



20 ENE. 1979

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la memoria adjunta.

ES

NUMERO 47 1982 A 1

FECHA DE PRESENTACION

24 Julio 1978

PATENTE DE INVENCION

| | | |
|------------------------|-----------------|----------------|
| 30 PRIORIDADES: | 32 FECHA | 33 PAIS |
| 31 NUMERO | | |
| 818.475 | 25 Julio 1977 | ESTADOS UNIDOS |

| | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|---|
| 47 FECHA DE PUBLICIDAD | 51 CLASIFICACION INTERNACIONAL | 62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA |
| | G 05 D | |

64 TITULO DE LA INVENCION

METODO Y APARATO PARA MEDIR EL CAUDAL DE MATERIALES FLUIDOS A TRAVES DE CONDUCTOS OSCILANTES MEDIANTE LA DETERMINACION DE FUERZAS CORIOLIS

71 SOLICITANTE (S)

James Everett Smith

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

BOULDER, COLORADO 80302 (USA) 217 Meadowlook

72 INVENTOR (ES)

El propio solicitante.

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE

AGENTE: Fco JAVIER PLAZA

1 El presente invento se refiere generalmente a
un dispositivo de medición de caudal y, más particular-
mente, a un dispositivo de medición de caudal en forma -
de un conducto de forma de "U" montado a manera de viga,
5 de voladizo, y dispuesto para determinar la densidad de
un material fluido en el conducto, la medida de gasto o
caudal másico a través del mismo y, en consecuencia, -
otros parámetros de caudal dependientes.

Hasta ahora, los medidores de caudal del tipo
10 general al que se refiere el presente invento han sido -
conocidos como medidores de caudal másico giroscópico, o
medidores de gastos másico de fuerza Coriolis. En esencia
la función de ambos tipos de medidores de caudal está ba-
sada sobre el mismo principio. Contemplado de una manera
15 simplificada, las fuerzas Coriolis implican el movimiento
radial de la masa desde un punto primero sobre un cuerpo
rotatorio hasta un punto segundo. Como resultado de tal -
movimiento, la velocidad periférica de la masa cambia, es
decir, la masa es acelerada. La aceleración de la masa ge-
20 nera una fuerza en el plano de rotación y perpendicular
al movimiento radial instantáneo. Tales fuerzas son res-
ponsables para precisión de giroscopios. Los anteriores -
intentos para medir el caudal másico de esta manera impli-
caba fuelles sensitivos de presión u otros elementos me-
25 cánicos de pivoteaje.

1 Varias consideraciones específicas han sido -
adoptadas en la utilización de fuerzas Coriolis para me-
dir el caudal másico. Por ejemplo, las primeras Patentes
U.S. Roth 2.865.201 y 3.312.512 presenta medidores de cau-
5 dal giroscópicos empleando un total circuito cerrado que
es continuamente girado (tipo DC) o oscilado (tipo AC).

Otro medidor de caudal que utiliza substancial-
mente las mismas fuerzas, pero evitando la reversión de
caudal mediante la utilización de un "circuito cerrado" -
10 de menos de 180° se describe en la Patente de Privilegio
U.S. Sipin 3.485.098. En ambos casos, los dispositivos -
son del tipo llamado A.C. es decir, el conducto se hace -
oscilar alrededor de un eje y el liquido que afluye a -
través del conducto afluye primero hacia fuera del centro
15 de rotación y después hacia el centro de rotación gene-
rando así fuerzas Coriolis como una función de la medida
de caudal másico fluido a través del circuito cerrado.

Puesto que existe solo un medio para generar
las fuerzas Coriolis, todos los anteriores diseños del -
20 artificio de las configuraciones giroscópicas y de fuer-
za Coriolis generan la misma fuerza, pero especifican -
diversos medios para medir tales fuerzas. Así pues, aun-
que el concepto es simple y recto, los resultados prácti-
cos en la forma de medición exacta y precisa del caudal -
25 han demostrado ser fugaces.

1 Por ejemplo, los medidores de caudal Roth uti-
lizan transductores o acoplamiento giroscópico como ele-
mentos de lectura. El acoplamiento giroscópico está des-
crito en Roth como siendo complejo, y los transductores
5 son definidos como requiriendo conductores altamente -
flexibles, tales como los fuelles. La patente Roth últi-
mamente mencionada está principalmente relacionada con
la disposición y colocación de tales fuelles flexibles.

10 Otra consideración clásica para medir la fuer-
za proporcional al caudal másico implica primeramente la
conducción u oscilación de una estructura de conducto a
través de movimiento rotacional alrededor del eje, y -
después la medición de la energía adicional requerida pa-
ra impulsar tal conducto conforme el líquido se hace -
15 fluir a través del conducto. Lamentablemente, las fuerzas
Coriolis son ciertamente pequeñas comparadas con las -
fuerzas de impulso y, consiguientemente es ciertamente -
difícil el medir con toda precisión y seguridad tales -
fuerzas pequeñas en el contexto de la fuerza de impulso
20 grande.

25 Sin embargo, otros elementos de medición se -
describen por Sipon en la Columna 7, líneas 1 a la 23 de
la Patente U.S. No. 3.485.098. En esta disposición, los
sensores de velocidad, independientes de los elementos -
de impulso, están montados para medir la velocidad del -

1 conducto, como resultado de la distorsión del conducto -
causada por las fuerzas Coriolis. En tanto que puede va-
ler la pena la información obtenida mediante tales medi-
ciones, los sensores de velocidad requieren la medición
5 de una mínima velocidad diferencial superimpuesta sobre
las muy grandes velocidades de oscilación de la tubería.
Así pues, una determinación totalmente precisa de la fuer-
za giroscópica debe tener que ver con las mediciones de
velocidad bajo condiciones limitadas y especializadas, -
10 tal como se trata a continuación. El análisis matemático
confirma que las mediciones de velocidad vienen a propor-
cionar resultados marginales.

El presente invento, que viene a proporcionar
un, hasta ahora no conseguido, perfeccionamiento sobre -
15 los anteriores dispositivos de medición de caudal másico,
comprende un soporte, un conducto continuo de forma de -
"U" sólidamente montado en el extremo abierto de la "U"
hasta el soporte y que se extiende desde el mismo en for-
ma no-articulada, de voladizo, elementos para oscilación
20 del conducto relativo al soporte en cualquier lado del -
plano estático del conducto de forma "U" y alrededor de
un primer eje de oscilación, y elementos para medir las -
fuerzas Coriolis que tienden a alterar elásticamente el -
conducto de forma de "U" alrededor de un segundo eje de
25 deflección substancialmente posicionado equidistante en-

1 tre las patas laterales del conducto de forma de "U" alre
dedor de un segundo eje de deflexión colocado substancial
mente equidistante entre las patas laterales del conducto
de forma de "U" y a través del eje de oscilación del mis-
5 mo.

El montaje de forma de viga en voladizo del con
ductor en forma de "U" tiene una importancia más que pasa
jera. En el caso en que la desviación sea medida, tal mon
taje facilita la deformación resultante de las fuerzas Co
10 riolis para que sea neutralizada substancialmente y total
mente mediante la deformación elástica dentro del conduc
to exento de medios de pivote mecánico que no sean el do
blado o flexionado del conducto. Esto, más bien que com
prometer la precisión de los medidores de caudal mediante
15 la medición menos una de las fuerzas oponentes, el método
y aparato del presente invento está específicamente estruc
turado para disminuir u obviar las fuerzas generadas por
las dos fuerzas opuestas m-medidas, es decir, el arrastre
de velocidad y aceleración de la masa. Este esfuerzo ha -
20 sido satisfactorio hasta el punto en que las fuerzas están
presentes en cantidades acumulativas de menos de .2% de -
la fuerza torsional de resorte. También, mediante el mon
taje del conjunto en forma similar a una viga, la cual -
oscila pivotante por medio del doblado de la viga, la ne
25 cesidad de fuelles y otros muchos dispositivos que son -

1 reactivos a las diferencias de presión entre el conducto
y la presión ambiente son totalmente evitadas. El efecto
pivotante se realiza libre de la presión sensitiva, ele-
mentos de pivote separados.

5 Por consiguiente, una ventaja del presente in-
vento es el de habilitar un aparato nuevo y perfecciona-
do y método para la medición de caudal másico, que pro-
porciona una medición altamente segura y precisa con una
construcción sencilla y de bajo coste.

10 Otra ventaja del presente invento es el de ha-
bilitar un aparato nuevo y perfeccionado para la medi-
ción del caudal másico, el cual es substancialmente sen-
sible a las diferencias de presión y al fluido que se -
está midiendo.

15 En los dibujos:

La figura 1ª es una vista en perspectiva de -
un medidor de caudal líquido, conforme a una incorpora-
ción del presente invento.

20 La figura 2ª es una vista del extremo del me-
didor de caudal de la figura 1ª, ilustrando la oscila-
ción en un punto medio, bajo ningunas condiciones de -
caudal.

25 La figura 3ª es una vista del extremo del me-
didor de caudal de la figura 1ª, ilustrando la oscila-
ción en el punto medio en dirección ascendente, en con-

1 diciones de caudal.

La figura 4ª es una vista del extremo del medidor de caudal de la figura 1ª, ilustrando la oscilación en el punto medio en la dirección de descenso en -
5 condiciones de caudal.

La figura 5ª es un dibujo de diagrama de bloque del circuito de mando del medidor de caudal de la -
figura 1ª.

La figura 6ª es un diagrama lógico del circuito
10 de lectura del medidor de caudal de la figura 1ª.

La figura 7ª es un diagrama de distribución de las señales de lectura del medidor de caudal de la figura 1ª, en condiciones de no circulación.

La figura 8ª es un diagrama de distribución -
15 de la señal de lectura de medidor de caudal de la figura 1ª con circulación a través del conducto.

La figura 9ª es una vista en perspectiva simplificada de un medidor de caudal de fluido de acuerdo -
a cualquier incorporación del presente invento.

La figura 10ª es un diagrama de circuito de la
20 porción de impulso y lectura del medidor de caudal de la figura 9ª con la excepción de la porción sensitiva de de formación del circuito.

La figura 11ª es un diagrama de circuito de -
25 una disposición sensible de deformación, adecuada para -

1 generar la señal marcada B en la figura 10ª.

La figura 12ª es otro diagrama de circuito para fines idénticos a los de la figura 11ª.

5 La figura 13ª es también otro diagrama de circuito para fines idénticos a los de la figura 11ª.

Y la figura 14ª es un diagrama típico de circuito del demodulador síncrono de las figuras 10ª, 12ª y 13ª.

Volviendo ahora a los dibujos, en el que componentes similares son designados por medio de numerales de referencias similares a través de las diversas figuras, un dispositivo medidor de caudal de acuerdo a la primera incorporación del presente invento está ilustrado en la figura 1ª, designada generalmente por medio de la referencia numeral 10. El medidor de caudal 10 incluye un soporte fijo 12 que tiene el conducto 14 de forma de "U" montado al mismo en forma similar a viga, en voladizo. El conductor de formas de "U" es preferentemente de material tubular que tiene una elasticidad tal como la que normalmente se encuentra en materiales tales como el berilo, el cobre, el aluminio templado, el acero, plástico, etc. - Aunque descrito de como de "forma de U", el conducto 14 puede tener patas que convergen, divergen o están substancialmente oblicuas. Se contempla una curva continua. Preferentemente, el conducto de forma de "U" incluye la en-

10
15
20
25

1 trada 15 y la salida 16, las cuales, a su vez, están co-
nectadas por medio de la pata de entrada 18, la pata ba-
se 19 y la pata de salida 20. Mas preferentemente, la pa-
ta de entrada 18 y la pata de salida 20 son paralelas y
5 la pata base 19 es perpendicular a ambas, pero, según se
menciona más arriba, desviaciones substanciales de la con-
figuración ideal, por ejemplo 5ª convergencia o divergen-
cia, no comprometen los resultados de manera apreciable.
Resultados operables pueden ser obtenidos con incluso -
10 grandes desviaciones en el orden de 30 ó 40º, pero, pues-
to que poco puede ganarse con tales desviaciones en la
incorporación de interés, generalmente se prefiere el man-
tener la pata de entrada 18 y la pata de salida 20 en una
relación substancialmente paralela. El conducto 14 puede
15 ser de la forma de curva continua o parcial, según sea -
conveniente.

Aunque la configuración física del conducto de
forma de "U" no es crítica, las características de fre-
cuencia son importantes. Es imprescindible y crítico en
20 la incorporación de la figura 1ª que permite la distor-
sión, que la frecuencia resonante alrededor del eje W-W
sea diferente que la de alrededor del eje O - O y, más
preferentemente, que la frecuencia resonante adosada el
eje W-W sea la frecuencia resonante más baja.

25 El brazo de resorte 22 está montado en las pa-

1 tas interior y exterior 18 y 20, y lleva el carrete de -
fuerza 24 y el carrete sensor 23 en el extremo de la mis-
ma adyacente a la pata base 19. La magneto 25 la cual se
5 acopla dentro de la bobina de fuerza 24 y el carrete sen-
sor 23 es llevado por la pata base 19. El circuito de man-
do 27, del que se tratará con más detalle a continuación,
está previsto para generar una fuerza amplificada en res-
puesta al carrete sensor 23 para impulsar el conducto de
forma "U" en su natural frecuencia alrededor del eje W-W
10 de manera oscilante. Aunque el conducto de forma "U" es-
tá montado a manera de viga a los soportes 12, el hecho
de que se le hace oscilar a una frecuencia resonante, per-
mite una apreciable amplitud que sea obtenida en la osci-
lación de "viga" hecha alrededor del eje "W-W" El conduc-
15 to de forma "U" 14 esencialmente pivota alrededor del eje
W-W en la entrada 15 y salida 16.

Como preferible incorporación, el sensor primero
43 y el sensor segundo 44 están soportados en las inter-
secciones de la pata base 19 y pata de entrada 18 y pata
20 de salida 20, respectivamente. Los sensores 43 y 44, que
son preferentemente sensores ópticos, pero generalmente -
sensores de cruce central o de proximidad, son activados
en el conducto de forma "U" 14 pasos a través de un plano
de referencia nominal en aproximadamente el punto-medio -
25 de la oscilación de la "viga". El circuito de lectura.33,

1 conforme se describirá a continuación, está provisto para indicar las mediciones de caudal másico como una función del diferencial de tiempo de las señales generadas por los sensores 44 y 43.

5 El funcionamiento del medidor de caudal 10 será más prontamente comprendido con referencia a las figuras 2^a, 3^a y 4^a, las cuales, de una menra simplificada, ilustran el principal básico del invento presente. Cuando el conducto 14 oscila en condiciones de no circulación, 10 la pata de entrada 18 y la pata de salida 20 se inclinan doblándose en el eje W-W esencialmente en un modo de pura viga, es decir, sin torsión. En consecuencia, conforme se representa en al figura 2^a, la pata base 19 mantiene una posición angular constante alrededor del eje 0-0 a lo largo de toda la oscilación. Sin embargo, cuando es iniciado 15 el caudal, el fluido que se mueve radialmente desde el eje W-W a través de la pata de entrada 18 genera una primera fuerza Coriolis perpendicular a la dirección del caudal y perpendicular al eje W-W y mientras afluye en la 20 pata de salida 20 genera una segunda fuerza Coriolis nuevamente perpendicular a la dirección radial de caudal, pero en una dirección opuesta a la de la primera fuerza Coriolis puesto que va en dirección opuesta. En consecuencia, tal como se representa en la figura 3^a, conforme 25 la pata base 19 pasa a través del punto-medio de la osci-

1 lación, las fuerzas Coriolis generadas en la pata de en-
trada 18 y la pata de salida 20 impone un par de fuerza
sobre el conducto de forma de "U" 14 por medio del cual
la pata base 19 gira angularmente alrededor del eje 0-0.
5 La deformación es, a la vez, una deformación de curvatura
de viga y una deformación torsional esencialmente en la
pata de entrada 18 y la pata de salida 20. Como resulta-
do de la elección de frecuencias y la configuración del
conducto de forma de "U" 14, esencialmente todos de la
10 fuerza resistiva al par de fuerza Coriolis son de la na-
turaleza de una deformación elástica de muelle, evitando
con ello la necesidad y la complicación de las fuerzas -
restorativas de arrastre de velocidad y las fuerzas opo-
nentes de inercia. Dada una substancialmente constante -
15 frecuencia y amplitud, la medición de la deformación an-
gular de la pata base 19 alrededor del eje 0-0 en el pun-
to-medio nominal de la oscilación, proporciona una indi-
cación segura y precisa del caudal másico. Esto propor-
ciona una mejora y perfeccionamiento substancial sobre
20 el anterior artificio. Sin embargo, como un más signifi-
cante aspecto del presente invento, la determinación de
la deformación de la pata base 19 relativa al plano de
medio-punto nominal no deformado alrededor del eje 0-0 en
función de la diferencia de tiempo entre el instante de
25 la pata principal, es decir, la pata de salida en el caso

1 de la figura 3ª, sobrepasa tal plano, evita la necesidad
de mantener la frecuencia constante y amplitud, puesto -
que las variaciones de amplitud van acompañadas por va-
5 riaciones de compensación de la velocidad de la pata ba-
se 19. En consecuencia, simplemente accionando el conduc-
to de forma de "U" -14- en su frecuencia resonante, las
mediciones de tiempo pueden hacerse de una manera que se
rá discutida con más detalle, sin preocupación por la
concurrente regulación de amplitud. Sin embargo, si las
10 mediciones se hacen menos en una dirección, es decir, la
dirección ascendente de la figura 3ª, sería necesario man-
tener una alineación angular exacta de la pata base 19 -
relativo al plano nominal de medio punto. Incluso este
requisito puede eludirse mediante, en esencia, restar las
15 mediciones de tiempo en la dirección ascendente represen-
tada en la figura 3ª y en la dirección descendente repre-
sentada en la figura 4ª. Como puede fácilmente apreciar-
se por cualquiera especializado en este arte, el movimien-
to en la dirección descendente, como en la figura 4ª, in-
20 vierte la dirección del par de fuerza Cariolis y, en con-
secuencia, según se representa en la figura 4ª invierte
la dirección de deformación como resultado del par de -
fuerza Cariolis.

Resumiendo, ampliamente indicado, el conducto
25 de forma "U" 14, teniendo características de frecuencia

1 específicas, aunque solamente características generales
de configuración física, se le hace simplemente oscilar
alrededor del eje W-W. El caudal a través del conducto de
forma "U" 14, induce a la deformación del muelle en el -
5 conducto de forma "U" 14 resultante, como elementos de
medición convenientes, en movimiento angular de la pata
base 19 alrededor del eje O-O inicialmente en una primera
dirección angular durante una fase de la oscilación y,
después, en la dirección opuesta durante la otra fase de
10 oscilación, Aunque, mediante el control de amplitud, las
mediciones de caudal pueden hacerse por la medición di-
recta de deformación o desviación, es decir, la marca es-
troboscópica iluminando la pata base 19 en el punto me-
dio de oscilación con, por ejemplo, una escala análoga fi-
15 jada adyacente a las porciones terminales y un indicador
o señalizador llevado por la pata base 19, un modo pre-
ferente de medición implica la determinación de la dife-
rencia de tiempo entre el momento en que los bordes de -
entrada y de salida de la pata base 19 se desplazan a tra-
20 vés del plano de medio punto. Esto elimina la necesidad
de controlar la amplitud. Además, mediante la medición de
las deformaciones de oscilación ascendente y las deforma-
ciones de oscilación descendentes en el modo de medición
de tiempo, las anomalías resultantes de la desalineación
25 física del conducto de forma de "U" 14 en relación con el

1 plano de medio punto son anuladas de los resultados de la medición.

Los esencialmente convencionales -dadas las -
arriba mecionadas consideraciones de los fines de este -
5 invento aspectos electrónicos del invento serán más fá-
cilmente comprendidos con referencia a las figuras 5ª a
8ª.

Conforme se representa en la figura 5ª, el cir-
cuito de impulso 27 son unos sencillos elementos para de-
10 tectar la señal generada mediante el movimiento de la mag-
neto 25 en un carrete sensor 23. El detector 39 compara
el voltaje producido por el carrete sensor 23 con el vol-
taje de referencia 37. Como resultado de ello, la gana-
cia del amplificador del carrete de fuerza 41 es una fun-
15 ción de la velocidad de magneto 25 dentro del carrete -
sensor 23. Así pues, la amplitud de la oscilación del con-
ducto de forma "U" 14 es pronta y fácilmente controlada.
Puesto que al conductor de forma "U" 14 y el brazo de re-
sorte 22 están autorizados a oscilar en sus frecuencias
20 resonantes, no se requiere el control de frecuencia.

El conjunto de circuito de la figura 5ª propor-
ciona información adicional. La capacidad de salida del -
amplificador del carrete de fuerza 41 es una señal sinu-
soidal en la frecuencia resonante del conducto de forma
25 "U" 14. Puesto que la frecuencia resonante está determina

1 da por la masa y constante de resorte del sistema de os-
cilación, y, dado el hecho de que la constante de resor-
te es fija y la masa cambia solamente según la densidad
del líquido que afluye a través del conducto (la masa -
5 del conducto claramente no cambia), podrá apreciarse que
cualquier cambio de frecuencia es una función del cambio
de densidad del líquido que circula a través del conduc-
to. Así pues, dado que el periodo de tiempo de la osci-
lación puede ser determinado, es una cuestión sencilla -
10 el contar un oscilador de frecuencia fija durante el pe-
riodo de tiempo para determinar un factor de densidad.
Una vez generado, el factor de densidad puede ser conver-
tido a densidad líquida mediante, por ejemplo, una carta
o gráfico, dado que el periodo de tiempo no es una fun-
15 ción lineal de densidad, sino solamente una función de-
terminable de la misma. Si se deseara una lectura direc-
ta, puede fácilmente programarse un microelaborador (cal-
culadora electrónica) para convertir el factor densidad
directamente en densidad de fluido.

20 La naturaleza y función del circuito de lectu-
ra 33 será más fácilmente comprendido con referencia al
circuito lógico ilustrado en la figura 6a y los pertinen-
tes diagramas de distribución de las figuras 7a y 8a. El
circuito de lectura 33 está conectado al sensor lateral
25 de entrada 43 y sensor lateral de salida 44 los cuales

1 desarrollan señales cuando banderas 45 y 46 llevadas -
sobre la pata base 19 pasan por el respectivo sensor en
aproximadamente el punto medio del plano A-A la oscila-
ción del conductor de forma "U" 14. Tal como se represen-
5 ta, el sensor de entrada 43 está conectado a través del
amplificador inversor 47 y el inversor 48 mientras el -
sensor lateral de salida 44 está similarmente conectado
a través de un amplificador inversor 49 e inversor 50.
La línea 52, la salida del inversor 50, proporciona, co-
10 mo resultado de la doble inversión, una señal positiva
en el lado de ajuste del basculador 54. De modo similar,
la línea 56 facilita la salida del inversor 48, nuevamen-
te una señal positiva, el lado de reposición del bascu-
lador 54. En consecuencia, el basculador 54 será fijado
15 sobre la salida de una señal positiva del sensor 44, y
reajustado en la subsiguiente salida de una señal posi-
tiva del sensor 43.

De manera similar, la línea 58 facilita la se-
ñal invertida del sensor 43 a través del amplificador in-
20 versor 47 en el lado fijo del basculador 60, mientras la
línea 62 proporciona la salida del amplificador inversor
49 al lado de reposición del basculador 60. Así pues, el
basculador 60 debe ser fijado sobre la salida de una se-
ñal negativa del sensor 43 y repuesta sobre la subsiguien-
25 te salida de una señal negativa del sensor 44. La salida

1 del basculador 54 está conectada a través de la línea 63
a una compuerta lógica tal como la compuerta AND 64. Las
compuertas AND 64 y 66 están ambas conectadas a la sali-
da del oscilador 67 y, en consecuencia, sobre la salida
5 del basculador 54, la señal del oscilador 67 es sincroni-
zada a través de la compuerta AND 64, a la línea 68 y al
lado de contado descendente del contador ascendente-des-
cendente 70. De modo similar, a la salida de una señal -
del basculador 60, la salida del oscilador 67 es sincro-
10 nizado a través de la compuerta AND 66 a la línea 69 conec-
tada al lado de contado ascendente del contador alternati-
vo 70 (ascendente/descendente).

Así pues, en funcionamiento, el circuito de -
lectura 33 proporciona una señal de contado descendente
15 en la frecuencia del oscilador 67 al contador alternativo
70, durante el periodo en que el sensor 44 es activado -
con anterioridad a la activación del sensor 43 durante el
movimiento descendente del conductor de forma "U" 14, -
mientras una señal de contado ascendente es provista para
20 el contador alternativo 70 durante el periodo en el cual
el sensor 43 es activado con anterioridad a la activación
del sensor 44 durante el movimiento ascendente del con-
ducto de forma de "U" 14.

La significación e importancia del circuito de
25 lectura 33 será más fácil y prontamente apreciada con re-

1 ferencia al diaframa de distribución de la figura 7ª y la
figura 8ª. En la figura 7ª, las formas de onda están ilus-
tradas por las condiciones en que el conducto de forma de
"U" 14, se hace oscilar en una situación de no-circula-
5 ción, pero en el cual las banderas 44 y 46 no están pre-
cisamente estáticamente alineadas con el plano A-A. Así
pues, conforme se representa en el diagrama de distribu-
ción, el sensor 44 inicialmente se conecta positivamente
pronto en relación al tiempo ideal representado por las
10 líneas verticales en el recorrido ascendente, y se conec-
ta negativamente tarde en el recorrido descendente como -
resultado de la desalineación de la bandera 46. Por otra
parte, el sensor 43 se conecta positivamente tarde en el
recorrido ascendente y se conecta negativamente pronto -
15 en el recorrido descendente. Sin embargo, cuando las sa-
lidas de los basculadores 54 y 60 y considerando, además,
que estos basculadores proporcionan bien señales de con-
tado descendente o contado ascendente, respectivamente,
en el contador alternativo 70, podrá verse que el bascu-
20 lador 54, que está operando sobre el borde positivo o de
entrada de las señales de los sensores 43 y 44, propor-
ciona una salida en el recorrido ascendente, mientras, en
vista de las banderas de orientación invariable 45 y 46,
el basculador 60 proporciona una salida similar en el re-
25 corrido descendente. Consiguientemente, en un ciclo com-

1 pleto, el contador alternativo (ascendente-descendente)
70 primeramente se cuenta en sentido descendente una can-
tidad limitada de recuentos mediante la salida del bascu-
lador 54, a través de la compuerta 64, y después se hace
5 un contado en sentido ascendente por una cantidad igual
mediante la salida del basculador 60 a través de la com-
puerta 66. En consecuencia, el contaje resultante en el
contador alternativo 70 es cero, representativo del esta-
do de no circulación.

10 Por otra parte, en condiciones de circulación
caudal, tal como se representa en la figura 8ª, el sensor
43 es activado más pronto que en la figura 7ª, como resul-
tado de la deformación de la pata base 19 mediante el par
de fuerza Coriolis resultante del caudal de fluido, según
15 se ha considerado más arriba. Similarmente, el sensor 44
es activado más tarde por una razón idéntica. Así pues,
en el recorrido ascendente, el basculador 54 es activado
durante un periodo substancialmente más prolongado que en
las condiciones de la figura 7ª, puesto que la desalineación
20 ción de las banderas 45 y 46 es añadida a la deformación
de la pata base 19 mediante el par de fuerza Coriolis en
el movimiento ascendente. Por otra parte, en el movimien-
to descendente, es decir, generando el borde de salida o
negativo de las señales de los sensores 43 y 44, el par -
25 de fuerzas Coriolis es invertido, dando así lugar a que el

1 sensor 43 sea desactivado más pronto y el sensor 44 sea
desactivado más tarde. En consecuencia, el basculador 60
es activado durante un periodo de tiempo disminuído. Co-
mo se ve claramente por los tiempos relativos de activa-
5 ción de los dos basculadores, el periodo de contado des-
cendente del contador alternativo 70 es substancialmente
más largo que el periodo de contado ascendente resultan-
te de la activación del basculador 60. El contaje resul-
tante incrementado en el lado de contado descendente del
10 contador alternativo 70 es una indicación precisa y exac-
ta del caudal en un periodo de oscilación. El contaje en
el contador alternativo 70, después de un número determi-
nado de oscilaciones, es directamente proporcional al -
caudal másico en el conductor de forma de "U" 14, duran-
15 te ese periodo de tiempo. El número de oscilaciones puede
ser determinado mediante, por ejemplo, el contaje del nú-
mero de activaciones de, como un ejemplo típico, del bas-
culador 54 en el contador descendente 71 conectado a la
salida del basculador 54 por medio de la línea 72. Así,
20 ante la incidencia de las salidas "N" del basculador 54,
el contador descendente 71 es activado y, a su vez, acti-
va el ordenador de secuencias lógicas 74. El ordenador -
de secuencias lógicas 74 está conectado al oscilador 67,
y en la frecuencia del oscilador 67, primero engancha el
25 accionador del descifrador de enganche 77 a través de la

1 línea 78 y después vuelve a fijar el contador alternativo
70 a través de la línea 75. Así pues, hasta que el orde-
nador de secuencias lógicas 74 sea nuevamente activado -
después de las salidas "N" del basculador 54, la exposi-
5 ción 80 indica el recuento acumulado del contador alter-
nativo 70 en el momento de la interrogación del mismo y,
consiguientemente exhibe la medida de caudal másico du-
rante el periodo de las oscilaciones "N".

10 El total caudal másico para un periodo de re-
posición o reajuste seleccionado está similarmente pre-
visto en el hecho de que la capacidad de salida del con-
tador alternativo 70 es suministrado al integrador digi-
tal 82 el cual está también conectado al oscilador de -
cristal 84. Así pues, los recuentos desde el contador -
15 alternativo 70 están integrados con respecto al tiempo,
es decir, la frecuencia fija, estabilizada del oscilador
84, y la integral prevista para enganchar el impulso des-
cifrador 85, el cual, a su vez, está conectado a la ex-
hibición 87 para proporcionar una lectura total del cau-
20 dal másico durante el periodo desde la última activación
de reposición 88, es decir, un interruptor conectado al
integrador digital 82.

25 Conforme se describe más arriba, el factor de
densidad puede también ser determinado independiente de
las mediciones de caudal másico mediante la activación -

1 del basculador 90 en la frecuencia horaria de la salida
del basculador 54 a través de la línea 92. La salida del
basculador 90 está prevista en la compuerta AND 94, la -
cual, ante la activación del basculador 90 facilita el -
5 recuento del oscilador de cristal 84 al mando de cerrojo
del contador 96. Así pues, con información de tiempo en
función de los recuentos del oscilador de cristal 84, y
con la fecha del periodo de oscilación del basculador -
90, disponible el recuento del mando de cerrojo del con-
10 tador 96 es una función de densidad del fluido en el con
ducto de forma de "U" 14 y, consiguientemente, la lectu-
ra en la exposición 98 proporciona el factor de densidad
de que se ha tratado más arriba. Puesto que el factor -
densidad no es una función lineal del periodo de oscila-
15 ción del conductor de forma de "U" 14, la lectura en la
exposición 98 debe ser posteriormente elaborada, ya sea
manualmente a través de un gráfico o a través de un mi-
cro-elaborador para densidad o gravedades específicas -
por sí.

20 Resumidamente, podrá reconocerse que, en la -
incorporación más preferente del medidor de caudal 10 del
presente invento, se previene, conforme se desea, una -
medida instantanea del caudal másico, medida de caudal -
acumulativa sobre cualquier periodo determinado, infor-
25 mación de densidad respecto al fluido, y medida de caudal

1 volumétrico si se desea, es decir, mediante la división
de la medida de caudal másico por la densidad. Esto se
realiza, conforme a las fuerzas empíricas, en las medi-
das de precisión de 0.1 a 0.2 por ciento y, por ejemplo
5 medirán el caudal de gas en proporciones de medidas comple-
tamente bajas de manera exacta y precisa. No hay necesi-
dad de regular la amplitud de la frecuencia del medidor
de caudal 10 en la incorporación preferente, es decir,
cuando se mide el período de tiempo entre la salida de
10 un sensor hasta la salida del otro sensor.

Otra incorporación del invento se representa
en la figura 9ª, en la cual el medidor de caudal másico
100, el cual es similar en muchos aspectos al dispositi-
vo del medidor de caudal 10, aparece ilustrado. Según se
15 representa, el medidor de caudal 100 incluye una base 102
y un conducto de forma de "U" 104 que se extiende desde
el mismo en una manera de montaje substancialmente sóli-
da, es decir, exenta de dispositivos pivotantes. El con-
ducto de forma de "U" 104 incluye una entrada 105 y sali-
20 da 106 las cuales comunican con la pata de entrada 108 y
la pata de salida 109, respectivamente. Las patas 108 y
109 están dispuestas para pivotar en los puntos 112 y -
114, a lo largo del eje W'-W' para permitir la oscilación
del conducto de forma de "U" 104 alrededor del eje W'-W'.
25 Esto puede ser facilitado por, por ejemplo, un adelgaza-

1 miento de las paredes del conducto de forma de "U" 104 y
pivotes 112 y 114, pero tales puntos de pivote son zonas
continuas del conducto de forma de "U" 104 y pueden ser
tubos no modificados. La pata base 116 conecta la pata de
5 entrada 108 y la pata de salida 109 completando así el
conducto de forma de "U" 104.

Contrariamente a la incorporación preferente -
del medidor de caudal 10, el conducto de forma de "U" 104
puede, ventajosamente, tener menos resistencia a la cur-
10 vatura alrededor del eje de deformación de la fuerza Co-
riolis que alrededor del eje de oscilación $W'-W'$, puesto
que la deformación de la fuerza Coriolis está anulada. -
Las magnetos 118 incluidas en la pata base 116 por medio
de los soportes 119 interactúan entre sí con el carrete -
15 de impulso 120 para hacer oscilar el conducto de forma -
de "U" 104. Preferentemente, el carrete de impulso 120 es
llevado sobre una hoja de resorte en voladizo 122, que -
está pivotantemente montada adyacente al eje $W'-W'$ y de
una frecuencia natural substancialmente equivalente a la
20 del conducto de forma de "U" 104 que transporta en el mis-
mo el fluido de que se está tratando. Desde luego, el mon-
taje de la magneto 118 y el carrete de fuerza 120 pueden
ser invertidos, es decir, en el conducto 104 y la balle-
ta o resorte de hojas 122, respectivamente. También, el
25 resorte de hojas 122 puede ser también omitido completa-

1 mente cuando la base 102 es de masa substancial e impor-
tante comparado con la masa del conducto de forma de "U"
104 y el material fluidificado que circula y afluye a tra-
vés del mismo. Sin embargo, en la mayoría de los casos,
5 se prefiere hacer oscilar el conducto de forma de "U" 104
y el resorte de hojas 122 en una frecuencia común menos
de 180° fuera de fase para internamente compensar las -
fuerzas dentro del medidor de caudal 100 y evitar la vi-
bración de la base 102.

10 La pata base 116 transporta magnetos 125 y 126
las cuales dependen de la misma en sentido descendente.
La magneto 125 está dispuesta dentro del carrete sensor
128 montado en la base 102, mientras que la magneto 126
está dispuesta similarmente dentro del carrete sensor 129
15 montado también sobre la base 102. La magneto 125 se ex-
tiende dentro del carrete de fuerza 131, dispuesto simé-
tricamente con el carrete sensor 128, mientras que la mag-
neto 126 se extiende dentro del carrete de fuerza 132 si-
milarmente montado en relación con el carrete sensor 129.
20 Los elementos de sensibilidad de deflexión 133 y 134, -
los cuales se representan de manera simplificada en la -
figura 9ª, pero con más detalle en las figuras 11ª a la -
13ª, están colocadas adyacentes a la intersección de las
patas de entrada 108 y 109 y pata base 116.

25 Volviendo ahora a la figura 10ª, que establece

1 los detalles del circuito no representados en la figura
9^a, debe hacerse observar que los carretes sensores 128
y 129 están conectados en serie, de manera tal que el
movimiento de las magnetos 125 y 126 en los carretes sen-
5 sores 128 y 129 generarán una señal sinusoidal "A" con
una amplitud proporcional a la velocidad del conducto de
forma de "U" 104.

Esta señal, la magnitud de la cual es propor-
cional a la velocidad de movimiento de las magnetos 125
10 y 126 y, consiguientemente, una función de la amplitud
de oscilación del conducto de forma de "U" 104, está pre-
vista en el amplificador de AC 135, y en el diodo 136,
que permite solamente la porción positiva de la señal si-
nusoidal al capacitador de carga 137. En consecuencia,
15 la entrada desde el diodo 136 y capacitador 137 al ampli-
ficador diferencial 138 está determinada por la magnitud
de la señal sinusoidal. El amplificador diferencial 138
compara tal entrada con el voltaje de referencia VR_1 . Así
pues, si el voltaje del capacitador 137 excede de VR_1 , el
20 amplificador 138 expulsa una señal más fuerte. La salida
del amplificador de AC 135, que es, desde luego, una se-
ñal sinusoidal en fase con la oscilación del tubo de for-
ma de "U" 104 y de una magnitud determinada por el con-
trol de ganancia expulsado por el amplificador diferen-
25 cial 138, impulsa el carrito 120 para mantener la oscila-

1 ción deseada del tubo de forma de "U" 104. La señal A es
también suministrada a un puente formado de las resisten-
cias 140, 141, 142 y fotoresistencia 143. La resistencia
144 está incluida en un circuito de realimentación entre
5 las resistencias 140 y 142, y la salida de la intercon-
exión de resistencias 140, 142 y 144 es conectada a, por
ejemplo, la menor entrada del amplificador diferencial
145. Una fuente de luz variable, tal como LED 147, está
conectada a través de la resistencia 148 a la salida del
10 servo-amplificador 150. El servo compensador 152 es un -
expediente convencional en los servo sistemas, conforme
se describe en Feedback Control Systems, Analysis and -
Synthesis, por D'Azo and Hopuis, publicado por McGraw -
Hill, 1966, forma el circuito de realimentación entre una
15 entrada de de servo amplificador 150 y la salida del mis-
mo. La señal B que es una señal de DC, proporcional a la
pequeña, no anulada deformación del conductor de forma de
"U" 104 generada según se describe a continuación con -
respecto a las figuras 11ª, 12ª y 13ª, está conectada a
20 través de una resistencia 153 a una entrada del servo -
amplificador 150. La salida del servo amplificador 150 -
está referenciada al voltaje VR_2 y conectada a través de
una resistencia 148 a LED 147. Así pues, como una función
de la magnitud de la señal B con respecto al servo ampli-
25 ficador de impulso VR_2 150, la intensidad de LED 147 es

1 regulada. Por ejemplo, la resistividad de la fotoresis-
tencia 143 disminuye ante un aumento de intensidad de LED
147, disminuyendo con ello la señal suministrada a la en-
trada positiva del amplificador diferencial 145 relativa-
5 a la que va a través de las resistencias 140 y 142 a la
entrada negativa de la misma. Así pues, la salida del
amplificador diferencial 145 está 180° fuera de fase con
la señal A, puesto que la entrada positiva al mismo es -
disminuida mientras que la entrada negativa no lo es. En
10 resumen, conforme la señal B aumenta, LED 147 es amorti-
guado y la fotoresistencia 14 aumenta de resistividad, es-
to hace que la salida del amplificador diferencial 145 -
en fase con la señal A aumante. La salida del amplifica-
dor diferencial 145 está conectada a los carretes de fuer-
15 za 131 y 132, los cuales, según se describe más arriba,
son soportados sobre la base 102 y conectado en serie y
fuera de fase. Así pues, la corriente a través de los ca-
rretes de fuerza 131 y 132 crea, con referencia a la fi-
gura 9ª, un momento torsional mediante la atracción, por
20 ejemplo, de la magneto 125 y el rechazo de la magneto 126
estando ambos conectados a la pata base 116. Este momento
torsional a través de la pata base 116 anula la deforma-
ción de la pata base 116 como un resultado de las fuerzas
Coriolis generadas por el caudal a través del conducto de
25 forma de "U" 104.

1 Las resistencias 155, 156 ó 157 son conectables
por medio del interruptor 159 y, a los carretes de fuerza
131 y 132 proporcionando con ello una carga elegible para
ajustar el factor de escala y proporcionar un momento de
5 torsión mayor o menor sobre la pata base 116. La salida
de los carretes de fuerza conectados en serie 131 y 132
están también conectados como una entrada al demodulador
síncrono 162, lo cual será descrito con más detalle con
referencia a la figura 14ª. La salida del demodulador sín-
10 cromo 162 es una señal DC proporcional a la medida de cau-
dal másico y, consiguientemente, proporciona una medición
de la medida de caudal másico. Un medidor de voltaje DC
(no representado) puede ser conectado a la salida del -
demodulador síncrono 162 para proporcionar una lectura -
15 visual de la medida de caudal másico a través del conducto
de forma de "U" 104, o la señal DC puede ser directamente
empleada, por ejemplo, en un circuito de control para -
otro equipo.

Tal como se representa en la figura 11ª, los -
20 sensores de deflexión 133 y 134 pueden comprender, por
ejemplo, una bandera izquierda 164 y bandera derecha 165,
las cuales dependen del conducto 104. La bandera izquier-
da fija 166 y la bandeja derecha fija 167 están montadas
sobre la base 102. En consecuencia, conforme la pata base
25 116 oscila, las banderas 164 y 165 impedirán que la luz de

1 las fuentes de luz 169 y 170 lleguen a los fotosensores
181 y 182, respectivamente. Preferiblemente, el punto en
el cual las banderas 164 y 166 y 165 y 167 se entrecru-
zan para bloquear la luz, está aproximadamente en el pun-
5 to medio de la oscilación de la pata base 116, pero un
conjunto de banderas puede ser separado algo del otro -
con respecto al punto de interferencia. Deberá reconocer
se que, en el caso de deformación de la pata base 116 -
angularmente relacionada con la base 102 como resultado
10 de fuerzas Coriolis generadas por circulación a través
del conducto de forma de "U" 104, un cambio en el lapso
de tiempo existirá entre la ocultación por las banderas
164 y 166 y las banderas 165 y 167. La diferencia de -
tiempo, y sentido, dependerá, en un tipo de oscilación
15 fijo de la pata base 116, las fuerzas Coriolis generadas
y la dirección de oscilación. El fotosensor 181 está co-
nectado al basculador 185 en el lado de reajuste y 186 -
en el lado de reajuste, siendo la conexión al basculador
186 a través del inversor 188. Los capacitadores de dife-
20 renciación 191 y 192 están incluidos en la entrada de
reposición. Similarmente, el fotosensor 182 está conec-
tado al lado fijo del basculador 185 y, a través del in-
versor 189 al lado fijo del basculador 186 con capacita-
dores de diferenciación 193 y 194 similarmente incluidos
25 en las entradas. Así pues, conforme las banderas 164 y

1 166 se cierran, una señal positiva es generada por el -
fotodetector 181 el cual activa el lado de reposición o -
reajuste del basculador 185 y, conforme las banderas 165
y 167 se cierran, una señal positiva es similarmente ge-
5 nerada por el fotodetector 182 para activar el lado fijo -
del basculador 185. En consecuencia, el basculador 185
es activado durante el periodo entre el cierre de tales
conjuntos de banderas. Por otra parte, la abertura de -
las banderas 164 y 166, y 165 y 167, genera un borde de
10 caída, o señal negativa, de los fotodetectores 181 y 182,
respectivamente, los cuales similarmente activan el bas-
culador 186 a través de inversores 188 y 189. Consiguie-
nientemente, el basculador 186 es activado durante el periodo
entre la abertura de un conjunto de tales banderas y el
15 otro conjunto. Las salidas del basculador 185 y 186 están
previstas, a través de resistencias 195 y 196, respecti-
vamente, para las entradas del integrador diferencial -
198. El capacitador integrador 200 se habilita en aso-
ciación con la resistencia 195, mientras que el capacita-
20 dor integrador 201 está previsto en asociación con la re-
sistencia 196 en aquellas entradas que proporcionan la -
capacidad de integración.

La señal de salida B del integrador diferencial
198 depende así de los periodos de activación de los bas-
25 culadores 185 y 186. En el caso de que la pata base 116

1 esté simplemente oscilando sin deformación, las diferen-
cias de tiempo entre la abertura y cierre de las banderas
será substancialmente constante y las entradas al integrá
dor diferencial 198 esencialmente idénticas, no propor-
5 cionando con ello ninguna señal B. Por otra parte, en el
caso de que sean generadas fuerzas Coriolis, la pata base
116 será deformada y desviada en una dirección destrógira
(en el sentido de las agujas del reloj) en un recorrido
de la oscilación, y en una dirección siniestrógira (sen-
10 tido contrario a las agujas del reloj) en el otro reco-
rrido. Así pues, el cierre en un lado de las banderas se
hará prontamente en un recorrido y tarde en el otro, mi-
entras que el otro conjunto de banderas se retrasará en el
primer recorrido y se realizará más pronto en el otro. La
15 activación de los basculadores 185 y 186, por lo tanto, -
no será para iguales longitudes de tiempo, y el integra-
dor diferencial 198 lanzará fuera una apropiada señal DC
B de un sentido deseado en más o en menos, dependiendo de
la fase de la deformación de la pata base 116 relativa a
20 la carrera ascendente/descendente.

Otra disposición para proporcionar el mismo re-
sultado se representa en la figura 12ª. Conforme se repre-
senta, los medidores de deformación 204 y 205 están mon-
tados adyacentes a la intersección de la pata de entrada
25 108 y la pata base 116, y la pata de salida 109 y la pata

1 base 116, respectivamente. Los medidores de deformación
204 y 205, que pueden considerados como resistencias va-
riables dependientes de la deformación de la porción ad-
yacente de los conductos de forma de "U" 104, están co-
5 nectados con las resistencias 207 y 208 para formar un
circuito de puente comunicando con una fuente de voltaje
según se indica, y conectado al amplificador diferencial
AC 210. En el caso de sencilla oscilación del conducto
de forma de "U" 104, la resistividad de los medidores de
10 deformación 204 y 205 varían igualmente, proporcionando
con ello entradas esencialmente idénticas al amplifica-
dor diferencial de AC 210. Sin embargo, en el caso de -
deformación debida a las fuerzas Coriolis, uno de los me-
didores de deformación 204 y 205 aumentará de resistivi-
15 dad, mientras que el otro disminuye, proporcionando con
ello entradas diferentes al amplificador diferencial AC
210 y proporcionando una salida en la forma de una señal
AC proporcional en magnitud y sentido a las diferentes -
deformaciones o esfuerzos impuestos sobre los medidores
20 de deformación 204 y 205.

La salida del amplificador diferencial AC 210
está prevista para el demodulador sincrónico 211, el cual,
en unión con la señal A, proporciona una salida DC pro-
porcional en magnitud y sentido a la deformación del con-
25 ducto de forma de "U" 104 como resultado de las fuerzas

1 Coriolis. El demodulador síncrono 211 es similar el demodulador síncrono más arriba descrito 162, el cual será - descrito con más detalle con referencia a la figura 14ª.

Una disposición algo similar para generar la --
5 señal B es ilustrada en la figura 13ª. Sin embargo, en este caso, el elemento de pivote 215 está montado centralmente sobre la pata base 116 y transporta una barra de inercia 217 la cual está libre para girar alrededor del elemento de pivote 215 y oscilar sobre el mismo. Los --
10 cristales 219 y 220 están conectados entre la barra de inercia 217 y la pata base 116. Así pues, si la pata base 116 soporta una simple oscilación, la barra de inercia 217 sigue simplemente la oscilación sin una tendencia a girar alrededor del elemento pivote 215. Sin embargo, en
15 el caso de deformación del conducto de forma de "U" 104 como resultado de las fuerzas Coriolis, la pata base 116 tiende a girar en relación con la barra de inercia 217, imponiendo con ello fuerzas en direcciones opuestas sobre los cristales 219 y 220 y generando así, como resultado
20 de un efecto piezoeléctrico, señales de cristales 219 y 220. Las salidas de los cristales 219 y 220 están conectadas al amplificador diferencial AC 222 para proporcionar, conjuntamente con la señal A, una señal B de DC de una magnitud y sentido proporcional a la deformación
25 del conducto de forma de "U" 104. Desde luego, debe quedar

1 bien entendido que una fuente de voltaje y medidores de
deformación pueden ser convenientemente utilizados en -
lugar de los cristales 219 y 220.

5 El demodulador síncrono 162, descrito más arri-
ba con referencia a la figura 10^a y, consiguientemente,
similar a los demoduladores síncronos 211 y 224, es des-
crito con más detalle en la figura 14^a. Según se represen-
ta, la señal de entrada en la forma de una señal de AC -
está prevista en la línea de entrada 225 al enrollado -
10 primario 227 de un transformador. Enrollados secundarios
228 que tienen una conexión a tierra común, están, como
se indica por la polaridad, enrollados en direcciones -
opuestas. Así pues, la salida de los terminales o extre-
mos opuestos de los bobinados/enrollados secundarios 228
15 estarán fuera de fase por 180°. Los elementos de conmuta-
ción o conexión, en forma de transistores FET 230 y 231
están provistos en las salidas de los bobinados secunda-
rios 228. El comparador 233, que está conectado a la se-
ñal A, lanza fuera señales positivos o negativos depen-
diendo de la relación de la señal A con referencia al vol-
20 taje VR_3 . La salida del comparador 233 así pues es una -
señal de onda cuadrada de sentido positivo o negativo, y
está prevista para el inversor 235 que invierte la señal.
Así pues, una porción de la señal de onda cuadrada gira
25 al conectar con los medios 230 mientras los elementos de

1 contacto 231 se desconectan, y la otra porción hace gi-
rar los elementos de conexión 231, mientras los elementos
de conexión 230 están desconectados. En consecuencia, la
porción de señal de entrada 225, que está en fase con la
5 señal A, está prevista para el circuito RC 237 formado
de la resistencia 238 y del capacitador 239 el cual lanza
una señal DC que es proporcional a la raíz cuadrada de
la entrada al filtro 237. Esta salida DC constituye la
lectura según se describe más arriba, es decir, una se-
10 ñal DC proporcional al caudal másico a través del conduc-
to de forma de "U" 104.

En resumen, el medidor de caudal 100 descrito
más arriba, utiliza los sensores de deflección 133 y 134
para detectar la magnitud y sentido, de las deflecciones
15 pequeñas, incipientes del conducto de forma de "U" 104 -
debido a las fuerzas Coriolis y generar una señal DC de
un sentido y magnitud proporcionales a tal deflección.
La señal DC, señal B, es en esencia una señal de reali-
mentación la cual regula las fuerzas nulas generadas por
20 los carretes de fuerza 131 y 132 para producir una con-
trafuerza, impidiendo así una deformación apreciable más
allá de la deformación incipiente sentida. Los carretes
de sentido 128 y 129, además de mantener la frecuencia -
de oscilación del conducto de forma de "U" 104

1 a través del circuito de impulso descrito más arriba, -
también proporciona la señal A, una señal que está en -
fase con las fuerzas Coriolis, proporcionando así la -
adecuada modulación de los carretes de fuerza 131 y 132,
5 la adecuada sincronización de la salida del amplificador
de AC 135 para accionar el conducto de forma de "U" 104
y la apropiada demodulación de la señal sincronona de -
los carretes de fuerza 131 y 132 para producir una sali-
da DC proporcional a la medida del caudal másico.

10 Aunque los dos medios generalmente preferidos
para la medición de fuerzas Coriolis son descritos en -
detalle más arriba, es decir, permitiendo la deflección
elástica del conducto y midiendo la deflección, o anulando
15 la fuerza para evitar la deflección y medición de la
fuerza de anulación, existen otros medios generalmente -
menos deseables. En cualquier caso, mediante la utiliza-
ción de un conducto de forma de "U" sólidamente montado,
esencialmente libre de juntas sensitivas de presión o -
elementos de pivote, la oscilación y deflección puede -
20 fácilmente conseguirse y ser determinado el caudal másico
sobre amplias gamas de presión.

Aunque solamente incorporaciones limitadas -
preferentes del invento han sido ilustradas y descritas,
se preve que diversos cambios y modificaciones resulta-
25 rán visibles y apreciables para todos aquellos especiali

1 zados en este artificio, y que tales cambios pueden rea-
lizarse sin apartarse del objeto del invento según queda
definido en las siguientes reivindicaciones.

N O T A

5 En resumen, la presente solicitud recaerá sobre
las siguientes:

10

15

20

25

REIVINDICACIONES

1
5
10
15
20
25

1ª.- Método y aparato para medir el caudal de materiales fluidos a través de conductos oscilantes mediante la determinación de fuerzas Coriolis, caracterizados porque el aparato comprende un soporte, un conducto continuo de forma de "U" sólidamente montado en el extremo abierto de la "U" al soporte y que se extiende desde el mismo, en una manera no-articulada, de voladizo, un impulsor para la oscilación del conducto relativo al soporte en cualquier lado del plano estático del conducto de forma de "U" y alrededor de un primer eje de oscilación y un sensor para medir las fuerzas Coriolis que tienden a deformar elásticamente el conducto de forma de "U" alrededor de un segundo eje de desviación colocado substancialmente equidistante entre las patas laterales del conducto de forma de "U" y a través del eje de oscilación del mismo.

2ª.- Método y aparato para medir el caudal de materiales fluidos a través de conductos oscilantes mediante la determinación de fuerzas Coriolis, según la reivindicación 1ª, caracterizados porque el sensor para medir las fuerzas Coriolis comprende un dispositivo detector para medir la deflección angular del conducto de forma de "U", como resultado de la deformación elástica del conducto de forma de "U" alrededor del eje de deflección

1 segundo colocado substancialmente equidistante entre -
las patas laterales del conducto.

3^a.- Método y aparato para medir el caudal de
5 materiales fluidos a través de conductos oscilantes me-
diante la determinación de fuerzas Coriolis, según cual-
quiera de las reivindicaciones 1^a ó 2^a, caracterizados
porque la frecuencia resonante del conducto de forma de
"U" alrededor del eje primero de oscilación, es inferior
10 a la frecuencia resonante del conducto de forma de "U"
alrededor del eje segundo de deflección.

4^a.- Método y aparato para medir el caudal de
materiales fluidos a través de conductos oscilantes me-
diante la determinación de fuerzas Coriolis, según cual-
quiera de las reivindicaciones 1^a, 2^a ó 3^a, caracteriza-
15 do porque el impulsor para la oscilación del conducto -
comprende un magneto montada sobre el conducto de forma
de "U", un carrete sensor montado adyacente a la magneto,
y una fuente de energía para suministrar una corriente -
eléctrica al carrete de fuerza en respuesta a una señal
20 determinada por medio del movimiento de la magneto pasa-
do el carrete sensor.

5^a.- Método y aparato para medir el caudal de
materiales fluidos a través de conductos oscilantes me-
diante la determinación de fuerzas Coriolis, según la -
25 reivindicación 4^a, caracterizados porque el impulsor.-

1 comprende, además, un detector para identificar la ampli-
tud máxima de la señal generada por el carrete sensor, co-
mo resultado del movimiento relativo entre el carrete sen-
sor y la magneto y para hacer salir la corriente al ca-
5 rrete de fuerza de forma tal que se pueda mantener una -
amplitud de oscilación previamente seleccionada.

6ª.- Método y aparato para medir el caudal de
materiales fluidos a través de conductos oscilantes me-
diante la determinación de fuerzas Coriolis, según cual-
quiera de las reivindicaciones 1ª, a 5ª, caracterizados
10 porque el conducto de forma de "U" tiene acoplado al mis-
mo en el eje de oscilación un brazo resorte que tiene una
frecuencia resonante natural substancial a la del conduc-
to de forma de "U".

15 7ª.- Método y aparato para medir el caudal de
materiales fluidos a través de conductos oscilantes me-
diante la determinación de fuerzas Coriolis, según la -
reivindicación 6ª, caracterizado porque un carrete sen-
sor y un carrete de fuerza son transportados sobre el bra-
20 zo resorte o el conducto y una magneto posicionada adya-
cente al carrete sensor y al carrete de fuerza es llevado
sobre el otro del brazo resorte o conducto, con la magne-
to, carrete sensor y carrete de fuerza en conjunción con
un amplificador y detector de máxima comprendiendo el im-
25 pulsor para hacer oscilar el conducto alrededor del pri-

1 mer eje de oscilación.

5 8ª.- Método y aparato para medir el caudal de materiales fluidos a través de conductos oscilantes mediante la determinación de fuerzas Coriolis, según cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 7ª, caracterizados porque el primero y el segundo sensores están montados en posición adyacente al conducto de forma de "U", en posiciones simétricas relativas al segundo eje de deflexión y, substancialmente, en el punto-medio de oscilación del conducto, estando cada sensor adaptado para 10 dar salida a una señal conforme la porción adyacente del conducto de forma de "U" pasa a través del plano-medio de oscilación, e incluyendo, además, un cronómetro para medir el tiempo, o retraso de tiempo, entre las salidas 15 de señales por medio de los sensores, estableciendo con ello el grado de deflexión del conducto de forma de "U".

20 9ª.- Método y aparato para medir el caudal de materiales fluidos a través de conductos oscilantes mediante la determinación de fuerzas Coriolis, según la reivindicación 8ª, caracterizados porque un cronómetro viene a sustraer los retrasos de tiempo en una dirección de oscilación de los de la otra dirección de oscilación.

25 10ª.- Método y aparato para medir el caudal de materiales fluidos a través de conductos oscilantes mediante la determinación de fuerzas Coriolis, según la -

1 la reivindicación 8ª, caracterizados porque la salida -
desde el primero y segundo sensores están cada una de -
ellas conectada eléctricamente a un par de inversores -
en serie, las salidas de los primeros inversores de ca-
5 da serie están conectadas cada una a las entradas de po-
sición de un primer basculador, y las salidas de los se-
gundos inversores de cada serie están conectadas cada -
una a las entradas de posición y reposición de un segun-
do basculador, primera y segunda compuertas lógicas (na-
10 turales), estando la salida del primer basculador conec-
tada a una entrada de la primera compuerta lógica, y la
salida del segundo basculador viene a estar conectada a
una entrada de la segunda compuerta lógica, un oscilador
que aparece conectado a las entradas de ambas, o sea, la
15 primera y la segunda compuertas lógicas; la salida de la -
primera compuerta lógica está conectada a una entrada de
reloj de un contador alternativo, y la salida de la se-
gunda compuerta lógica está conectada a la otra entrada
del contador alternativo (ascendente-descendente).

20 11ª.- Método y aparato para medir el caudal de
materiales fluidos a través de conductos oscilantes me-
diante la determinación de fuerzas Coriolis, según la -
reivindicación 10ª, caracterizados porque una lectura -
está incluida para transferir y exhibir la salida del -
25 contador alternativo a un registro de exhibición ante la

1 incidencia de oscilaciones "N" del conducto de forma de
"U" como una lectura del caudal másico a través del mis-
mo y también incluyendo un generador de señal para la -
reposición del contador alternativo después de transfe-
5 rir al contador alternativo la salida al registro de ex-
hibición.

12^a.- Método y aparato para medir el caudal de
materiales fluidos a través de conductos oscilantes me-
diante la determinación de fuerzas Coriolis, según la -
10 reivindicación 10^a, caracterizados porque un oscilador
de frecuencia fija está incluido y en que la salida del
contador alternativo está conectada a un integrador di-
gital, estando el integrador digital también conectado a
la salida del oscilador de frecuencia fija, la salida -
15 integrada del integrador está conectada a una lectura -
de exhibición del caudal másico total, y además incluye
un generador de señales para la reposición, cerrado y ex-
posición de la salida del integrador digital ante la in-
cidencia de las oscilaciones "N" del conducto.

20 13^a.- Método y aparato para medir el caudal de
materiales fluidos a través de conductos oscilantes me-
diante la determinación de fuerzas Coriolis, según la -
reivindicación 2^a, caracterizados porque comprende un
contador de frecuencia para medir el periodo de tiempo -
25 de oscilación del conducto de forma de "U" y exhibición

1 del periodo de tiempo como una función pertinente de la
densidad de la afluencia de un líquido a través del con-
ducto de forma de "U".

5 14ª.- Método y aparato para medir el caudal de
materiales fluidos a través de conductos oscilantes me-
diante la determinación de fuerzas Coriolis, según la re-
reivindicación 1ª, caracterizados porque el sensor para
medir las fuerzas Coriolis comprende un detector para -
fijar la sensibilidad de deformación del conducto de for-
10 ma de "U" alrededor del eje segundo de deflexión coloca-
do substancialmente equidistante entre las patas latera-
les del conducto de forma de "U", teniendo un momento -
torsional que genera un circuito correspondiente al de-
tector de deformación para generar una fuerza del con-
15 tador para limitar la deformación a una deformación in-
cipiente, pequeña y un dispositivo de medición para de-
terminar la fuerza del contador.

20 15ª.- Método y aparato para medir el caudal de
materiales fluidos a través de conductos oscilantes me-
diante la determinación de fuerzas Coriolis, según las
reivindicaciones 1ª ó 14ª, caracterizados porque el de-
tector para determinar la deformación del conducto de -
forma de "U" alrededor de un segundo eje de deflexión
comprende una línea central que cruza los sensores colo-
25 cados cada uno adyacente a las patas laterales del con-

1 ducto de forma de "U" en, substancialmente, el punto-me-
dio de la oscilación alrededor del primer eje de oscila-
ción.

5 16ª.- Método y aparato para medir el caudal de
materiales fluidos a través de conductos oscilantes me-
diante la determinación de fuerzas Coriolis, según la
reivindicación 15ª, caracterizados porque la línea cen-
tral que atraviesa los sensores, cada una comprende un
par de banderas, una montada fija y la otra acoplada a la
10 pata lateral del conducto de forma de "U" y adaptada pa-
ra cubrir la bandera fija en aproximadamente el punto -
medio de la oscilación, una fuente de luz montada en un
lado de las banderas, y un detector fotosensitivo monta-
do en el otro lado de las banderas mediante lo cual la -
15 línea central cruzadora puede ser detectada mediante el
bloqueo de la fuente de luz del detector fotosensitivo
por medio de las banderas.

20 17ª.- Método y aparato para medir el caudal de
materiales fluidos a través de conductos oscilantes me-
diante la determinación de fuerzas Coriolis, según las
reivindicaciones 1ª ó 14ª, caracterizados porque el de-
tector para apreciar la deformación del conducto de forma
de "U" comprende un par de medidores de deformación aco-
plados uno de cada uno al conducto de forma de "U" adya-
25 centes a cada intersección de las patas laterales y pata

1 base del conducto de forma de "U", formando los medido-
res de deformación un circuito de puente que tiene una -
salida de señales proporcional a la deformación del con-
ducto de forma de "U" alrededor del segundo eje de de-
5 flección.

18ª.- Método y aparato para medir el caudal de
materiales fluidos a través de conductos oscilantes me-
diante la determinación de fuerzas Coriolis, según las
reivindicaciones 1ª 6 14ª, caracterizados porque el de-
10 tector para apreciar la deformación del conducto de for-
ma de "U", comprende una barra de inercia simétrica y -
pivotantemente montada en aproximadamente el punto-medio
de la pata base del conducto de forma de "U", y un par
de sensores de fuerza conectados cada uno entre cada ex-
15 tremo de la barra de inercia a las porciones adyacentes
de la pata base del conducto de forma de "U".

19ª.- METODO Y APARATO PARA MEDIR EL CAUDAL DE
MATERIALES FLUIDOS A TRAVES DE CONDUCTOS OSCILANTES ME-
DIANTE LA DETERMINACION DE FUERZAS CORIOLIS.

20 Según se describe en la presente memoria des-
criptiva que consta de cuarenta y ocho hojas, escritas
a máquina por una sola de sus caras y dibujos.

Madrid, 24 Julio 1978

Francisco Javier Plaza
P. P.

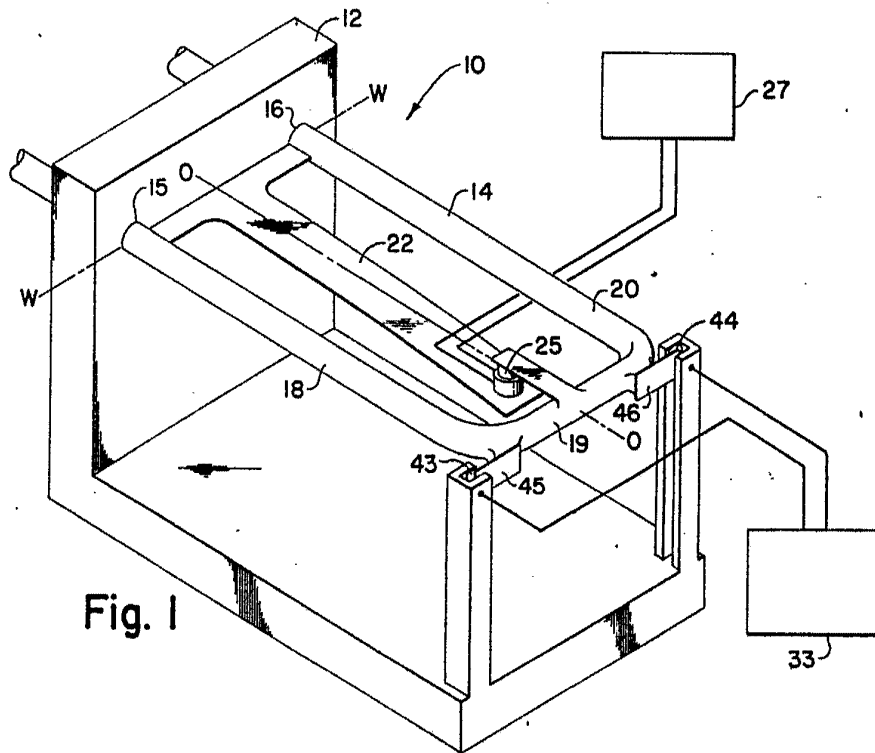


Fig. 1

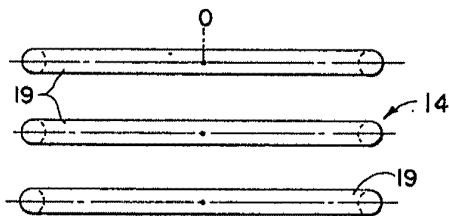


Fig. 2

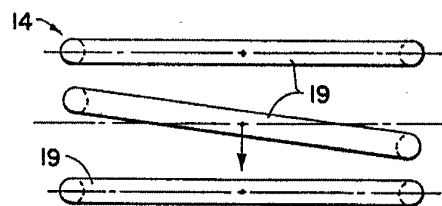


Fig. 4

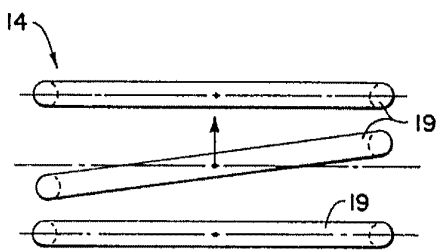


Fig. 3

ESCALA VARIABLE
Madrid, de 24 JUL 1978 de 19.....

Francisco Javier Plaza
P. P.

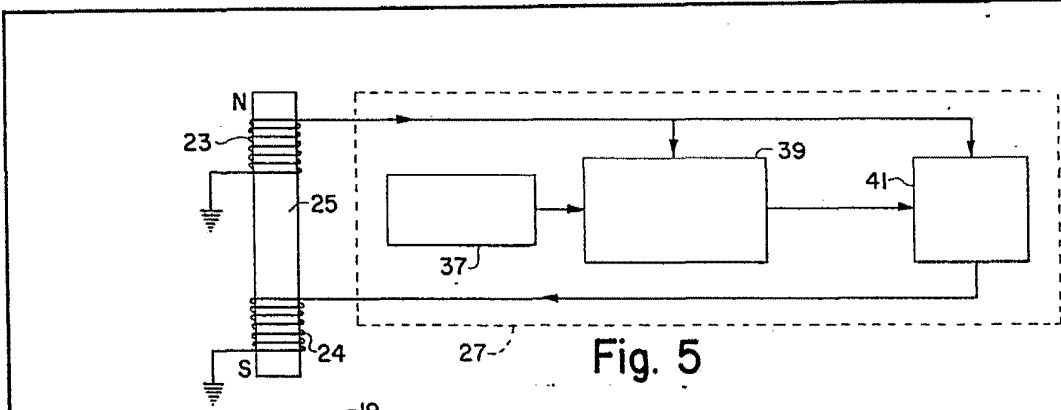


Fig. 5

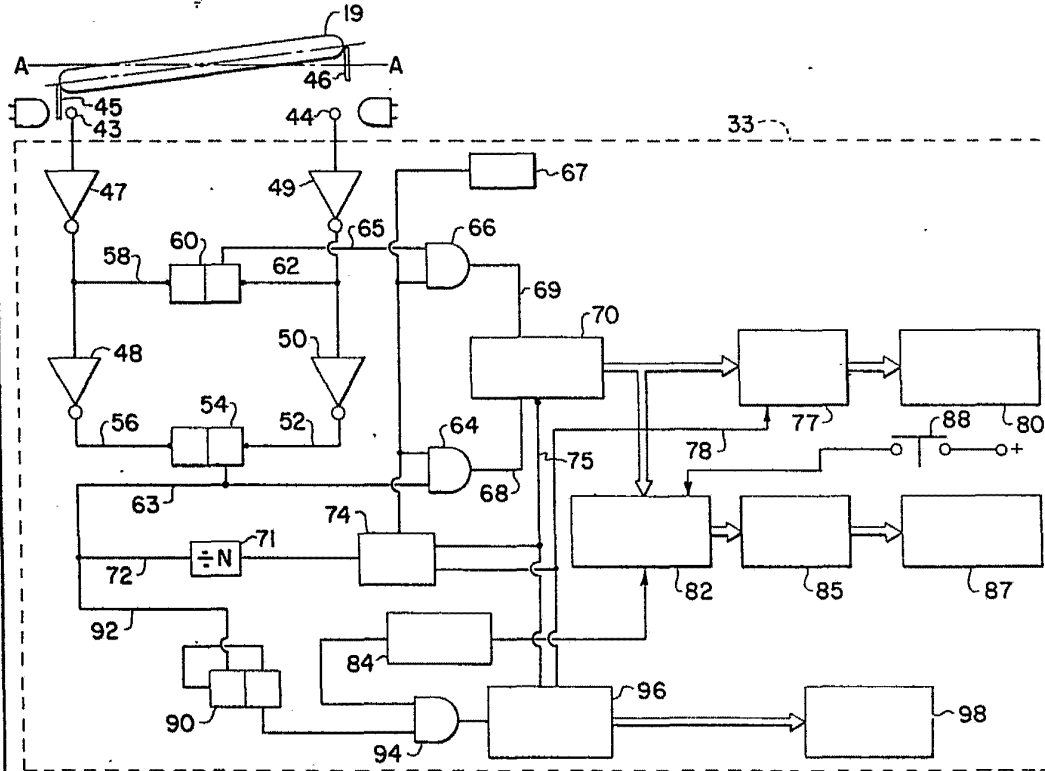


Fig. 6

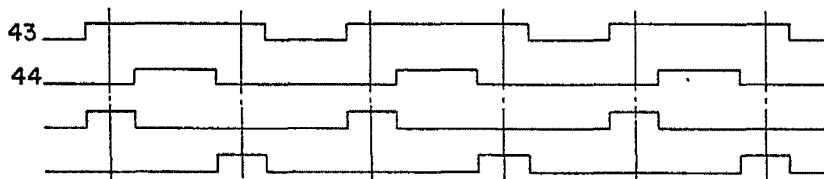


Fig. 7

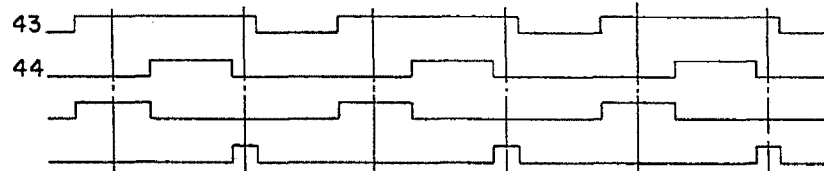


Fig. 8

ESCALA VARIABLE

Madrid, 24 JUL 1970 de 12

Francisco Javier
P. P.

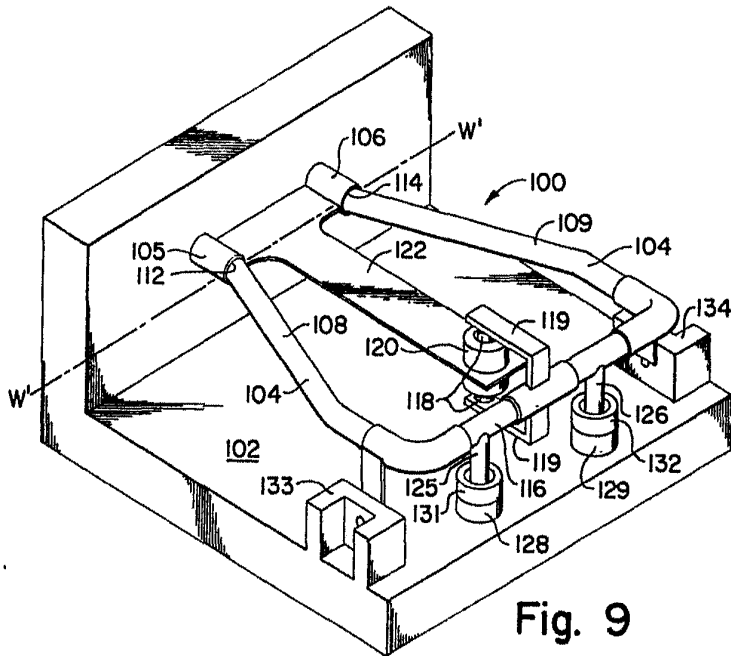


Fig. 9

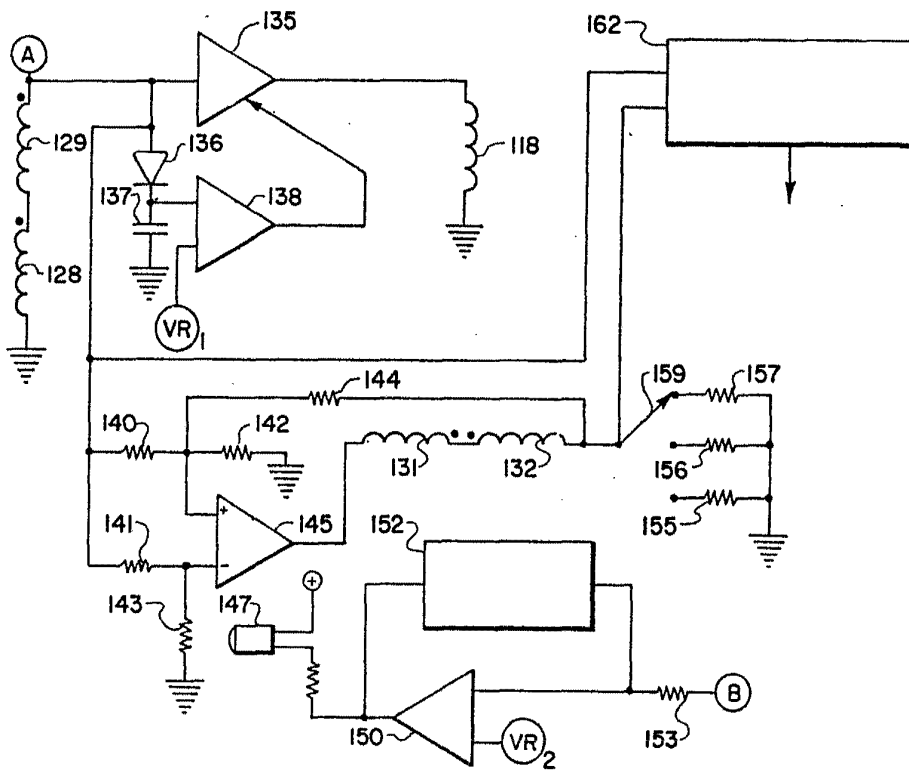


Fig. 10

ESCALA VARIABLE

Madrid, de 24 JUL. 1978 de 19

Francisco Javier Plaza
P. P.

[Handwritten signature]

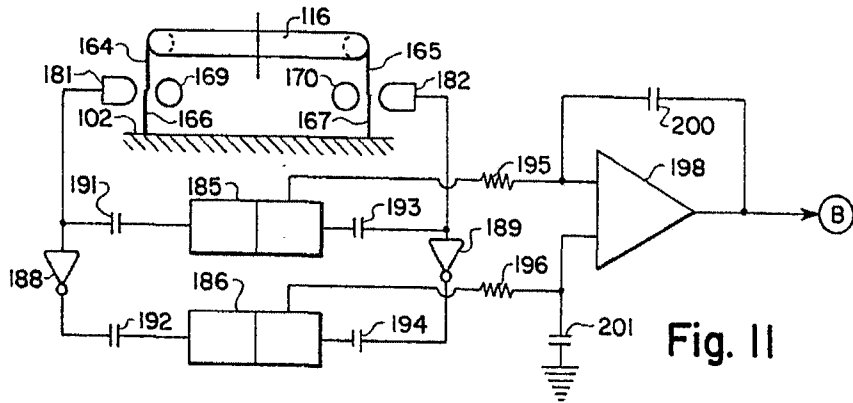


Fig. 11

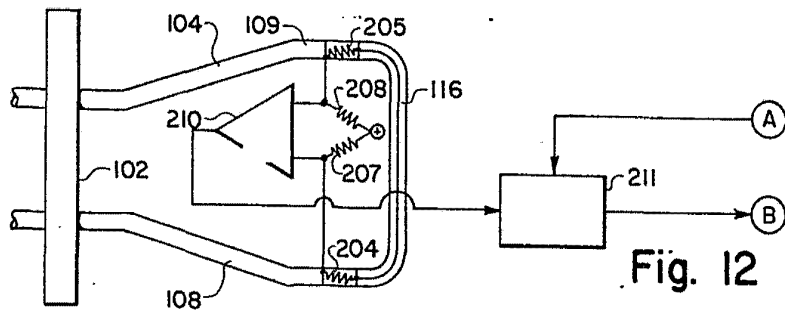


Fig. 12

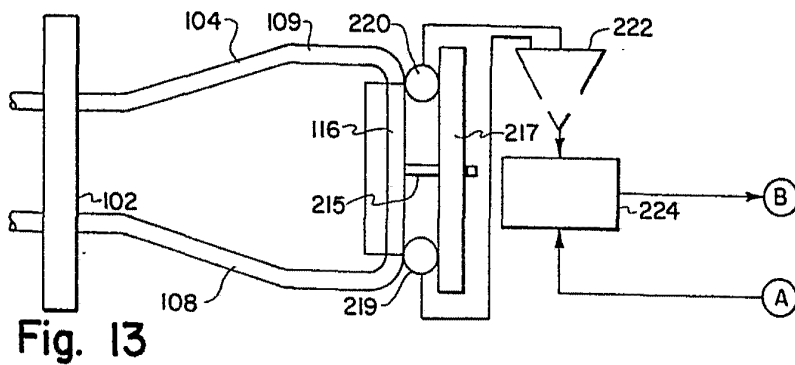


Fig. 13

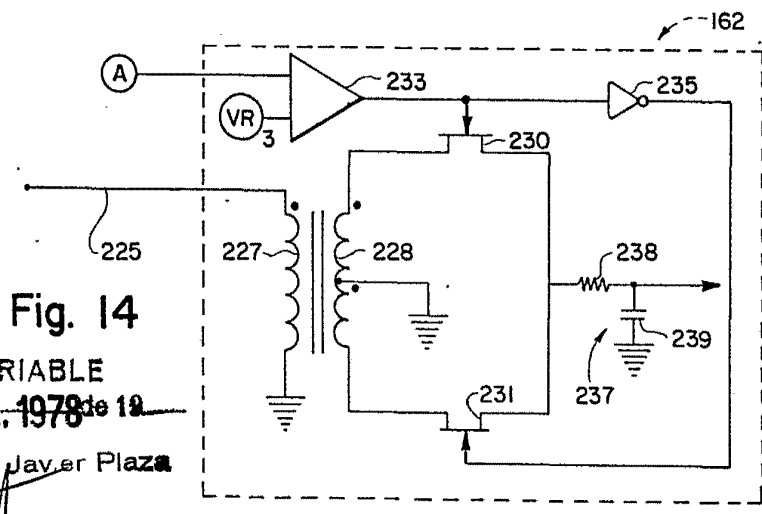


Fig. 14

ESCALA VARIABLE

Madrid, 24 JUL. 1978 de 19

Francisco Javier Plaza
P. P.