características temporales (en las etapas 440, 442). En

una ejecución, el método 400 también puede incluir etapas para determinar si los parámetros medidos indican condiciones de flujo intermedias. El valor umbral puede corresponder a un intervalo de valores de tensión. Con referencia a la Figura 3, la tercera curva 310 de datos es coherente con este intervalo de respuestas de tensión que forman una región de superposición que incluye partes de las curvas 306, 308 de datos. Esta región de superposición corresponde a las mediciones tanto de las características temporales como de las características de amplitud de la corriente principal (por ejemplo, porque hay vórtices en la corriente principal).

En las etapas 446, 448, el método 400 puede determinar el flujo volumétrico de la corriente principal. Estas etapas pueden incluir las etapas explicadas anteriormente (en conexión con la etapa 432). Por ejemplo, las etapas pueden utilizar las características de amplitud de los datos entrantes del sensor y la temperatura medida y la presión medida (desde el sensor) para determinar el primer flujo volumétrico en condiciones de referencia y convertir el primer flujo volumétrico en el segundo flujo volumétrico.

En la etapa 450, el método 400 puede determinar si realizar una calibración cruzada. En una ejecución, el método 400 puede incluir etapas para comparar los valores del flujo volumétrico en función de las características temporales de los datos entrantes (en la etapa 440) y sobre la base de las características de amplitud de los datos entrantes (en la etapa 448) y para asignar una relación que defina la posición relativa del primer flujo volumétrico con respecto al segundo flujo volumétrico. La relación puede informar sobre la precisión del flujo volumétrico (en las etapas 432, 434, 446, 448). Cuando es pequeña o insignificante (p. ej., < aproximadamente el 1 %), la relación indica que los valores determinados anteriormente reflejan con precisión los valores del flujo volumétrico en la corriente principal.

En la etapa 452, el método 400 puede realizar una calibración cruzada en respuesta a la relación. La calibración cruzada puede ser necesaria, por ejemplo, cuando la relación entre el primer flujo volumétrico y el segundo flujo volumétrico es grande (p. ej., > aproximadamente el 1 %). En algunos ejemplos, la relación puede reflejar otros cambios en los parámetros distintos del caudal (p. ej., la densidad del gas) utilizados en el sistema. Esta etapa puede, a su vez, actualizar variables en la función de transferencia, de las que un ejemplo puede incluir la transformada rápida de Fourier (FFT), o actualizar o cambiar los valores encontrados en la tabla de calibración. Los enfoques prácticos pueden implicar cualquiera de (i) escalar la curva de calibración en función de la relación de la lectura de CC real y los valores predeterminados del sensor, (ii) cambiar el valor de referencia respecto a la curva de calibración en función de la diferencia entre la lectura de CC real y el valor predeterminado, (iii) volver a calcular la curva de calibración en función de varios puntos de datos que abarquen la región de superposición, o (iv) seleccionar o volver a calcular una nueva curva de calibración a partir de un grupo de curvas en la memoria en función de una relación numérica entre la lectura de CC real y un intervalo de valores de CC esperados.

Haciendo referencia ahora a la Figura 7, la explicación se centra en una estructura ilustrativa para que el elemento sensor 511 proporcione datos para que el sistema 500 calcule el flujo volumétrico y corrija las condiciones ambientales. Esta estructura puede incorporar una estructura microelectromecánica (MEMS) o paquetes comparables basados en semiconductores, chip-on-chip y construcciones similares de estado sólido, pudiendo ser cualquiera de ellas pequeña y fácil (y económica) de fabricar a escala. Las realizaciones pueden incluir un sustrato 548 que soporte el sistema 540 de circuitos, que puede formar circuitos integrados que se integren en o sobre el sustrato 548. Circuitos integrados ilustrativos pueden incluir una o más sondas para obtener parámetros (p. ej., una sonda 550 de presión y una sonda 552 de temperatura). Puede ser útil que la sonda 552 de temperatura incluya un par de dispositivos 554, 556 sensibles a la temperatura, que pueden estar separados entre sí a cada lado de un elemento térmico 558. El sustrato 548 puede incluir una estructura distribuidora 558 que acople las sondas 550, 552 al procesador 512. La estructura distribuidora 560 puede configurarse para intercambiar señales (p. ej., la señal 542) entre los dispositivos acoplados. Estos componentes del procesador 512 pueden integrarse en el sustrato 548 o residir por separado, según se desee. Las instrucciones ejecutables 546 pueden configurar el procesador 512 para realizar funciones o presentar capacidades que incluyan, por ejemplo, procesar la señal 542 para generar una salida 562, por ejemplo, que transmita el valor del flujo volumétrico de material 532 a través de la tubería 514.

El elemento sensor 511 puede incorporar una estructura que se ajuste a los factores de forma deseados para complementar el uso del sistema 500. El sustrato 548 puede incorporar silicio o material cerámico, aunque también puede ser suficiente una placa de circuito impreso (PCB). Las sondas 550, 552 pueden conformarse de forma integrada como parte del material del sustrato, como si se fabricaran usando técnicas para construir sistemas de circuitos integrados en una oblea de silicio o como parte de un dispositivo cerámico, por ejemplo. Otras técnicas pueden permitir que las sondas 550, 552 se dispongan de forma que establezcan contactos eléctricos apropiados con la estructura distribuidora 558 sobre el sustrato 548.

Las sondas 550, 552 pueden configurarse para responder a los parámetros del material 532 que fluye en el canal 524 de derivación. Estas configuraciones pueden tener características acordes con los paquetes y dispositivos MEMS. Las características pueden hacer que el tamaño del dispositivo sea inferior a 1 mm. Para la detección, los dispositivos pueden emplear tecnologías piezoeléctricas, piezorresistivas, capacitivas o inductivas, pero es posible que se desarrollen otras tecnologías después de escribir esta memoria que también funcionen en este concepto. La detección de temperatura puede requerir el uso de termopares o termistores como dispositivos 550, 552 sensibles a la temperatura.

La Figura 8 representa un diagrama de flujo de un ejemplo del método 400 con detalles adicionales del posible funcionamiento del sistema 500. El método 400 puede incluir, en la etapa 440, dirigir una primera corriente de gas combustible desde una línea principal a un medidor de flujo y, en la etapa 442, crear una segunda corriente de gas combustible a partir de la primera corriente de gas combustible en el medidor de flujo. El método 400 también puede incluir, en la etapa 444, dirigir la segunda corriente de gas combustible cerca de una sonda de presión y una sonda de temperatura. El método 400 puede continuar, en la etapa 414, para generar una señal que refleje la presión localizada y la temperatura localizada de la segunda corriente de gas combustible.

En la etapa 440, el método 400 dirige el gas combustible desde la línea principal al sistema 500. Esta etapa crea una corriente "medida" que, en efecto, presenta parámetros representativos del flujo de material 532 en la tubería 514. En este sentido, esta etapa puede coincidir con las etapas para instalar el sistema 500 en una localización de la tubería 514. Esta localización puede estar en línea con la tubería 514, por ejemplo, si el sistema 100 tiene extremos con bridas que puedan unirse a las bridas de tubería correspondientes en la tubería 514. De forma alternativa, la localización puede residir fuera de la tubería 514. Esta localización puede hacer que el sistema 500 se una por sus extremos a aberturas de la tubería 514 que permitan que el flujo de gas combustible entre y salga del canal 522 de paso, pero regrese a la tubería 514.

En la etapa 442, el método 400 crea la segunda corriente de gas combustible. Esta segunda corriente puede funcionar como una corriente de "muestra" que fluya a través del canal 524 de derivación. La corriente de muestra puede ser "más pequeña" que la corriente medida, pero aun así presentar parámetros que permitan el uso de los datos de la corriente de muestra para calcular el flujo volumétrico en la línea principal. En una ejecución, el sistema 500 puede configurarse para acondicionar la corriente medida o la corriente de muestra, frecuentemente corriente arriba del primer extremo abierto 536 del canal 524 de derivación. Estas configuraciones pueden garantizar que el flujo de la corriente de muestra tenga características apropiadas (p. ej., flujo turbulento, flujo laminar, etc.) para generar datos sobre los parámetros de flujo, como se indica en la presente memoria.

En la etapa 444, el método 400 dirige la segunda corriente cerca de las sondas. El canal 116 de derivación puede configurarse para exponer las sondas 550, 552 a la corriente de muestra. Estas configuraciones pueden incluir aberturas en el sustrato 548 o diseños físicos o mecánicos similares. Las aberturas pueden cooperar con el diseño de las sondas 550, 552. En una implementación, esta etapa puede incluir una o más etapas para calentar la corriente de muestra, frecuentemente cuando la corriente de muestra transita por el canal 524 de derivación. Algunos ejemplos pueden incluir calentar la corriente de muestra en una localización dispuesta entre los dispositivos 550, 552 sensibles a la temperatura. Pueden requerirse etapas, por ejemplo, para activar el elemento térmico 558 para este propósito.

En vista de lo anterior, las mejoras aquí proporcionan a los contadores electrónicos mejoras de capacidades para satisfacer las normas legales de metrología. Estas capacidades se derivan, al menos en parte, del uso de sondas de presión que pueden interrogar la presión de la corriente de muestra. Esta característica permite al contador calcular con mayor precisión el flujo volumétrico a partir del flujo másico y corregir las condiciones ambientales.

Esta descripción escrita usa ejemplos para describir la invención, incluyendo el mejor modo, y también para permitir que cualquier persona experta en la técnica ponga en práctica la invención, incluyendo la producción y el uso de cualquier dispositivo o sistema y la realización de cualquier método incorporado. Debe entenderse que un elemento o función mencionado en singular y precedido por la palabra "un" o "una" no excluye el plural de dichos elementos o funciones, a menos que tal exclusión se mencione explícitamente. Las referencias a "una realización" de la invención reivindicada no deben interpretarse como excluyentes de la existencia de realizaciones adicionales que también incorporen las características mencionadas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato, que comprende:

5 un cuerpo (210) que comprende un canal (222) de paso que forma una corriente de fluido principal, al menos un canal (224) de derivación acoplado al canal (222) de paso y un interruptor (209) de flujo acoplado al canal (222) de paso de modo que se afecte a al menos algunas características de flujo del fluido que fluye por el canal (224) de derivación;

10 un dispositivo semiconductor (211) que comprende un sensor, estando el sensor dispuesto cerca del al menos un canal (224) de derivación, estando el sensor configurado para generar datos que reflejen las condiciones medidas que comprenden al menos un valor de presión y al menos un valor de temperatura de una parte de la corriente de fluido principal en el al menos un canal (224) de derivación; y

15 un componente (212) de procesamiento acoplado al sensor para recibir los datos, comprendiendo el componente (212) de procesamiento un procesador, una memoria acoplada al procesador e instrucciones ejecutables almacenadas en la memoria y accesibles por el procesador;

**caracterizado por que**

20 las instrucciones ejecutables comprenden instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador, configuran el procesador para:

utilizar una o ambas de las características de amplitud de los datos y las características temporales de los datos para identificar un régimen de flujo para la corriente de fluido principal y sus caudales volumétricos, identificando el régimen de flujo una de las

25 condiciones de flujo bajo con flujo laminar, condiciones de flujo alto con presencia de fluctuaciones o condiciones de flujo intermedio con presencia de fluctuaciones en la corriente de fluido principal;

seleccionar un proceso para determinar un caudal volumétrico de la corriente principal en respuesta al régimen de flujo, en donde el proceso es específico para el régimen de flujo;

30 utilizar datos para el al menos un valor para la presión medida y el al menos un valor para la temperatura medida en el proceso para generar un valor que defina el caudal volumétrico de la corriente principal; y

generar una salida con datos que reflejen el valor de un caudal volumétrico comunicado de la corriente principal;

35 en donde, para condiciones de flujo bajo con flujo laminar, el proceso está configurado para utilizar las características de amplitud y el al menos un valor para la presión medida y el al menos un valor para la temperatura medida para la corriente de fluido principal para determinar un caudal volumétrico estandarizado en condiciones de referencia para condiciones de flujo bajo, en donde determinar el caudal volumétrico estandarizado en condiciones de flujo bajo comprende:

40 acceder a una tabla de calibración que incluye entradas con datos que asocian la característica de amplitud al caudal volumétrico en condiciones de referencia, seleccionar una entrada de la tabla de calibración que corresponda a la característica de amplitud, y

45

el proceso está configurado además para mostrar el caudal volumétrico estandarizado para condiciones de flujo bajo;

50 en donde, para condiciones de flujo alto con presencia de fluctuaciones, el proceso está configurado para utilizar las características temporales para determinar un primer caudal volumétrico de la corriente principal en condiciones medidas, el proceso está configurado además para utilizar valores para el al menos un valor para la presión medida y el al menos un valor para la temperatura medida para convertir el primer caudal volumétrico en un caudal volumétrico corregido que describe un caudal volumétrico estandarizado en condiciones de referencia para condiciones de flujo alto, y el proceso está configurado además para mostrar uno del primer caudal volumétrico en condiciones

55 medidas y el caudal volumétrico estandarizado para condiciones de flujo alto;

en donde, para condiciones de flujo intermedio con presencia de fluctuaciones, el proceso está configurado para:

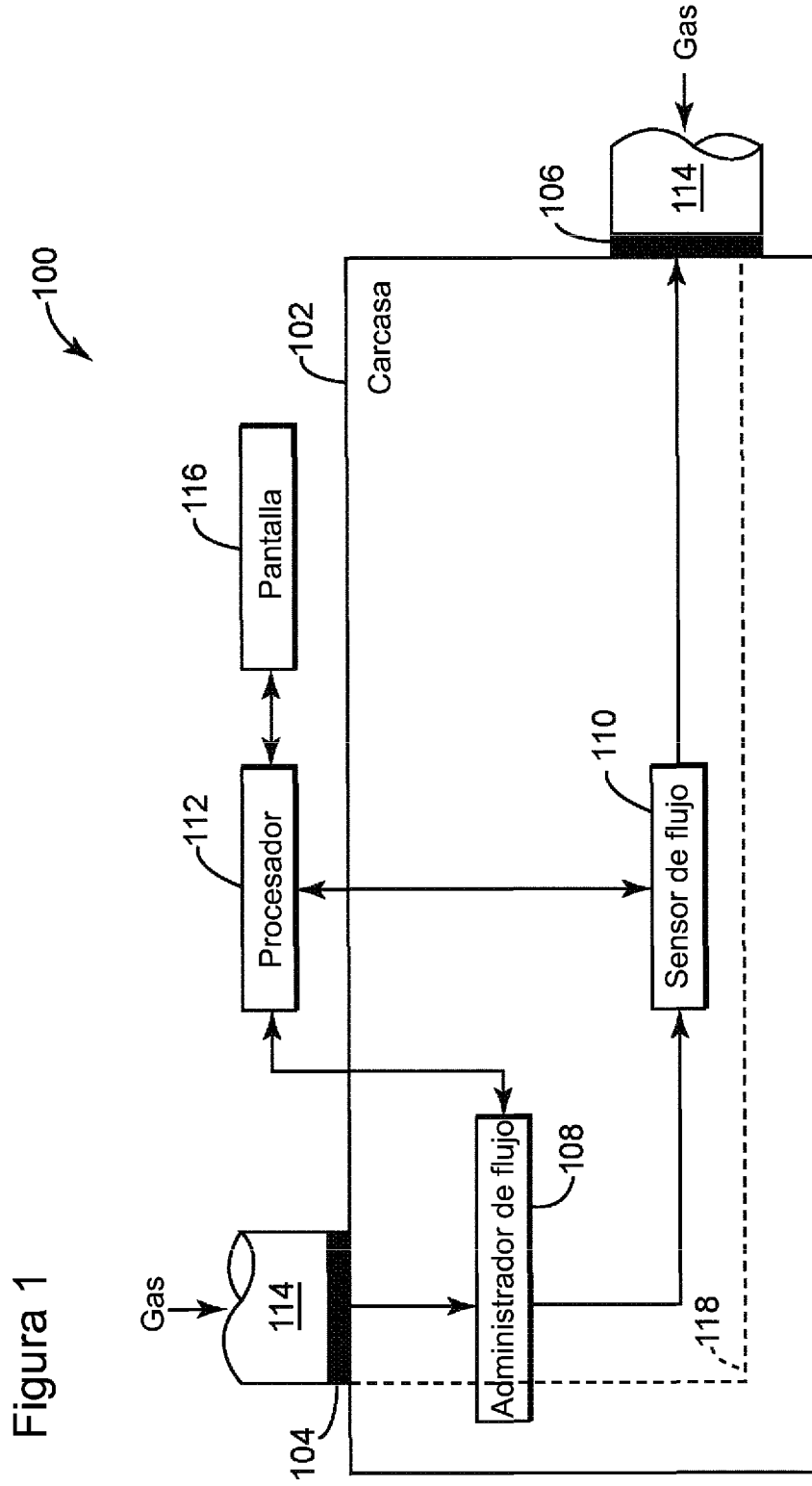
60 utilizar las características de amplitud y el al menos un valor para la presión medida y el al menos un valor para la temperatura medida para la corriente de fluido principal para determinar un caudal volumétrico estandarizado en condiciones de referencia para condiciones de flujo intermedio, en donde determinar el caudal volumétrico estandarizado en condiciones de flujo intermedio comprende acceder a la tabla de calibración y seleccionar una entrada de la tabla de calibración que corresponda a la característica de amplitud;

65

utilizar al menos un valor para la temperatura medida y el al menos un valor para la presión medida para convertir el caudal volumétrico estandarizado en condiciones de flujo intermedio en un segundo flujo volumétrico en condiciones medidas,  
utilizar las características temporales para determinar el primer caudal volumétrico de la corriente principal en condiciones medidas,  
comparar el primer caudal volumétrico en condiciones medidas con el segundo caudal volumétrico en condiciones medidas,  
asignar una relación que defina la posición relativa del primer caudal volumétrico en condiciones medidas respecto al segundo caudal volumétrico en condiciones medidas,  
realizar una calibración cruzada y actualizar la tabla de calibración en respuesta a una determinación de que la relación que define la posición relativa del primer caudal volumétrico en condiciones medidas con respecto al segundo caudal volumétrico en condiciones medidas es superior al 1 %, y  
mostrar uno del primer flujo volumétrico en condiciones medidas, el segundo caudal volumétrico en condiciones medidas y el flujo volumétrico estandarizado para condiciones de flujo intermedio.

2. Un método, que comprende:

recibir una primera corriente de gas combustible;  
separar una segunda corriente de la primera corriente;  
hacer fluir la segunda corriente cerca de un sensor, proporcionando el sensor datos que reflejen la temperatura medida y la presión medida de la segunda corriente;  
**caracterizado por que**  
el método se lleva a cabo con un aparato según la reivindicación 1.



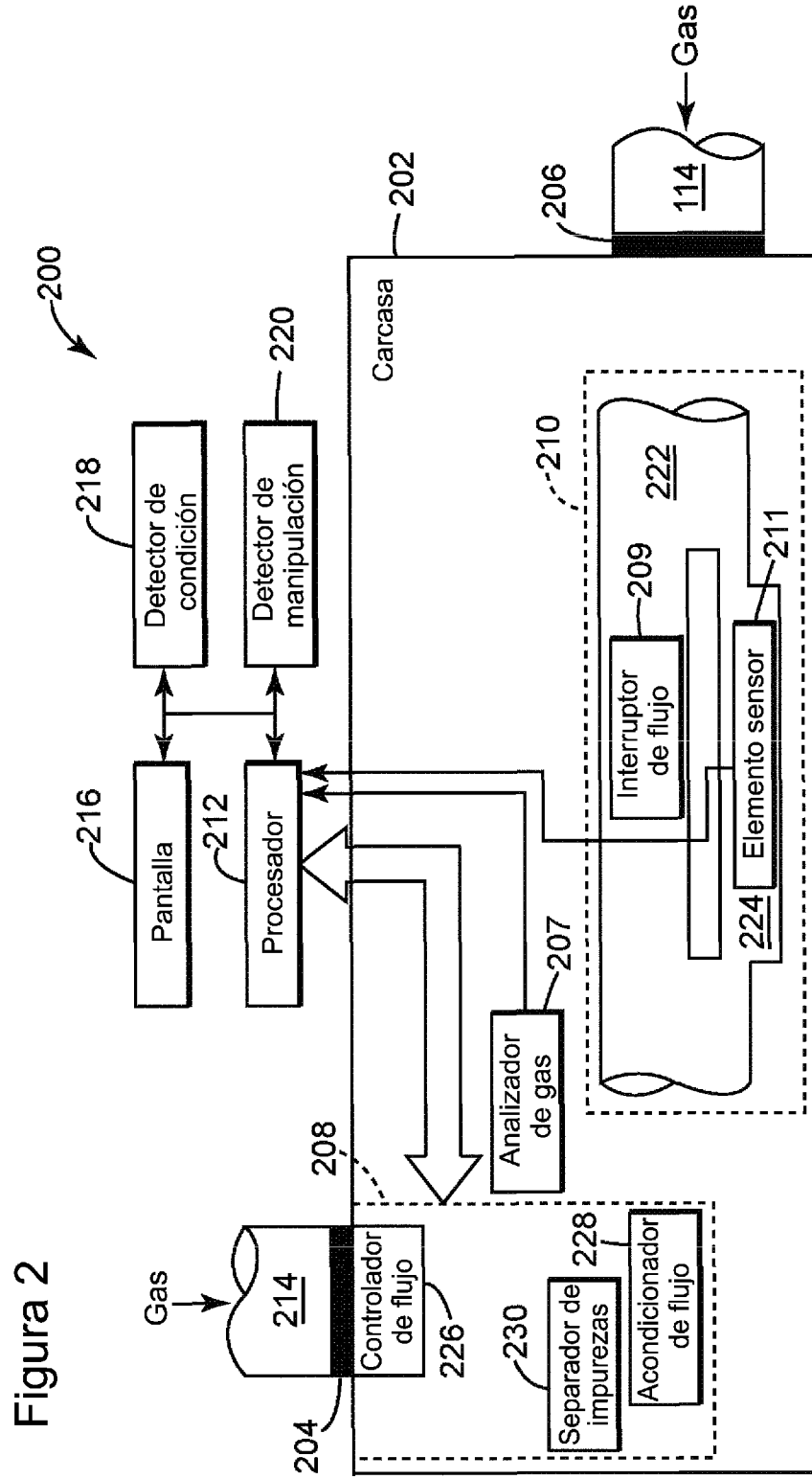


Figura 2

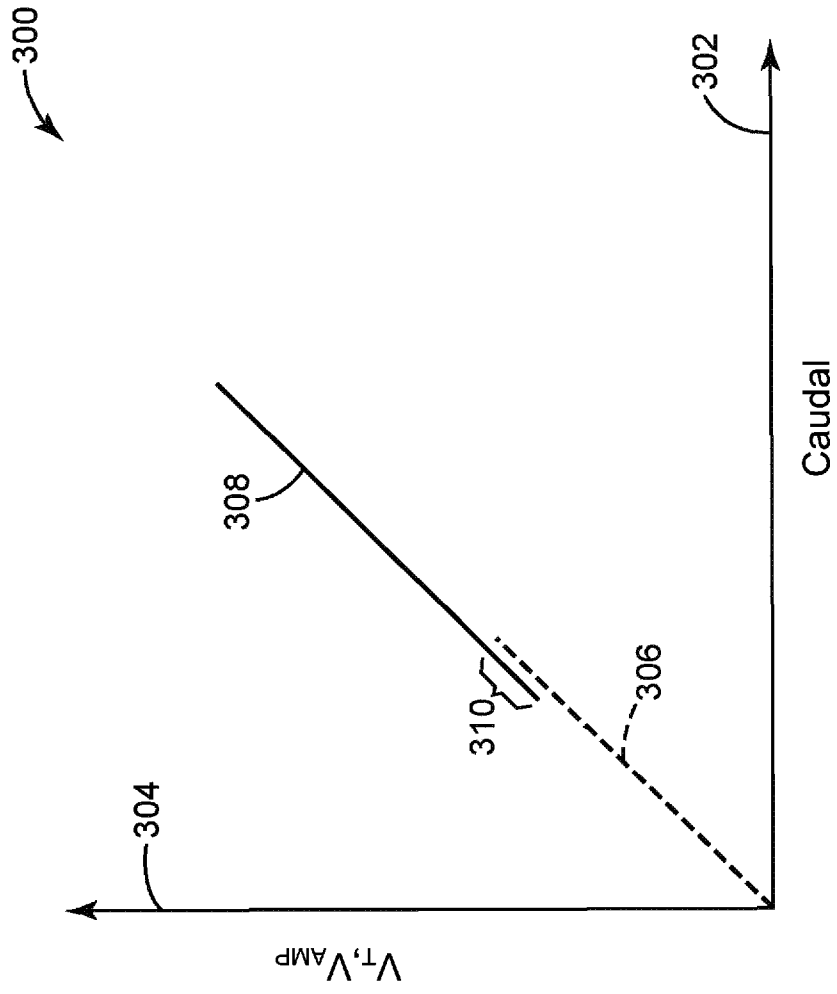


Figura 3

Figura 4A

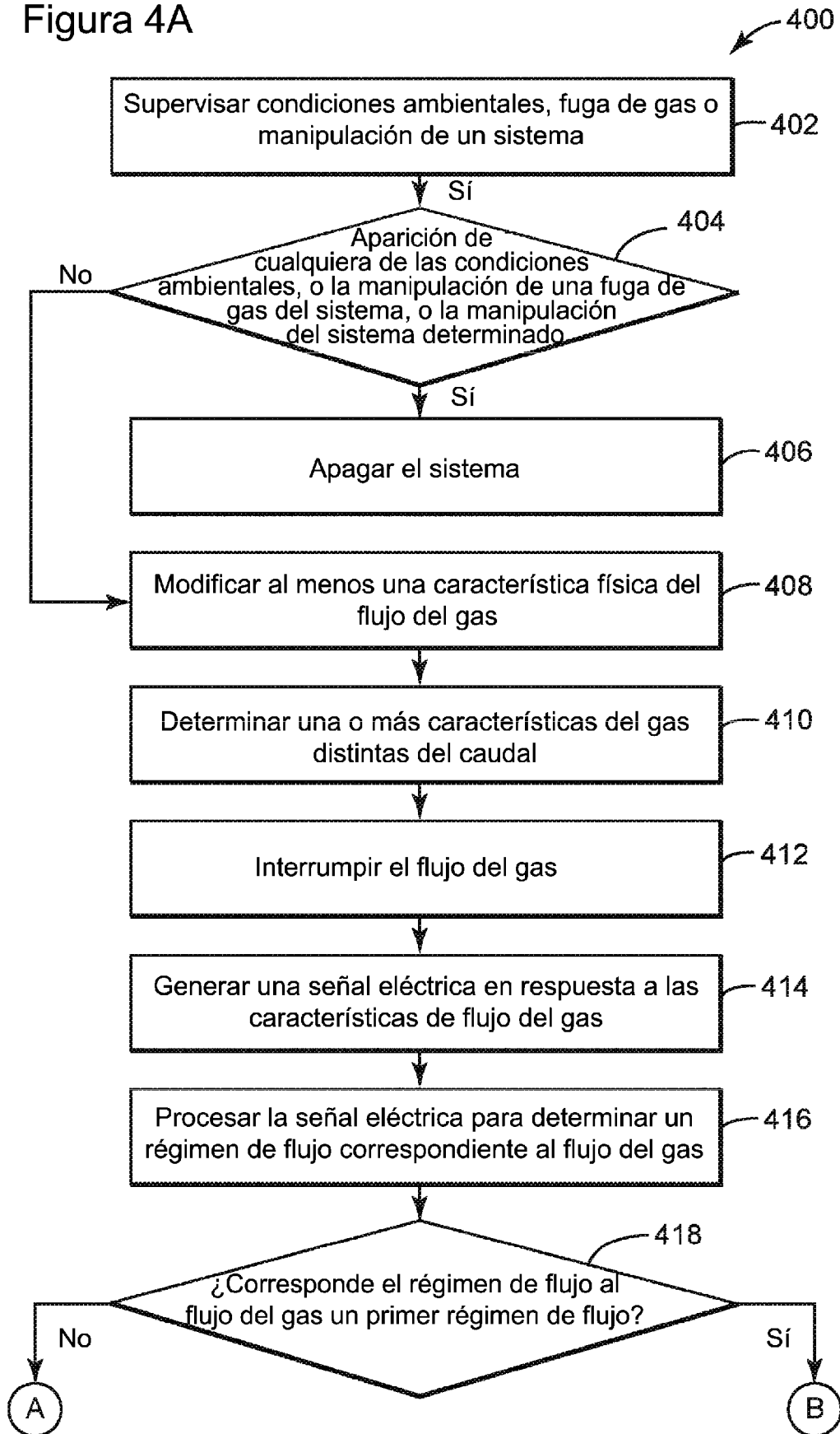


Figura 4B

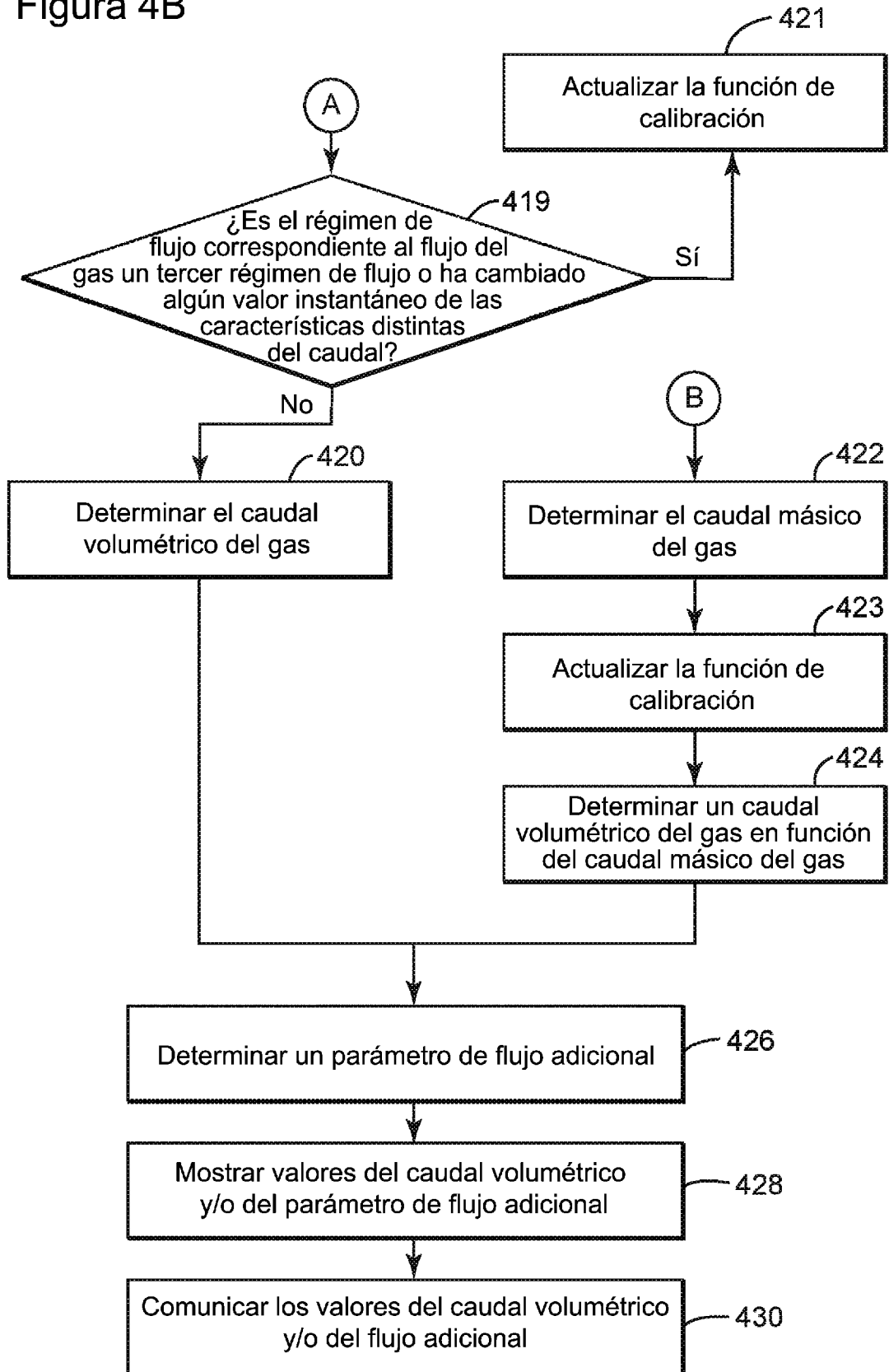


Figura 5

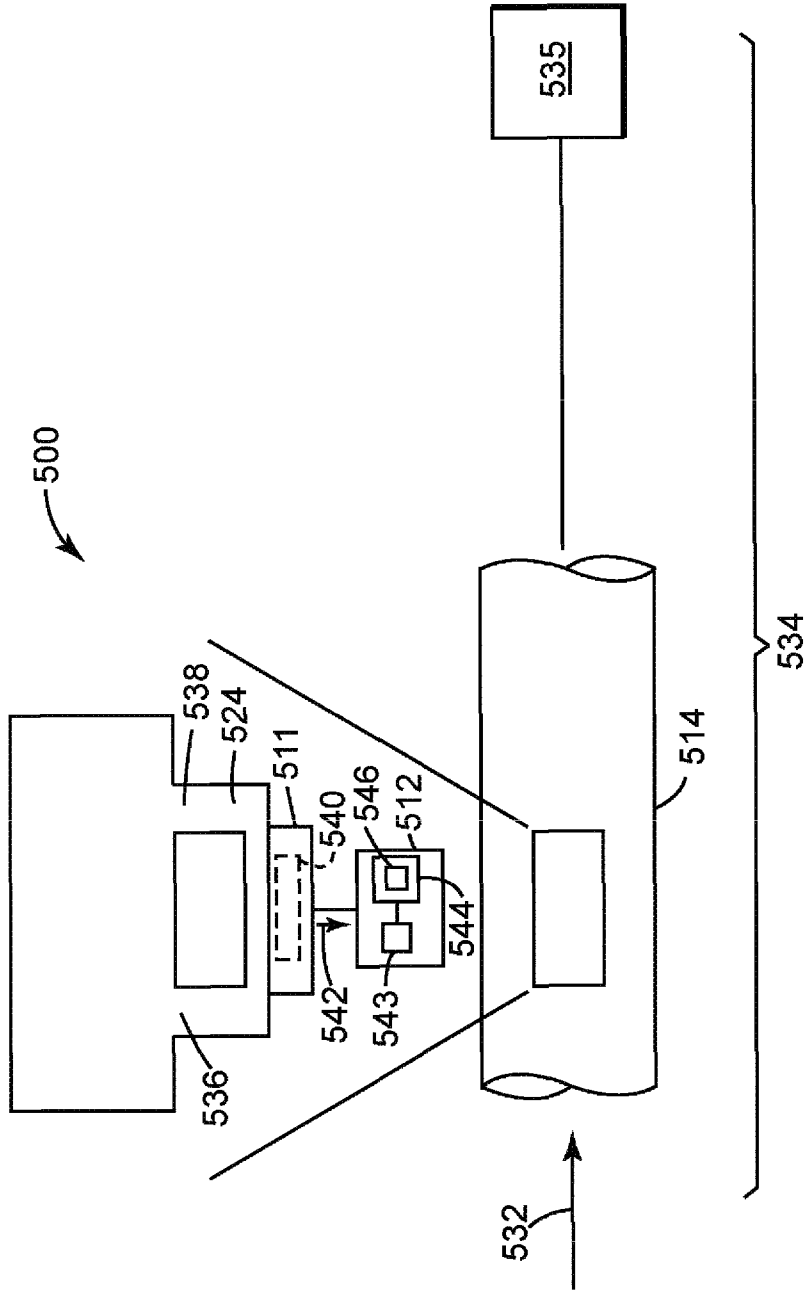


Figura 6

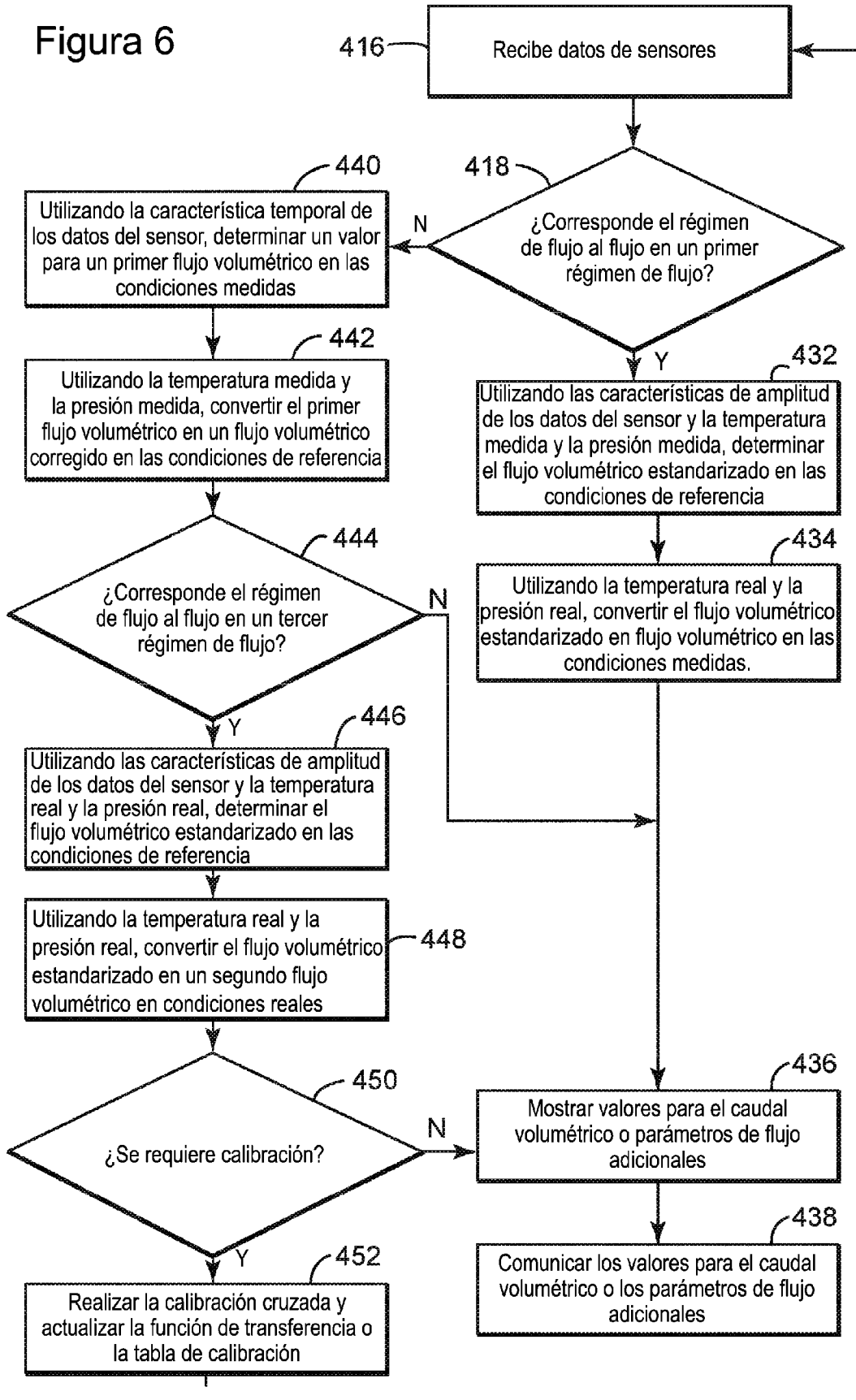


Figura 7

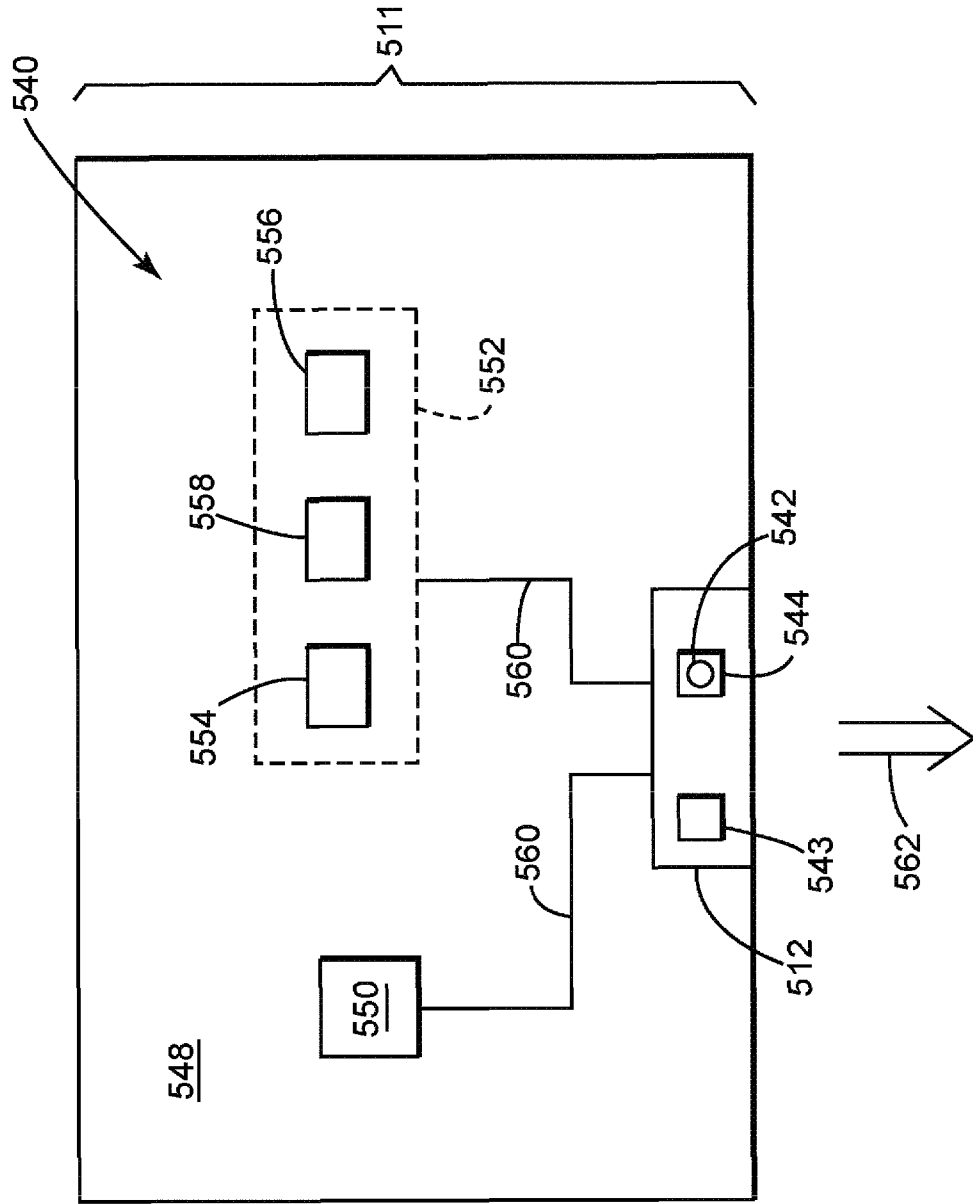


Figura 8

