



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE

MARZO 2017

SECRETARÍA DE
INFRAESTRUCTURA
COMISIÓN DEL AGUA DEL
ESTADO DE MÉXICO



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Página1 de 143

MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE

Unidad de Modernización Administrativa e Informática
Departamento de Procedimientos Administrativos
2017





NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 2 de 143

Manual Operativo de Métodos de Aforo,
Operación de Medidores y
Cálculo de Volúmenes de Agua en Bloque



Dirección General de Operaciones y Atención a Emergencias
Departamento de Medidores y Cuantificación de Volúmenes
2017

(Handwritten signatures in blue ink)



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 3 de 143

CONTENIDO

	PÁG.
I.- PRESENTACIÓN	4
II.- OBJETIVOS	5
III.- MÉTODOS DE AFORO	6
III.1.- Método volumen-tiempo	6
III.2.- Método con Vertedor	7
III.3.- Método de sección y velocidad	13
III.4.- Aforo Pitométrico	31
III.5.- Aforo con Medidor ultrasónico	73
III.6.- Secundarios de Diferencial de Presión	86
IV.- OPERACIÓN DE MEDIDORES	95
IV.1.- Medidor de gasto tipo velocidad	95
IV.1.1.- Formas de instalación	96
IV.1.2.- Operación y mantenimiento	98
IV.2.- Medidor de gasto tipo diferencial de presión, sensor de múltiples entradas	100
IV.2.1.- Pasos para instalación detallada	103
IV.2.2.- Selección y verificación del sensor	106
IV.2.3.- Operación y mantenimiento del medidor	107
IV.3.- Características y especificaciones de medidores	108
IV.3.1.- Medidor marca Azteca-Badger	108
IV.3.2.- Medidor marca Delaunet Kent	111
IV.3.3.- Medidor marca Turbo Bar	114
IV.3.4.- Medidor electromagnético marca Siemens	117
IV.3.5.- Medidor Ultrasónico	124
IV.4.- Instructivo sobre lectura de medidores	127
IV.4.1.- Lectura directa digital	127
V.- CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	128
V.1.- Método directo (de lectura)	128
V.2.- Métodos indirectos (de gráficas)	130
V.3.- Métodos indirectos (de aforos)	133
V.4.- Métodos alternativos	135
V.4.1.- Promedio de meses anteriores	135
V.4.2.- Gasto medio	136
VI.- GLOSARIO	138
VII.- VALIDACIÓN	142
VIII.- CRÉDITOS	143



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 4 de 143

I.- PRESENTACIÓN

El agua es un recurso esencial para el crecimiento económico y social de la entidad y de su adecuada administración, dependen las actividades estratégicas para su desarrollo. El agua permite asegurar la alimentación y la salud de la población; la producción agropecuaria; la generación de energía eléctrica y el desarrollo de la actividad industrial.

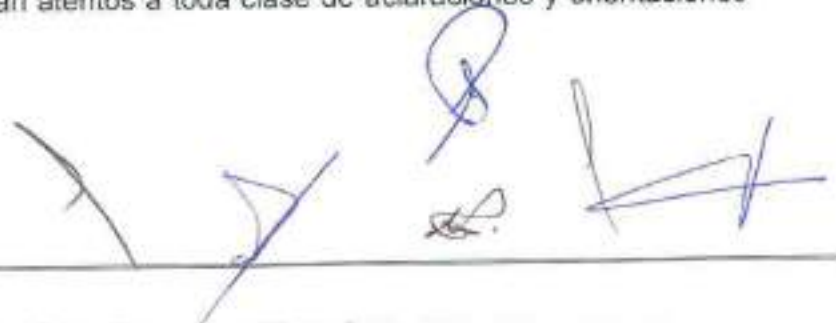
En este sentido, el agua representa un recurso vital en el proceso de desarrollo sustentable y su aprovechamiento integral y programado a largo plazo, es condición básica para el avance del Estado de México, por tal motivo el Ejecutivo Estatal considera fundamental protegerlo, conservarlo, mejorarlo y aprovecharlo racionalmente con el apoyo y la participación de todos los sectores de la sociedad mexiquense.

Con el fin de lograr el precepto anterior desde el punto de vista documental, esta Descentralizada se dio a la tarea de elaborar por medio de la Dirección General de Operaciones y Atención a Emergencias, el instrumento administrativo "Manual Operativo de Métodos de Aforo, Operación de Medidores y Cálculo de Volúmenes de Agua en Bloque", el cual pretende respaldar las operaciones que de manera particular realiza el Departamento de Medidores y Cuantificación de Volúmenes.

En el documento se describen los métodos y equipos utilizados en la medición y registro de caudales de las fuentes de abastecimiento, líneas de conducción y entregas de agua a municipios administradas por este Organismo; la descripción de la operación de los medidores, su instalación y mantenimiento y el cálculo de volúmenes de agua en bloque e instructivo sobre lectura de medidores.

Al finalizar, se muestra un apartado de términos específicos, que facilitará la homogeneidad en el conocimiento y una mayor comprensión del documento.

Cabe resaltar que el presente manual es resultado de la experiencia del personal que conforma el Departamento de Medidores y Cuantificación de Volúmenes, quienes estarán atentos a toda clase de aclaraciones y orientaciones al respecto.

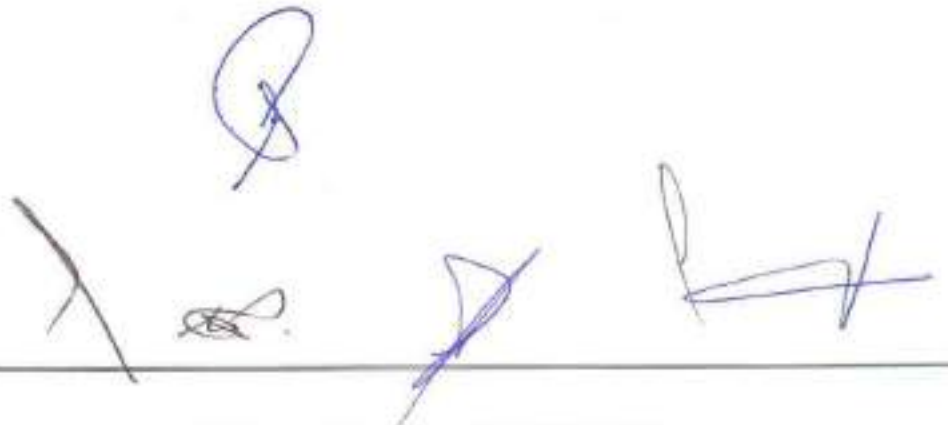




NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 5 de 143

II.- OBJETIVOS

- 1.- Contar con un documento de consulta para el personal involucrado en la realización de aforos a fuentes de abastecimiento, líneas de conducción y entregas de agua operadas por esta descentralizada.
- 2.- Dar a conocer al personal operativo, los diferentes métodos de lectura utilizados para cuantificar los volúmenes de agua potable en bloque, así como tipos de medidor y características.
- 3.- Definir la secuencia para la instalación, operación y el mantenimiento de los equipos de medición para agua potable.
- 4.- Establecer un soporte normativo, que permita apoyar la capacitación del personal de nuevo ingreso dentro de las áreas operativas involucradas en el presente documento.





NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 6 de 143

III.- MÉTODOS DE AFORO

Una de las variables que más interesan a los responsables de los sistemas hidráulicos es el caudal, debido a que a través de él se cuantifican los consumos, extracciones y descargas de agua y se establecen las gestiones de concesión de los servicios. El gasto o caudal "Q", es una cantidad hidráulica que se define como el volumen de agua que pasa por la sección de un conducto en un determinado tiempo.

A continuación, se hace una breve exposición de los métodos de aforo que comúnmente se emplean en la medición de caudales.

III.1.- Método Volumen-Tiempo o Volumétrico:

Se emplea de preferencia para aforar pequeños caudales. Consiste en hacer llegar la corriente de agua a un recipiente impermeable de capacidad conocida y suficiente, en el que pueda medirse fácilmente el volumen de agua captado en un tiempo determinado.

Para determinar el caudal, (Q) del agua, se mide directamente el volumen (V) en un recipiente y el tiempo (t) con un cronómetro.

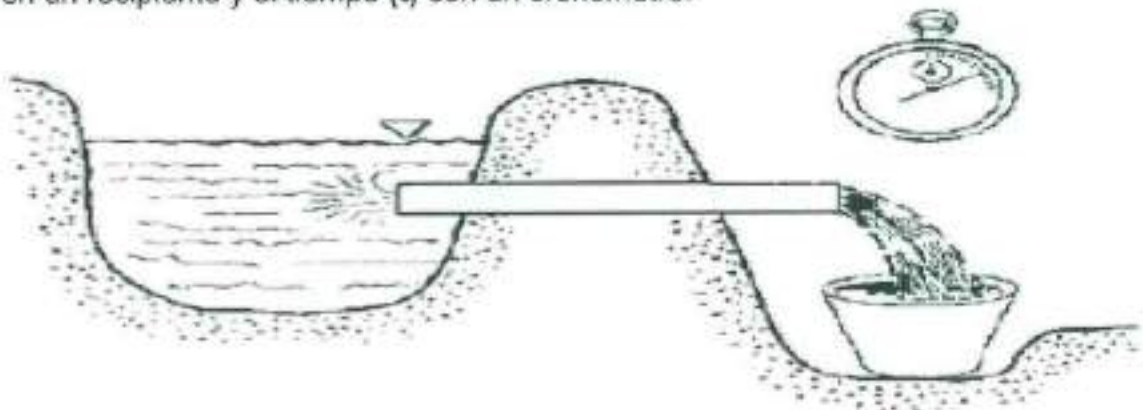


Figura 1.- El método volumen-tiempo para medir el gasto es sencillo y de los que pueden resultar más exactos.

[Handwritten signatures and initials in blue ink]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 7 de 143

El caudal se determina con la siguiente expresión:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Dónde:

- Q =Gasto, en (litros por segundo).
- V = Volumen del recipiente, (litros).
- t = Tiempo en que se llena el recipiente, (segundos).

Por ejemplo, si tenemos los siguientes datos:

Recipiente = 200 litros de capacidad

Tiempo de llenado = 36 segundos

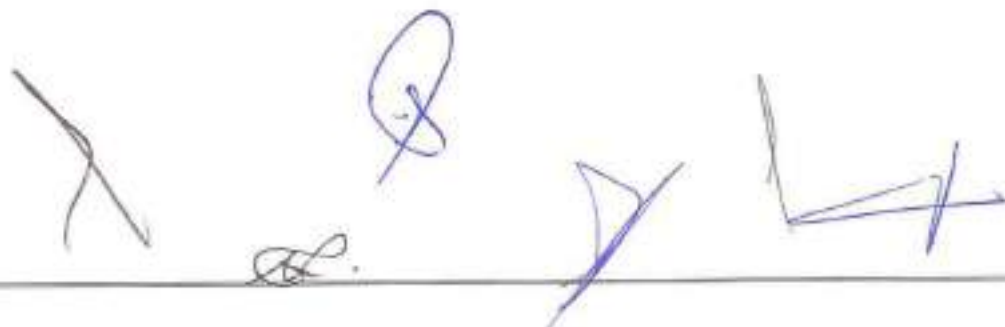
El gasto obtenido sería de:

Caudal = 200 litros / 36 segundos = 5.55 litros por segundo

Este método volumétrico es el más recomendable, sin embargo, a veces es difícil de aplicar, solamente resulta útil para gastos pequeños y donde las características físicas lo permitan.

III.2.- Método con Vertedor:

Los vertedores son dispositivos usados para medir caudales en canales, consta de una sección transversal de geometría definida, por la que escurre el líquido, manteniéndose la superficie libre del agua; el borde por el que fluye el agua se llama "Cresta". Existen una gran variedad de formas geométricas de vertedores como el **triangular, rectangular y trapezoidal (Cipolletti)**. Los materiales utilizados en su construcción son generalmente placas de metal, madera, plástico y fibra de vidrio. En ocasiones el vertedor está hecho de concreto o mampostería.





NOMBRE DEL DOCUMENTO MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Edición: Segunda
	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 8 de 143

III.2.1.- Vertedor Triangular:

Este método puede utilizarse en corrientes hasta de 3.00 m de ancho. El vertedor se encaja perpendicular al sentido de la corriente formando una represa, obligando al agua a pasar a través del vertedor triangular. En uno de los lados del vertedor se marca una escala dividida en centímetros sobre la cual se lee la altura que alcanza el nivel del agua. Para conocer el caudal que lleva la corriente se toma la lectura en la escala y consulte la tabla "Elevaciones – caudales".

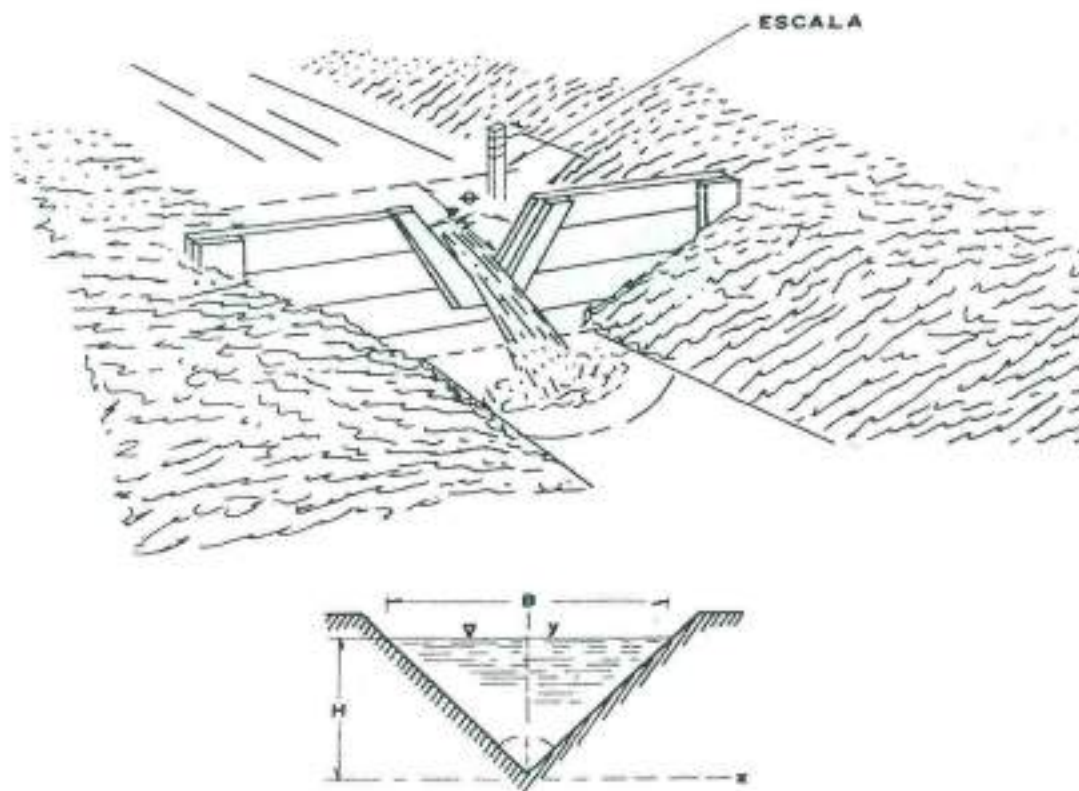


Figura 2.- La escotadura de este tipo de vertedor es de forma triangular (en V). El ángulo que se forma es de 90 grados.

[Handwritten signatures and marks]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 9 de 143

El caudal se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$Q = 1.40 H^{5/2}$$

Para vertedores de 90°

Donde:

Q = Gasto (l/s)

H = Altura de nivel o carga de agua (m)

El vertedor triangular es el más preciso para medir caudales pequeños. La tabla siguiente proporciona los gastos "Q" (caudal) en (l/s) litros por segundo para este tipo de vertedor, con distintos valores de altura "H" en centímetros.

Caudales en L/seg. para vertedero triangular de 90°									
H [cm]	Q [L/seg.]	H [cm]	Q [L/seg.]	H [cm]	Q [L/seg.]	H [cm]	Q [L/seg.]	H [cm]	Q [L/seg.]
1	0.01	6.5	1.51	12	6.98	17.5	17.94	23	35.52
1.5	0.04	7	1.81	12.5	7.73	18	19.24	23.5	37.48
2	0.08	7.5	2.16	13	8.53	18.5	20.61	24	39.51
2.5	0.14	8	2.53	13.5	9.37	19	22.03	24.5	41.60
3	0.22	8.5	2.95	14	10.27	19.5	23.51	25	43.75
3.5	0.32	9	3.40	14.5	11.21	20	25.04	25.5	45.97
4	0.45	9.5	3.89	15	12.20	20.5	26.64	26	48.26
4.5	0.60	10	4.43	15.5	13.24	21	28.29	26.5	50.61
5	0.78	10.5	5.00	16	14.34	21.5	30.01	27	53.03
5.5	0.99	11	5.62	16.5	15.48	22	31.78	27.5	55.52
6	1.23	11.5	6.28	17	16.68	22.5	33.62	28	58.08

Figura 3.- Tabla "Elevaciones y Caudales".



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 10 de 143

III.2.2.- Vertedor Rectangular:

Este tipo de vertedores tienen su escotadura en forma rectangular, la cual puede variar en tamaño en función a los caudales a medir. Pueden dividirse en dos grupos: vertedor rectangular sin contracción y con contracción. Cuando el canal rectangular tiene el mismo ancho del vertedor no hay contracción del área del flujo (véase figura 4) y la fórmula para determinar el caudal es:

$$Q = 1.84 LH^{3/2}$$

Donde:

Q= Caudal en m³/seg.

L= Ancho del canal y escotadura del vertedero en m.

H= Carga sobre el vertedero en m.

En el caso más común cuando el canal es más ancho que el vertedero, hay una reducción en el área del flujo y es un vertedero con contracción; la fórmula para determinar el caudal se modifica de la siguiente manera:

$$Q = 1.84 (L-0.656H) H^{3/2}$$



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 11 de 143

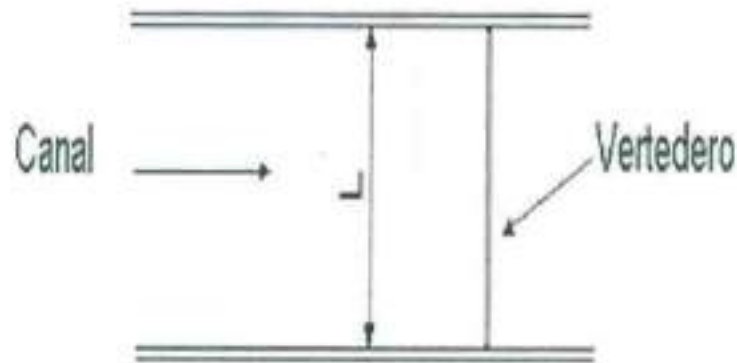


Figura 4.- Vista en planta de un vertedor rectangular sin contracciones.

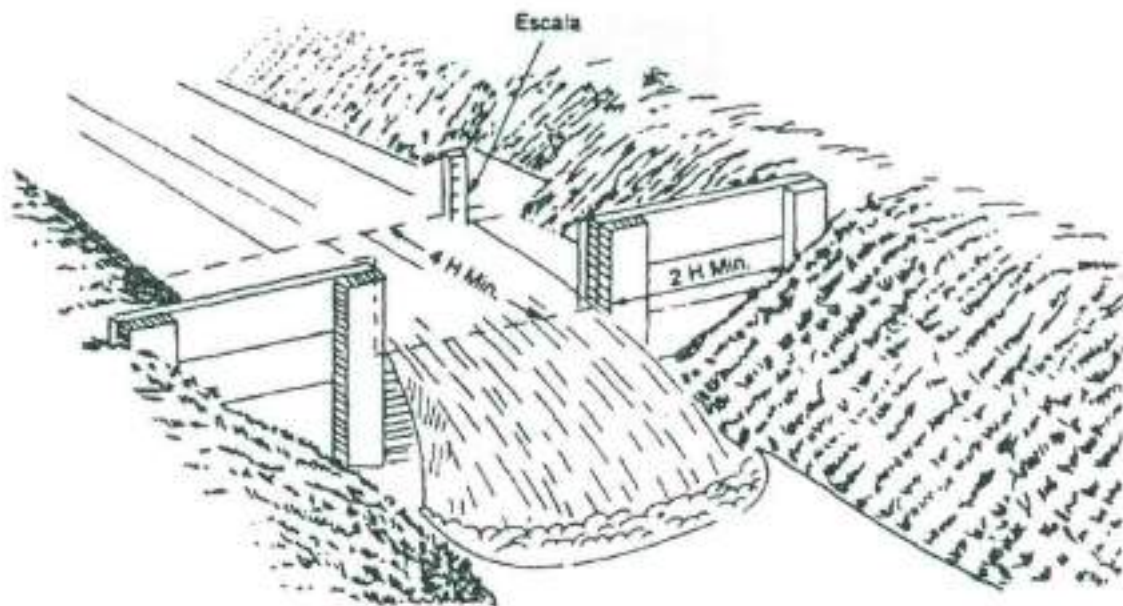


Figura 5.- vertedor rectangular con contracción

Handwritten signatures and initials in blue ink.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 12 de 143

III.2.3.- Vertedor Trapezoidal (Cipolletti):

El Ingeniero Cipolletti es el creador del vertedor trapezoidal. Este vertedor trapezoidal tiene los bordes con una inclinación de 4 cm. verticales a 1 cm. horizontal. La ecuación para calcular el caudal a través del vertedor es:

$$Q = 1.86 Lh^{3/2}$$

La construcción e instalación del vertedor trapezoidal debe seguir las mismas normas como para los vertedores en general. Siempre h debe ser mayor de los 6 centímetros y debe seleccionarse las dimensiones de manera que h es menor que $L/3$.

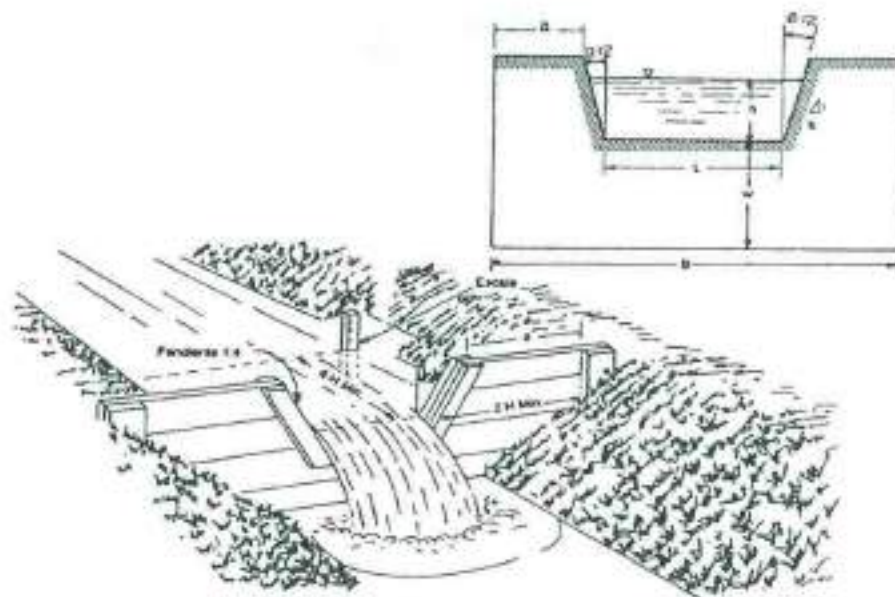


Figura 6.- Vertedor Trapezoidal o Cipolletti

Handwritten signatures and initials in blue ink at the bottom of the page.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 13 de 143

III.3.- Métodos de sección y velocidad:

Es uno de los métodos más utilizados para calcular el caudal de una corriente. Para determinar el gasto se requiere medir el área de la sección transversal del flujo de agua, dicha área se determina por medio de sondeos y una vez conocida la velocidad media, se aplica la siguiente fórmula para calcular el gasto:

$$Q = A \times V$$

Dónde:

Q= Caudal del agua (m³/s)

A= Área de la sección transversal (m²)

V= Velocidad media del agua (m/s)

Generalmente, el caudal (Q) se expresa en litros por segundo (l / s) o metros cúbicos por segundo (m³/s.)

La determinación de la velocidad se realiza en la misma sección transversal, cuando se trabaja con molinete hidrométrico o puede hallarse en un tramo determinado del curso de agua, cuando se trabaja con flotadores. En este caso (de los flotadores) hay que relevar varias secciones transversales para poder determinar la sección transversal media.

Es de suma importancia para el personal que se dedica a aforar caudales, conocer la distribución de las velocidades en la sección de aforo, cuya distribución no es uniforme. Normalmente, va aumentando de las orillas hacia el centro y en una misma vertical va creciendo a partir de la superficie hacia abajo hasta alrededor de 0.2 (20 %) de la profundidad, para luego ir decreciendo hasta el fondo:



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 14 de 143

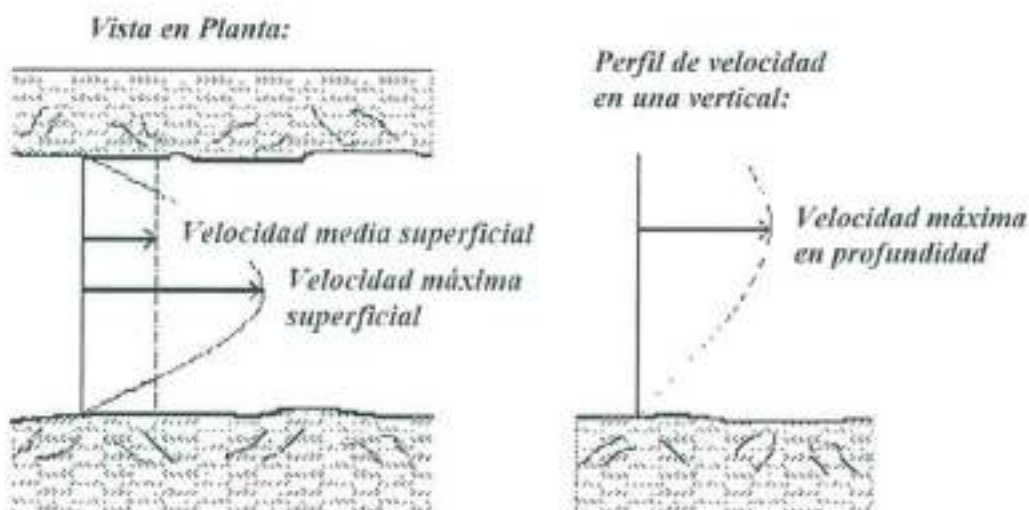


Figura 7.-Distribución de las velocidades en la sección de aforo.

El punto de máxima velocidad se encuentra generalmente en las proximidades del centro del cauce y a 0.2 de la profundidad.

La dificultad principal es determinar la velocidad media porque varía en los diferentes puntos de la sección hidráulica. La velocidad se determina por cualquiera de los métodos siguientes:

III.3.1.- Aforo con Flotadores:

Son los más sencillos de realizar, pero también son los más imprecisos; por lo tanto, su uso queda limitado a situaciones donde no se requiera mayor precisión. Es un método muy utilizado en determinaciones expeditivas. Es sencillo y prácticamente no requiere equipo especial alguno. Es preciso tener en claro que se debe realizar aforos con flotadores:

- En aquellos casos en que por circunstancias imprevistas sea imposible realizar el aforo por métodos más confiables.
- Cuando es posible utilizar los datos en forma aproximada.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 15 de 143

- Cuando la premura impide hacer el aforo por otro método (caso de una onda de crecida, por ejemplo).

El tramo donde se va a realizar el aforo debe ser lo más recto y uniforme posible, libre de cualquier obstáculo que pueda frenar a los flotadores (ramas de árboles, vegetación acuática, etc.), y cuya longitud sea no menor a seis veces el ancho del cauce.

Al ser este un caso especial en que para la determinación de la velocidad del agua se trabaja en un cierto tramo del curso, no específicamente en una sección, hay que tomar como sección de escurrimiento la media del tramo.

Hay que delimitar claramente la sección de entrada y la de salida, con la longitud que las separa.

La velocidad media del tramo se determinará de acuerdo al tipo de flotador usado: superficiales o sumergidos. Los flotadores superficiales dan directamente la velocidad superficial, que para transformarla en velocidad media de la vertical hay que afectarla por un coeficiente:

$$V \text{ media vertical} = 0.85 \times V \text{ media superficial}$$

Esto hay que corroborarlo, ya que no siempre es constante ese coeficiente (varía entre 0.75 y 0.90).

El flotador puede ser una simple madera, una fruta o una botella lastrada, teniendo el inconveniente de que cuando hay viento durante las mediciones, éstas pueden verse afectadas, por ello la mayor parte del flotador debe estar hundida. En el caso de los flotadores sumergidos, compuestos por un flotador superficial unido a una pantalla, de tal manera que la misma ofrezca una resistencia uniforme a la corriente horizontal del agua, o también pueden ser listones de maderas lastradas, no deben afectarse por el coeficiente anterior, pues ya lo llevan implícito. Éstos circulan muy bien en canales o cauces uniformes, no para superficies de fondo irregulares donde los flotadores pueden atrancarse:



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 16 de 143

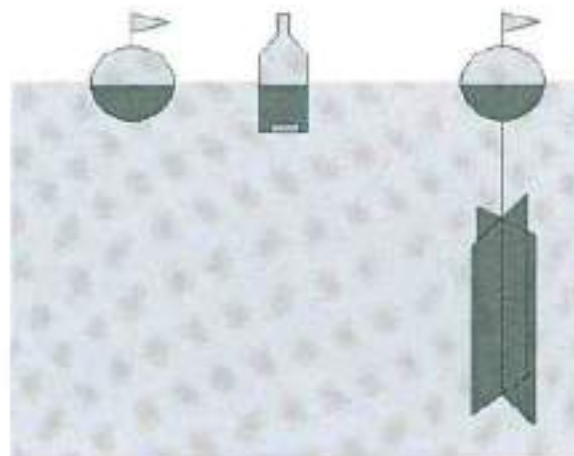


Figura 8.-Tipos de Flotadores.

Con este método se pretende conocer la velocidad media de la sección para ser multiplicada por el área, y conocer el caudal, según la ecuación de continuidad.

$$Q = \text{Velocidad} \times \text{Área}$$

Para la ejecución del aforo se procede de la siguiente forma con una regla de madera mide la profundidad media del arroyo, sondeando varios puntos a lo ancho de la sección, empujando la regla de manera que no se encaje en el terreno para evitar medidas erróneas, para calcular la profundidad media, sume todas sus medidas y divídalas entre el número de mediciones que ha realizado.

Para calcular el área de la sección que acaba de medir, multiplicar la profundidad media que acaba de calcular por la anchura de la corriente. Por ejemplo, una corriente o río de 1.80 metros de ancho con una profundidad media de 0.5 metros tendrá una sección del área de 0.90 metros cuadrados.

Un método sumamente expeditivo consiste en arrojar a un curso de agua flotadores superficiales y tomar el tiempo que tardan en recorrer la longitud "L" que



NOMBRE DEL DOCUMENTO MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Edición: Segunda
	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 17 de 143

existe entre las dos secciones de paso anteriormente determinadas, como se muestra en la figura 9.

Para ello se arrojan los flotadores unos 5 a 10 metros aguas arriba de la sección inicial. Cuando el flotador pasa por esa sección inicial se pone en marcha el cronómetro ($t_0 = 0$), parándolo cuando pasa por la sección final (t_1).

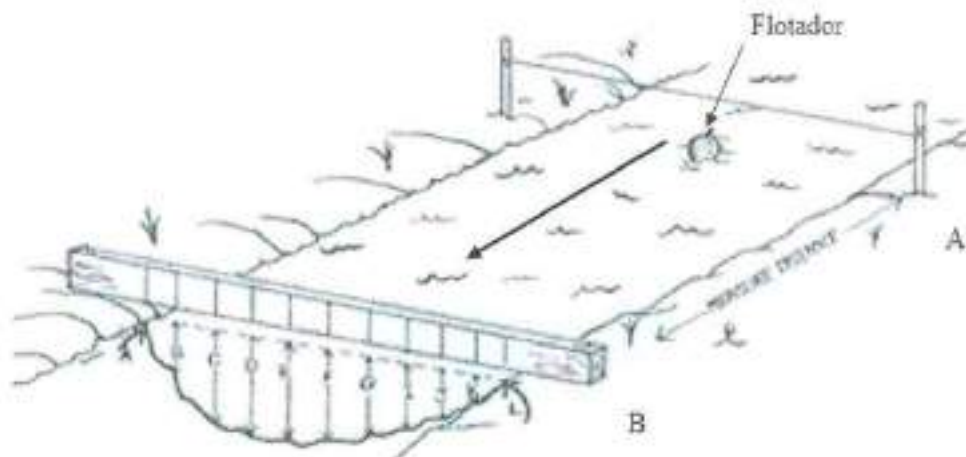


Figura 9.- Aforo con flotador.

La velocidad superficial de la corriente V_s , se toma igual a la velocidad del cuerpo flotante y se calcula mediante la relación entre el espacio recorrido L y el tiempo de viaje t .

$$V_s = \frac{L}{t}$$

Se considera que la velocidad media de la corriente V_m , es del orden de $0.75 V_s$ a $0.90 V_s$, donde el valor mayor se aplica a las corrientes de aguas más profundas y rápidas (con velocidades mayores de 2 m/s). Habitualmente, se usa la siguiente ecuación para estimar la velocidad media de la corriente.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 18 de 143

$$V_m = 0.85 V_s$$

Como ejemplo: si tuviéramos un cuerpo flotante que recorre una distancia de 10 metros en 13 segundos la velocidad superficial (V_s) del cuerpo sería de 0.77 m/s y su velocidad media (V_m) sería de $0.77 \times 0.85 = 0.654$ m/s.

III.3.2.- Aforo con Molinete:

Este método, como el de flotadores, se fundamenta en la expresión $Q = A \times V$, pero en este caso la velocidad se puede determinar en distintos puntos trabajando sobre la misma sección transversal A con un aparato que se denomina molinete hidráulico.

Este es un equipo que contabiliza las revoluciones que efectúa la hélice al ser sumergida en una corriente de agua. La velocidad se obtiene mediante una curva de calibración que relaciona las revoluciones por segundo con la velocidad. Esta curva de calibración es única para cada aparato y para cada hélice.

El molinete hidráulico (figura 10) en particular, es un instrumento de medición de velocidad en cauces naturales o en canales y se compone de dos partes principalmente, contiene un elemento giratorio (hélice) que debe ser colocado en el punto donde deseamos conocer la velocidad de frente a la corriente. Las revoluciones de la hélice son proporcionales a la velocidad del flujo, el número de giros se transmite mecánicamente a un registrador de vueltas y con ello determinamos la velocidad angular, por medio de una ecuación de calibración, podemos determinar la velocidad lineal a partir de la velocidad angular del punto de interés.

El medidor tipo molinete se emplea en conductos a presión y a superficie libre. Existen diferentes medidores que funcionan con este principio, en el cual, como en los de propela, también se relacionan las vueltas que da una rueda provista de una especie de conos o copas con la velocidad del agua.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 19 de 143

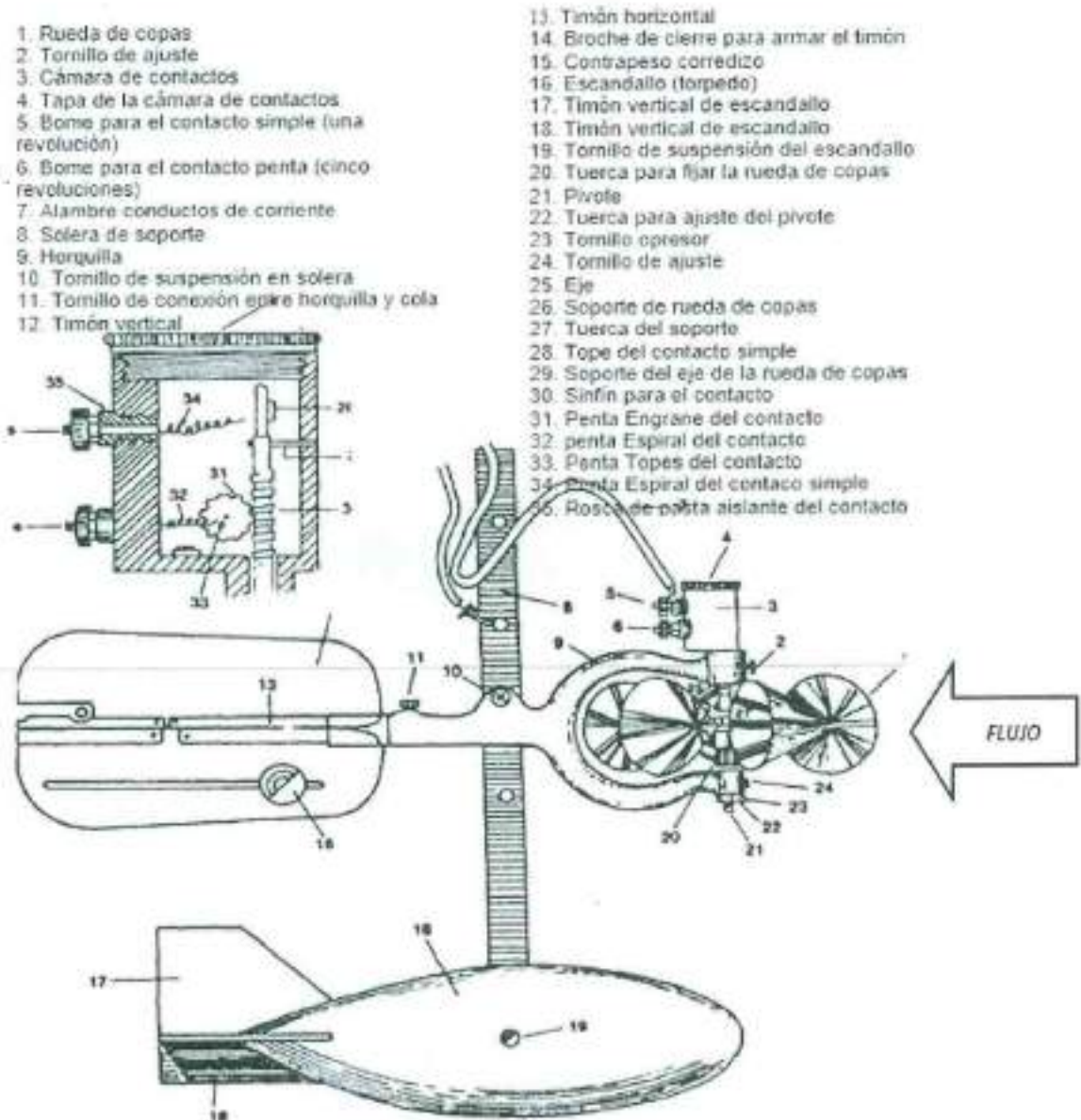


Figura 10.-Molinete Hidráulico tipo Price.

[Handwritten signatures and marks in blue ink]



NOMBRE DEL DOCUMENTO MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Edición: Segunda
	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 20 de 143

Básicamente están compuestos por:

- Un sistema accionante: hélice o una rueda de aspas o de copas.
- Un interruptor: mecánico o magnético.
- Un sistema de señal: acústico/sonoro o eléctrico digital.
- Un sistema de sujeción: barras o cable y contrapeso.

III.3.3.-Tareas preliminares de un aforo con molinete hidrométrico:

- La sección mojada se determina midiendo las profundidades de cada una de las verticales:

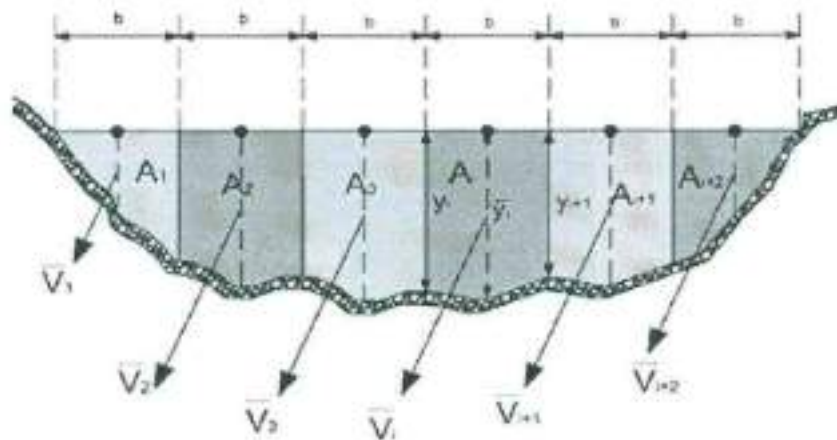


Figura 11.-Sección mojada.

En la determinación del número de verticales en la sección hay que tener presente que al aumentar el N° de verticales se tiene mayor precisión en el aforo.

Existen distintos criterios para determinar el N° de verticales:

- Que no pase más del 10 % del caudal total entre 2 verticales.
- Para mayor precisión, que no pase más del 5% del caudal entre 2 verticales.
- Recorriendo la sección mojada, se coloca una vertical en los puntos de quiebre.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 21 de 143

Una receta es que con 10 verticales se realizan buenos aforos y con 15 verticales muy buenos.

Esto también depende del ancho de la sección a aforar: a mayor ancho, mayor número de verticales.

- El número de puntos de medición de velocidad por cada vertical va desde 1 hasta 10, depende de la profundidad de esa vertical y de si es un cauce natural o artificial.

Cuanta más profundidad tenga en la vertical y flujo no uniforme, mayor número de mediciones por vertical se deberá hacer, en todos los casos (cualquiera que sea la cantidad de puntos que se adopte en la vertical), lo que se pretende hacer es transformar velocidades puntuales medidas con el molinete en la media o promedio de esa vertical.

Uno de los métodos que se emplean para determinar las velocidades con el molinete es el de los 3 puntos, se aplica también en ríos, así como también en canales y acequias. Las pruebas se realizan a los 2/10, 6/10 y 8/10 de la profundidad medida a partir del espejo de agua. Se utiliza mucho en canales cuando se quiere tener mucha precisión, su fórmula es la siguiente:

$$V_{\text{media vertical}} = (V_{0,2} + V_{0,6} + V_{0,8}) / 3$$

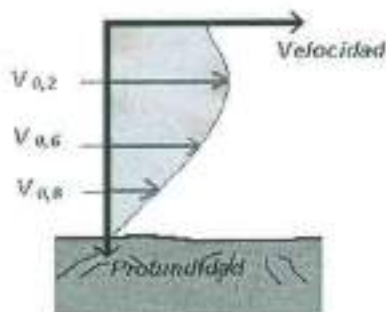


Figura 12.-Método de los tres puntos.

[Handwritten signatures and marks in blue ink]



NOMBRE DEL DOCUMENTO MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Edición: Segunda
	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 22 de 143

El método de los 2 puntos consiste en asumir que la media vertical es el promedio entre las mediciones hechas al 20 % y al 80 %:

$$V_{\text{media vertical}} = (V_{0,2} + V_{0,8}) / 2$$

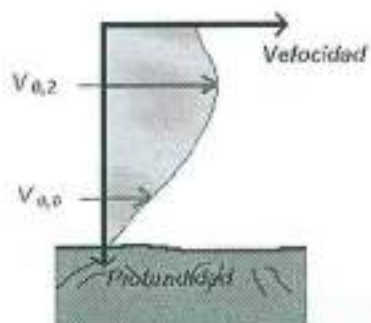


Figura 13.- Método de los dos puntos.

El método de 1 punto supone que la velocidad media de la vertical está a 0.6 de la profundidad, anda muy bien para aforos en canales o acequias uniformes de poca profundidad, sobre todo si son revestidos.

$$V_{\text{media vertical}} = V_{0,6}$$

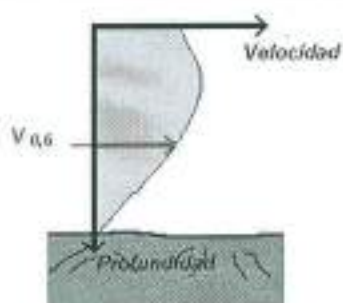


Figura 14.- Método de un punto.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 23 de 143

El método de la velocidad superficial consiste en asumir que la velocidad media en la vertical se calcula con la velocidad superficial afectada por un coeficiente:

$$V_{\text{media vertical}} = V_{\text{superficial}} \cdot \text{coeficiente}$$

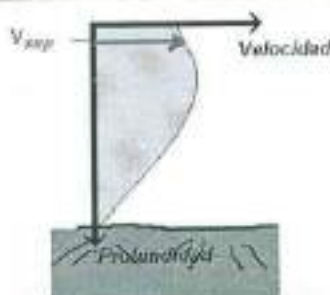


Figura 15.-Método de la velocidad superficial.

Es el método menos preciso (no es recomendable), no sólo porque requiere un coeficiente para transformar la velocidad superficial en media vertical, sino porque ese coeficiente no es muy estable (varía). Por lo general el coeficiente es 0.85.

III.3.4.-Método para realizar un aforo con molinete hidrométrico:

➤ Método por vadeo:

Se utiliza en ríos de escasa profundidad y velocidad y casi siempre en canales y acequias.

El equipo utilizado normalmente es un molinete suspendido por barra o varilla.

Es un método muy recomendado porque permite que el operador, una vez que identificó el punto de medición, pueda recorrer y detectar cualquier cambio del fondo al detalle, aunque el agua sea turbia.





NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 24 de 143

Para determinar la distancia horizontal se tiende una cinta métrica común de margen a margen, de tal manera que el aforador, donde considere necesario, ubique la vertical directamente leyendo de la cinta (es la progresiva de esa vertical):

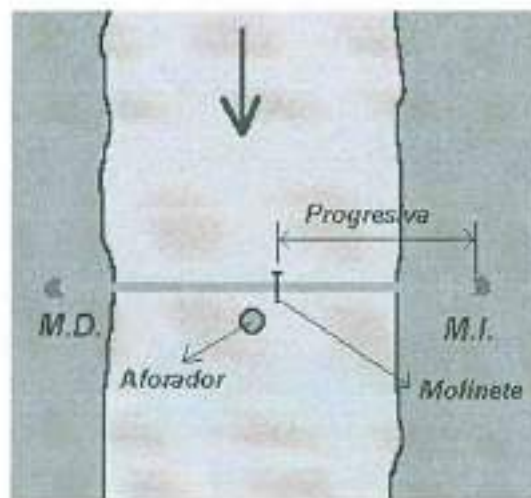


Figura 16. -Método de Vadeo.

Por convención y para uniformizar criterios, se afora desde la margen izquierda (M.I.) hacia la margen derecha (M.D.) y se les identifica en terreno, mirando hacia aguas abajo.

Para efectuar correctamente esta operación debe tratar de:

- Orientar bien el molinete.
- Determinar con cuidado las distancias horizontales (controlar que esté bien tensa la cinta métrica).
- Que la barra no se hunda en el fondo y que se mantenga la verticalidad.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 25 de 143

- Situarse lo más lejos posible del molinete (hacia aguas abajo y a un costado de la hélice) para que no se distorsione la corriente de agua.

Lo conveniente es que sea un equipo de 2 personas y como máximo 3, uno o dos que vadeen con el aparato y el otro que vaya anotando en un formato de aforos por cada vertical: la progresiva, la profundidad y los datos que arroje el molinete (revoluciones y tiempos) de acuerdo al método de lectura elegido.

- Método desde pasarelas o puentes:

Si la profundidad del curso de agua no permite el vadeo o las condiciones climáticas son adversas (invierno), en los canales o acequias hay que tratar de encontrar pasarelas o puentes que no alteren la sección (sin pilares o columnas), de tal manera que permitan aforar de la misma manera que por vadeo, simplemente alargando los tramos de barras o en su defecto, utilizando cable y contrapeso (escandallo).

III.3.5.- Condiciones que debe cumplir el curso de agua que se quiere aforar con molinete hidrométrico:

Cuando se pretende aforar en un tramo, se debe verificar ciertas condiciones del curso de agua (rio, canal, acequia):

- I. La sección de aforo se debe ubicar en un tramo recto, porque asociado a esto está la distribución de velocidades, como criterio, que el tramo sea por lo menos 6 veces la longitud transversal donde se piensa aforar.
- II. En una estación de aforo permanente el cauce tiene que ser lo más estable posible, esto está asociado a la posibilidad de calcular curvas altura-caudal, de tal manera de que con una simple medición de la altura de agua obtenga el caudal, ahorrándonos todo el trabajo de los aforos, esto no es posible si la sección cambia, ya que para una misma altura de agua pasarán caudales distintos.
- III. Las velocidades del curso de agua deben ser medibles, debiéndose descartar secciones de aforo donde aparezcan zonas de aguas muertas (velocidad nula), contracorrientes, velocidades muy bajas o demasiado altas.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 26 de 143

Las velocidades muy bajas pueden estar condicionadas por la sensibilidad del molinete, mientras que, para velocidades muy altas, mayores a 3 m/seg, se puede dificultar el trabajo de campo (sostener el molinete en el lugar que se pretende medir).

- IV. Es conveniente una distribución más o menos uniforme de las velocidades, condicionada por la sección:



Figura 17.-Tipos de secciones a aforar.

- V. Las líneas de corriente o filetes líquidos deben ser perpendiculares a la sección de aforo:
- VI. La sección de aforos debe estar libre de obstáculos, donde se deben quitar ramas, pastos o cualquier vegetación acuática que esté próxima aguas arriba y aguas abajo, ya que esto está asociado a la rugosidad: a mayores obstáculos implica que más se frena el agua.
- VII. El acceso en las estaciones hidrométricas permanentes se debe realizar para todos los niveles del curso de agua, sobre todo en crecidas de cursos naturales, ya que es un dato muy importante el del caudal máximo de la crecida.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 27 de 143

VIII. La sección de aforos situada aguas arriba de cualquier estructura que embalse agua (una compuerta o una represa), debe estar alejada de ésta lo suficiente como para que la elevación del pelo de agua por la obstrucción que provoca la estructura sea despreciable en el área de trabajo (el efecto de remanso).

Si no sucede eso, al cerrar la compuerta, el nivel del agua en la sección de aforo se elevará, pero seguirá pasando el mismo caudal, es decir, que para un mismo caudal puede tener alturas de agua distintas, dependiendo del grado de apertura de la compuerta situada aguas abajo.

IX. La sección de aforos debe ser sensible, esto quiere decir que para una variación de caudal, aunque sea leve, experimente una variación de nivel de agua. Una sección es más sensible que otra si para la misma variación de caudal experimenta una mayor variación de nivel de agua.

III.3.6.-Cálculo de aforos con molinete:

A continuación, se presenta el formato que se utiliza para la realización de un aforo con molinete hidráulico.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 29 de 143

Cuando se efectúa un aforo, en campo se obtiene para cada vertical determinada su progresiva (distancia horizontal al punto fijo de la margen izquierda), su profundidad y los valores obtenidos del molinete (dependiendo del método que se ha elegido para calcular las velocidades medias verticales: 1 punto, 2 puntos, 3 puntos, etc.). Ahora se deben trabajar esos datos en gabinete, para poder obtener el caudal que pasaba en el momento que se hizo el aforo, para determinar el gasto se utiliza la fórmula general: $Q = \text{Área} \times \text{Velocidad}$, para calcular los caudales parciales se utiliza el método de la sección media.

a) Método de la sección media.

En el Método de la sección media se van calculando los caudales parciales que pasan entre las verticales, para luego sumarlos y obtener el caudal total. Por ejemplo, si se tiene un aforo con 5 verticales:

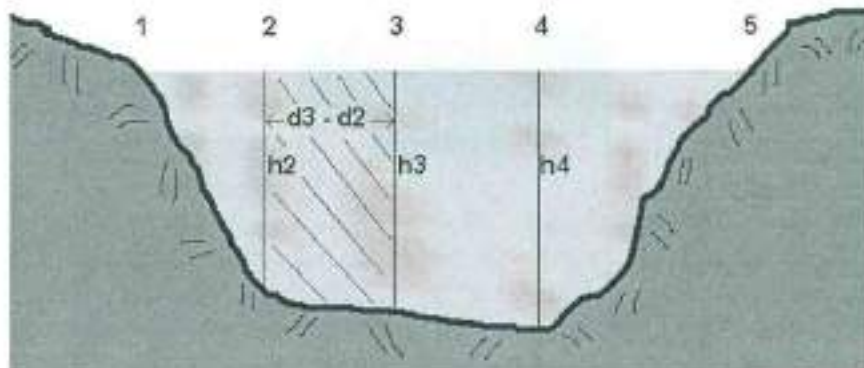


Figura 19.-Método de la sección media.

El caudal parcial que pasa entre las verticales 2 y 3 se calcula mediante la fórmula:

$$Q_{2-3} = (d_3 - d_2) \times ((h_2 + h_3) / 2) \times ((V_2 + V_3) / 2)$$





NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 30 de 143

Donde:

$d_3 - d_2$ = distancia horizontal de la sección parcial entre las verticales 2 y 3 (diferencia de progresivas).

$(h_2 + h_3) / 2$ = promedio de la profundidad en la sección parcial entre 2 y 3.

$(d_3 - d_2) \times ((h_2 + h_3) / 2)$ = sección parcial entre 2 y 3.

$((V_2 + V_3) / 2)$ = velocidad media en la sección parcial entre 2 y 3.

Para el caso particular de los bordes: los caudales que pasan entre 1 y 2 y entre 4 y 5 se aplica la misma fórmula, teniendo en cuenta que:

$h_1 = 0$; $h_5 = 0$; $V_1 = 0$; $V_5 = 0$

Por lo tanto:

$Q_{1-2} = (d_2 - d_1) \times ((0 + h_2) / 2) \times ((0 + V_2) / 2)$

$Q_{4-5} = (d_5 - d_4) \times ((h_4 + 0) / 2) \times ((V_4 + 0) / 2)$

Lo recomendable es que las verticales próximas a las márgenes, en este caso las verticales 2 y 4, estén lo más cerca posible de esos extremos, de tal manera que el caudal que pase por allí (entre 1-2 y entre 4-5) sea insignificante.

A continuación, se presenta un ejercicio de este método, con el formato correspondiente para el aforo con molinete hidrométrico:

Ejemplo:

Calcular el caudal que pasa por un canal, habiéndose aforado con 5 verticales, adoptándose el método de 3 puntos para calcular la velocidad media vertical (midiendo a 0.2, a 0.6 y a 0.8 de la profundidad) cuyos valores de campo se especifican con negritas y los calculados en gabinete se especifican en números en tono normal, teniendo en cuenta que las curvas de calibración del molinete que se utilizó para aforar son:

$$V = (m \times N) + b$$

Donde:

$m = 0.7334$

$b = -0.0056$



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 31 de 143

COMISIÓN DEL AGUA DEL ESTADO DE MÉXICO CONSTATAMIENTO DE MEDIDORES Y CUANTIFICACIÓN DE VOLÚMENES AFORO CON MOLINETE HIDRÁULICO													
FECHA: 01 MARZO 2017		NOMBRE DE LA ESTACIÓN: CANAL RÍO SECO			DATOS DEL MOLINETE				$V = (m \times N) + b$				
HORA INICIO: 11:45		SIRGASA: TEPIC VALLE DE BRAVO			MARE: LÓVY		SISTEMA: EN		RVE: 0.7354				
HORA FIN: 12:45		MUNICIPIO: VALLE DE BRAVO			HPO: 7512		MAREJA: <input checked="" type="checkbox"/>		DM: 0.005				
AFORADOR: FERRER GUERRERO					M: 102.14714		SABE: <input type="checkbox"/>		Q: 1041.24 l/s				
SONDEOS			ÁREA			MOLINETE			VELOCIDAD		GASTO		
VOLUMEN NÚMERO	DISTANCIA DE LA VERTICAL A LA ORILLA		PROFUNDIDAD	ANCHO	ÁREA	PROFUNDIDADES DE OBSERVACIÓN		NÚMERO DE REVOLUCIONES	TIEMPO DE MEDICIÓN	NÚMERO DE REVOLUCIONES POR SEGUNDO	VELOCIDAD	VELOCIDAD VERTICAL	CANTIDAD
	m	m				METROS	METROS						
0	0.00	0.000	ORILLA MARGEN IZQUIERDA										
1	0.20	0.610	0.405	0.200	0.0810	0.00	0.061	136	60	2.267	1.6668	1.2612	119.28
			0.405	0.200	0.0810	0.00	0.243	132	60	2.033	1.4850		
			0.405	0.200	0.0810	0.00	0.704	102	60	1.700	1.2412		
2	0.40	0.650	0.853	0.200	0.1670	0.00	0.170	169	60	2.817	2.0901	1.4610	300.23
			0.853	0.200	0.1670	0.00	0.518	102	60	1.700	1.2412		
			0.853	0.200	0.1670	0.00	0.688	142	60	2.330	1.7179		
3	0.60	0.690	0.950	0.200	0.1700	0.00	0.188	189	60	3.150	2.3079	1.7020	282.73
			0.950	0.200	0.1700	0.00	0.594	137	60	2.283	1.6980		
			0.950	0.200	0.1700	0.00	0.672	138	60	2.198	1.6090		
4	0.80	0.770	0.903	0.200	0.1610	0.00	0.154	132	60	2.200	1.5079	1.2052	209.01
			0.903	0.200	0.1610	0.00	0.452	102	60	1.700	1.2412		
			0.903	0.200	0.1610	0.00	0.616	80	60	1.438	1.0450		
5	1.00	0.990	0.989	0.200	0.0970	0.00	0.073	126	60	2.100	1.5240	1.2004	300.80
			0.989	0.200	0.0970	0.00	0.231	114	60	1.900	1.3579		
			0.989	0.200	0.0970	0.00	0.308	89	60	1.183	1.0039		
			ORILLA MARGEN DERECHA										

Figura 20.-Ejemplo de aforo con molinete hidráulico.

III.4.- Aforo pitométrico:

Este método se emplea en conductos que trabajan a presión, para llevar a cabo este tipo de aforo se emplea un tubo Pitot y un manómetro de diferencial de presión.

Para poder llevar a cabo un aforo pitométrico, es necesario realizar una serie de actividades previas como son:

- Instalar una válvula de inserción para poder colocar el tubo Pitot.
- Instalar la varilla de calibración para determinar el diámetro interior de la tubería.



NOMBRE DEL DOCUMENTO MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Edición: Segunda
	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 33 de 143

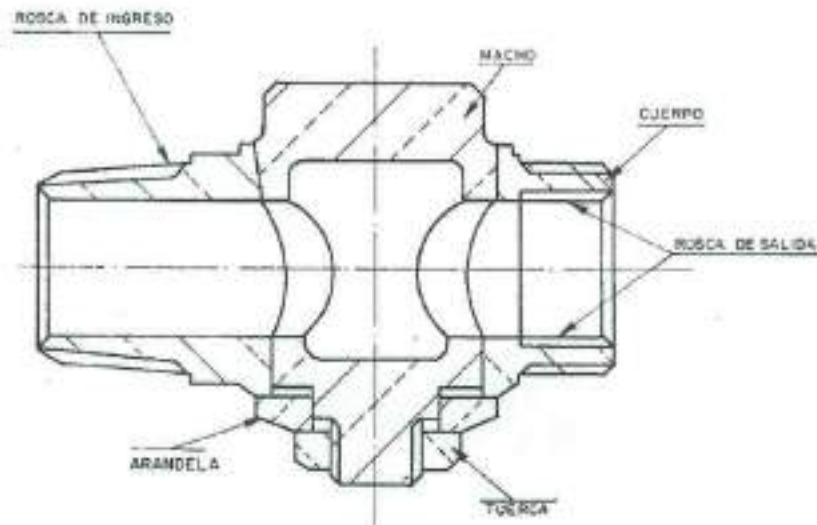


Figura 22.- Componentes de la válvula de incorporación.

Antes de instalar la válvula de incorporación se debe verificar si la abertura libre de la misma es verdaderamente de 1", al hacer esta inspección se debe eliminar bordes, rugosidades, rebabas y cualquier falla que posteriormente pueda impedir el ingreso del tubo Pitot o de la varilla de calibración de diámetro en la tubería.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 34 de 143

III.4.2.-Máquina Mueller:

Para la instalación de la válvula de inserción, es necesario de una máquina especial, conocida comercialmente como máquina Mueller.



Figura 23.- La Máquina Mueller se divide en dos cámaras para su adecuado manejo e instalación.

Su función primordial es la de perforar, hacer rosca e instalar la válvula de inserción a la tubería y en caso de que sea necesario, permite la extracción de la válvula y enroscar un tapón para cerrar el orificio.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 35 de 143

Cabe mencionar que la tubería no necesariamente tiene que estar fuera de uso o flujo interrumpido para la inserción de la válvula, ya que la máquina Mueller nos permite la instalación aún sin detener el flujo.

Básicamente, la máquina Mueller está compuesta por:

- Un cuerpo metálico dividido en dos cámaras (superior e inferior).
- Un dispositivo de avance compuesto por una cruceta de avance y un arco en cuyo extremo superior posee un anillo de empuje.
- Una tapa que tiene acoplado un guante de avance con rosca externa por donde se mueve la cruceta de avance.
- Válvula de paso.
- Válvula check.
- Vástago de acero revestido con cromo.
- Un dispositivo equipado con matraca para accionar la máquina, la cual posee un cabo conectado a la pieza que contiene la matraca.
- Juego de galápagos (silletas) para utilizar en todos los diámetros de tubería existentes en el sistema de abastecimiento de agua.
- Empaques para efectuar los acoplamientos de la silleta al tubo y de la máquina Mueller a la silleta.
- Ganchos metálicos cuya función es sujetar la cadena.
- Cadena metálica con longitud suficiente para abrazar todo el perímetro de la tubería de mayor diámetro en el sistema en el que ésta se utilizará.
- Horquilla metálica, dispositivo de seguridad para presiones muy altas.
- Juego de llaves; una llave tipo estrella que tiene doble uso: ajustar las tuercas del gancho que sujeta la cadena y su parte posterior tiene un orificio que permite apretar el tornillo que sujeta la broca machuelo y el colocador de la válvula de paso, una llave fija que permite sacar el tapón y que se queda enroscada en la válvula de inserción cuando se instala la misma en la tubería bajo presión.
- Brocamachuelo de 1 pulgada, obsérvese que es diferente el tipo de brocamachuelo para cada tipo de material (tubería que está siendo perforada), por lo tanto, su compra y aplicación debe ser cuidadosa.
- Conjunto de plugs (portainserción) con rosca que permiten desacoplar el vástago de la máquina Mueller conectado a la válvula de inserción.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 36 de 143



Figura 24.- Accesorios de la Máquina Mueller y Brocamachuelo para tuberías de acero y de asbesto.



Figura 25.-Partes de La Máquina Mueller.

Handwritten signatures and initials in blue ink at the bottom of the page.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 37 de 143

Para que se pueda efectuar la medición del caudal instantáneo en cualquier sección de una tubería que trabaja a presión, es necesario que inicialmente se proceda con la instalación de una Estación Pitométrica, (EP).

La EP está constituida por una válvula de inserción protegida por una caja de visita como se muestra en la figura siguiente:

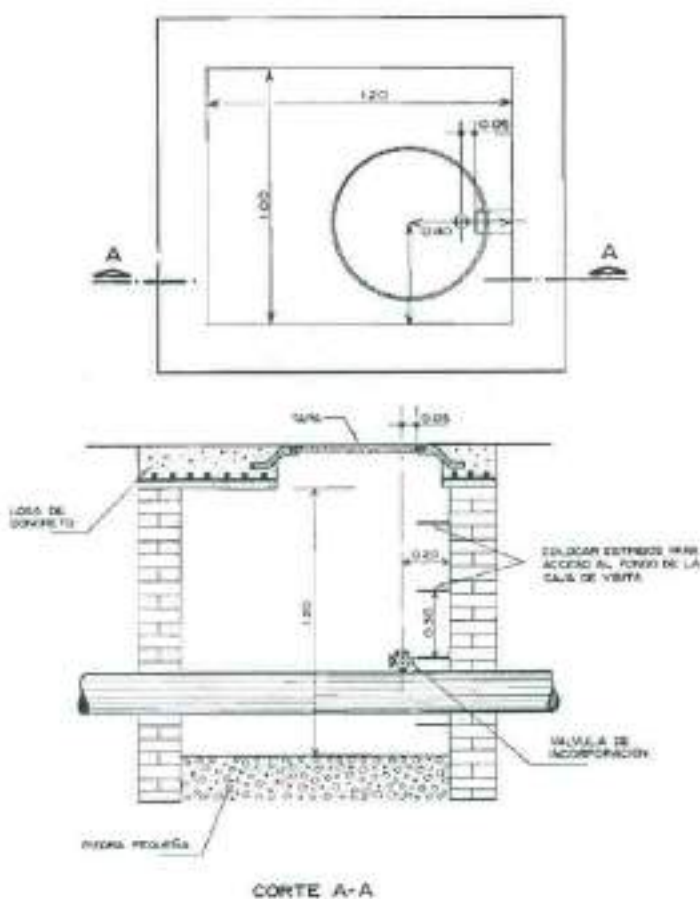


Figura 26.- Caja de visita para proteger la Estación Pitométrica. (Dimensiones geométricas)

[Handwritten signatures and marks in blue ink]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 38 de 143

Se debe tener cuidado en la ubicación de la Estación Pitométrica, puesto que ésta debe instalarse en tramos rectos de la tubería, para asegurar una distribución uniforme de las velocidades del agua y por ende tendremos una medición con mayor precisión, al referirnos a tramos rectos de la tubería, significa que la válvula de inserción debe colocarse aguas abajo y aguas arriba a una distancia mínima de cualquier accesorio que pueda producir una región de turbulencia cerca de la sección donde vamos a efectuar el levantamiento del perfil de velocidades: algunos ejemplos de estos accesorios son: Codos de 90°, reducciones bruscas, válvulas graduadas, conjuntos motor-bomba, etc.

Para la preparación del sitio se deben considerar algunos aspectos, con el fin de que la medición se lleve a cabo correctamente.

La distancia mínima con la que se debe contar para la instalación de la válvula de inserción, está dada en diámetros nominales (D_n) de la tubería donde se instalará el tubo Pitot, algunas de estas situaciones se pueden presentar así:

- a) . - En caso de que tengamos cualquier accesorio, debemos instalar la válvula de inserción a $10 D_n$ como distancia mínima si el accesorio está aguas arriba, y $5 D_n$ si está aguas abajo.

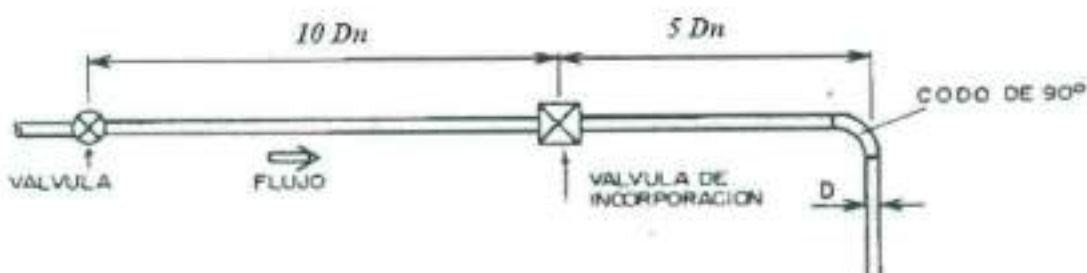


Figura 27.- Localización de una Estación Pitométrica.

- b) . - Si se tiene la presencia de conjuntos motor-bomba + accesorios debemos contemplar una distancia mínima de $30 D_n$.

Nótese que normalmente la válvula de inserción estará colocada aguas abajo del conjunto motor-bomba y una posible válvula de compuerta o mariposa.

[Handwritten signatures and marks in blue ink]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 39 de 143

- c) . - Existe una condición extrema cuando tenemos sumadas las presencias de conjunto motor-bomba + válvula + curva de reversa, la curva de reversa es el acoplamiento de dos codos de 90° de modo que la dirección del flujo cambia, en casos como este para garantizar que el perfil de velocidades no va a sufrir interferencias, es más conveniente que la distancia mínima sea aproximadamente 50 Dn.

Otros puntos importantes que se deben de considerar son los siguientes:

- 1) No deben elegirse lugares inmediatamente debajo de líneas de transmisión eléctricas (alta tensión) para prevenir accidentes originados por cortocircuitos causados por eventuales fugas o accidentes en la válvula de inserción, en éstos casos es suficiente una distancia de 20 metros de la línea de transmisión.
- 2) Se debe evitar la colocación de Estaciones Pitométricas cerca de puntos de la tubería donde existan o se va a instalar ventosas (válvulas de admisión y expulsión de aire), para evitar interferencias del aire en mediciones futuras.

Dentro de lo posible, se debe tener la certeza que la sección transversal seleccionada como futura Estación Pitométrica se mantenga a presión durante todo el día, en pitometría no se puede hacer mediciones del caudal en secciones transversales que no estén completamente llenas.



Figura 28.- Si el tubo no está completamente lleno, tendríamos errores en las lecturas.

[Handwritten signatures and marks in blue ink]



NOMBRE DEL DOCUMENTO MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Edición: Segunda
	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 40 de 143

Luego de efectuarse la selección del punto de medición, se ejecutará la apertura de una zanja (solo en caso de tuberías enterradas), descubriendo la tubería; esta operación normalmente se efectúa con ayuda de picos y palas, raras veces se usan retroexcavadoras (sólo en caso donde la profundidad de la tubería es grande), porque existe el peligro de romper el conducto, al descubrir la línea de conducción, debe dejarse un pequeño espacio por debajo de esta para que al momento de colocar la cadena que ajustará a la máquina Mueller la cadena se pueda deslizar con facilidad.



Figura 29.- El orificio deberá ser lo suficientemente grande para que se pueda pasar la cadena por él.

Para la exitosa colocación de la válvula de inserción en la tubería con la máquina Mueller se deben seguir los siguientes pasos:

1. Perforación del tubo
2. Elaboración de la rosca
3. Instalación de la válvula de inserción

Procedimiento para ejecutar la perforación:

1.- Limpiar y lubricar todas las partes de la maquina Mueller que puedan tener desgaste, incluyendo todas las roscas (brocamachuelo inclusive), a excepción de la superficie del vástago que no necesita lubricación.





NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 41 de 143

2.- Seleccionar la brocamachuelo adecuada al material, diámetro y clase de la tubería y al diámetro y tipo de rosca de la válvula de inserción (normalmente es de diámetro igual a 25.4mm), seleccionar la silleta o galápago adecuado al diámetro y tipo de la tubería; normalmente los galápagos tienen marcado en su cuerpo el rango de diámetros o el diámetro que puede usarse.

3.- Hacer una inspección en la válvula de inserción a ser utilizada, evitándose así trastornos al momento de accionarla, la inspección consiste en verificar visualmente la presencia de posibles defectos de fabricación en las partes internas del cuerpo de la válvula y en los hilos de las roscas externas. Además, debemos verificar si la apertura y cierre de la válvula de inserción puede hacerse sin mayor esfuerzo, verificando también si la abertura libre mide realmente 1 pulgada (25.4mm).

4.- Ejecutar una limpieza del tramo de tubería donde va a instalarse la válvula de inserción con un cepillo de acero para quitar residuos de tierra o cualquier tipo de impureza, colocar el empaque inferior sobre el tubo, obviamente la parte saliente del empaque debe estar hacia arriba.

5.- Sobre el empaque inferior, colocar el galápago o silleta ya preseleccionada, y colocar el empaque superior en la depresión existente en el empaque.

6.- Desenroscar la tapa del cuerpo de la máquina Mueller, nótese que con la tapa sale el dispositivo de avance y el vástago completo, preferentemente, realizar esta operación con el vástago de la máquina retraído al máximo.

7.- Colocar el cuerpo de la máquina sobre el empaque superior en la depresión existente en el galápago la pequeña palanca que permite abrir o cerrar la válvula "check" debe estar situada hacia abajo en la posición "abierta" ("open"), y el colocador de la válvula de paso debe estar indicando posición de desfogue o alivio ("relief").

8.- Colocar los ganchos metálicos en su sitio y acoplar la cadena metálica a ellos, esta debe abrazar el diámetro externo de la tubería, cuidándose que la misma esté colocada paralelamente (lo máximo posible) a la sección transversal que estamos perforando.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 42 de 143

9.- Cuando se instale la válvula de inserción en el lomo de la tubería, es necesario utilizar un nivel de burbuja acomodado sobre la parte superior del cuerpo de la máquina Mueller, a manera de referencia se empiezan a ajustar las tuercas de los ganchos metálicos, a fin de sujetar la cadena lo máximo posible, esta operación es manual; no es necesario utilizar algún otro recurso, utilice la llave estrella que acompaña a la máquina Mueller para esta operación.

Esta operación se realiza alternamente, ajustándose una u otra tuerca, y guiándose por el nivel de burbuja de modo que, al final de la operación, la máquina esté casi perfectamente nivelada con el eje de la tubería.

10.- La próxima etapa es acoplar la brocamachuelo al vástago, en la parte inferior del vástago existe un cubo, éste posee un perno que permite sujetar la brocamachuelo, antes de acoplar la misma al eje, es necesario desenroscar este perno con una tuerca que está en la parte externa del cubo. Esta operación se efectúa con ayuda de la parte posterior de la llave estrella que se utiliza para ajustar las tuercas de los ganchos metálicos, luego, se acopla la brocamachuelo al cubo, observándose que sus dos pinos guías estén perfectamente acomodados en las ranuras existentes.

11.- Instalar el conjunto eje+brocamachuelo en el cuerpo de la máquina Mueller y ajustarlo con la rosca existente en la tapa, otra vez el ajuste es solamente manual y se ejecuta con la ayuda de los manubrios existentes en la tapa.

12.- Bajar el conjunto eje+brocamachuelo hasta que la brocamachuelo haga contacto con la superficie externa de la tubería, acoplar el anillo de empuje de la cruceta de avance a la superficie superior del collar de fricción del vástago.

13.- Verificar que esté bien asegurada la tuerca que permite fijar la palanquita de operación de la válvula "check", comprobar que la válvula de paso esté colocada realmente en desfogue o alivio.

14.- Acoplar la pieza equipada con matraca, al cuadrado existente en la parte superior del vástago, ajustar el sentido de rotación de este dispositivo con ayuda de una palanquita existente en el cabo del mismo.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 43 de 143

15.- El orificio y luego la rosca se hacen en sentido de las agujas del reloj, la secuencia básica es la siguiente: se promueve un avance moderado, girando la cruceta de avance en el sentido de las agujas del reloj y luego se gira varias veces el cabo del dispositivo equipado con matraca en el mismo sentido, hasta que se sienta que el esfuerzo que se está haciendo es muy suave.



Figura 30.- Se debe remarcar, que una vez iniciada la perforación de la tubería, es imposible efectuar ajustes en las tuercas de los ganchos metálicos pues la brocamachuelo se mueve de la ubicación inicial y la perforación será equivocada.

Estos giros normalmente son de un cuarto a media vuelta cada uno, de forma que el trabajo sea confortable, luego, se promueve un nuevo avance, esta secuencia se repetirá cuantas veces sea necesario para que toda la porción de la brocamachuelo responsable de hacer el orificio ingrese al mismo, en un determinado momento, durante la ejecución de esta etapa, el agua empezará a salir a través de la válvula de paso hacia la atmósfera, pues con el ingreso gradual de la brocamachuelo en la pared de la tubería, llega un instante en que el agua alcanza los canales existentes en la broca, comunicándose inmediatamente con la parte exterior: en este momento, la válvula de paso debe ser colocada en BY PASS y continuar con la operación de perforación, esta operación se concluirá cuando, aun



NOMBRE DEL DOCUMENTO MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Edición: Segunda
	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 44 de 143

con el avance de la broca, el giro del cabo del dispositivo con matraca no ofrece ninguna dificultad (resistencia), es decir es demasiado suave.

Procedimiento para hacer la rosca.

1.- El primer paso es avanzar la brocamachuelo por medio de la cruceta de avance hasta que nuevamente la cruceta ofrezca resistencia al giro, se inicia entonces la ejecución de la rosca.

2.- El procedimiento es el mismo que cuando se ejecutó el orificio, salvo algunas observaciones importantes que se registran seguidamente, el movimiento de giro del cabo del dispositivo con matraca debe ser lo más uniforme posible, evitándose completamente cualquier tipo de movimiento o golpes en esta operación.



Figura 31.- Un movimiento más brusco puede llevar a remontar un hilo de rosca sobre otro





NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 45 de 143

3.- El avance del machuelo también debe ser suave, evitándose así innecesarios esfuerzos adicionales, una segunda observación es que el avance del machuelo a través del giro de la cruceta de avance debe efectuarse de la siguiente manera: se gira la cruceta hasta que se presente resistencia al giro; este movimiento debe efectuarse en el sentido de las agujas del reloj; inmediatamente, seguirá la misma en el sentido inverso un cuarto de vuelta, y luego se gira el cabo de la pieza con matraca hasta que nuevamente ofrezca poca resistencia. Esta secuencia de operaciones debe realizarse varias veces hasta completar la operación para hacer la rosca.

4.- No existe especificación alguna para el momento preciso en el que nos debemos detener; a través de la práctica en pitometría, es suficiente una distancia de 20 mm desde la superficie inferior del collar antifricción del vástago, hasta la superficie superior del guante de avance, para que la válvula de incorporación no se proyecte demasiado hacia el interior de la sección transversal de la tubería.

Otra observación es que, si la máquina tiene una ranura grabada en la parte superior del vástago, abajo del collar de fricción, se utiliza como referencia para detenerse, al finalizar esta operación, empezaremos la siguiente que consiste en enroscar la válvula de incorporación en la tubería, pero antes veamos algunos cuidados a observarse en las operaciones anteriores.

Cuidados que deben observarse:

1. Es indispensable que la máquina Mueller con todos sus accesorios estén en perfectas condiciones de trabajo.
2. Certificar que la cadena metálica esté muy bien ajustada contra el cuerpo de la tubería.
3. Si se nota que por cualquier motivo, la máquina Mueller se movió, antes de que la brocamachuelo perforara la pared de la tubería, mejor suspender la operación, sacar la máquina y buscar un modo de tapar el orificio ya producido.
4. Evitar movimientos bruscos (golpes) durante la operación de girar el cabo de la pieza con matraca; el giro debe ser firme y uniforme.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 46 de 143

5. Durante la inspección previa de los accesorios, verificar detalladamente si cada hilo de rosca del machuelo está perfecto, en caso contrario sustituir la brocamachuelo.

6. Ejecutar la secuencia de operación con mucha atención para evitar errores innecesarios tales como remontar la rosca.

Procedimiento para instalar la válvula de inserción.

1.- La primera operación consiste en sacar el conjunto vástago-brocamachuelo y sustituir la brocamachuelo por la válvula de incorporación, en primer lugar, esta operación consiste en girar el cabo de la pieza con matraca en el sentido contrario a las agujas del reloj (no olvidar cambiar la posición de la pequeña palanca selectora del sentido de rotación).

Simultáneamente se gira la cruceta de avance en la misma dirección y manteniendo una distancia de 1 a 2 mm entre la parte superior del collar antifricción del vástago y la parte inferior del anillo de empuje de la cruceta.

2.- En caso de que esta distancia fuera excesiva y que la presión del agua sea relativamente alta, cuando el último hilo de rosca del brocamachuelo abandone la rosca abierta en la tubería, el vástago podrá expulsarse con violencia hacia fuera, esta expulsión provocará un golpe violento en la superficie del anillo de empuje; en el límite, es posible hasta una ruptura y consecuentemente un accidente, al lograrse desenroscar el machuelo de la rosca de la tubería, se notará un pequeño golpe (collar antifricción contra anillo de empuje), a partir de ahí es posible retirar totalmente el vástago del interior de la máquina, para hacerlo, basta forzar el vástago hacia abajo con las manos u otro dispositivo cualquiera, desacoplar el anillo de empuje que está conectado al vástago y conseguir que el vástago suba lentamente hasta que no avance más.

Otra manera de evitar el golpe es utilizar la horquilla metálica, a través del giro del volante de la horquilla en el sentido contrario al de las agujas del reloj, el vástago subirá sin golpear hasta salir totalmente. Nótese que, en determinado punto de la subida, es posible desacoplar sin problemas el anillo de empuje, el vástago estará en su posición máxima de retracción cuando notamos que ya no sube más, inicialmente, este conjunto de operaciones debe efectuarse lentamente, luego, con



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 47 de 143

la experiencia adquirida a lo largo del tiempo, la velocidad de trabajo se va incrementando.

Antes de retirar la tapa del cuerpo de la máquina Mueller es necesario que cerremos la válvula check moviendo la palanquita hacia arriba y luego fijándola a través del perno que dispone para tal fin, con esto lograremos aislar las cámaras superior e inferior del cuerpo de la máquina Mueller, consecuentemente, aislamos la cámara superior de la presión interna de la tubería, la válvula de paso debe estar colocada en desfogue o alivio, se desenrosca entonces la tapa de la máquina y se retira todo el conjunto.



Figura 32.- Es importante el aislamiento de las cámaras cuando sea necesario ya que esto divide las presiones existentes dentro de la tubería y fuera.

3.- La siguiente operación es desconectar la brocamachuelo del vástago, con la parte posterior de la llave estrella que acompaña el conjunto, se suelta el perno que sujeta la brocamachuelo y con ayuda de un martillo de madera o de plástico, se da un golpe en el pin que está cerca de la tuerca del perno sujetador del brocamachuelo, la que es expulsada del compartimento.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 48 de 143

4.- El acoplamiento de la válvula de inserción al vástago se efectúa a través de los "plugs" (portainsersión) ya mencionados, el proceso de acoplamiento de la válvula de inserción al "plug" menor consiste en acoplar la rosca externa superior de la válvula de incorporación a la rosca interna del mismo.

5.- A continuación se une este conjunto a la rosca interna del "plug" mayor, luego, todo se acopla al cubo existente en la parte inferior del vástago, cuidándose que el perno sujetador del conjunto esté bien asegurado al final de la operación.

6.- Se acopla el conjunto vástago + válvula de incorporación al cuerpo de la máquina Mueller a través de la rosca de la tapa, se sitúa la válvula de paso en "BY PASS"; con este procedimiento logramos que las presiones en las dos cámaras (superior e inferior) de la máquina se ecualicen o igualen, se abre la válvula "check", bajando la pequeña palanca y fijándola.

7.- La operación de enroscar la válvula de incorporación es bastante simple y su ejecución consiste solamente en girar el cabo de la pieza con matraca junto con la cruceta de avance en el sentido de las agujas del reloj hasta que se encuentre resistencia al giro del cabo, se debe ajustar manualmente lo máximo que sea posible, antes de retirar el conjunto se efectúa la siguiente prueba.

Se abre la válvula de paso a la posición de alivio y se espera que la presión interna de la máquina se desahogue y consecuentemente, que salga toda el agua existente sobre el nivel de la salida de la válvula, si no hubiese fugas entre las roscas de la válvula de incorporación y de la tubería, va a llegar un punto en el que no sale más agua, en caso contrario, es necesario realizar un nuevo ajuste o verificar si no hubo algún problema con las operaciones anteriores, luego que todo este normal, podremos retirar la máquina, mas es preciso antes desconectar el vástago de la válvula de inserción.

El procedimiento es el siguiente: separar la rosca del plug mayor de la rosca del plug menor, sin soltarlo de la válvula de incorporación, esta operación puede hacerse fácilmente ya que los dos plugs están conectados a través de una rosca ACME cuadrada, se gira la cruceta de avance en el sentido contrario al de las agujas del reloj hasta el punto en que la superficie de dado del eje esté colocada en el medio de la altura del orificio existente en la pieza con matraca, en esta posición debemos dar un golpe fuerte con la mano en la punta externa del cabo de la pieza



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 49 de 143

con matraca, se soltará la rosca del plug mayor de la rosca del plug menor, pudiéndose desmontar la máquina Mueller, es posible constatar que realmente las roscas se desconectarán, observando simplemente, al contemplar la operación de desenroscar, si el giro del cabo es suave, es decir, lo será si no está desconectando la válvula de incorporación.

Obtención del diámetro interior de la tubería.

Una de las calibraciones principales es la obtención del diámetro interno de la tubería, para lo cual se utiliza un gancho calibrador.

III.4.3 Gancho o Varilla de Calibración:

Este instrumento, figura 33, consiste en una varilla de bronce que pasa a través de una tuerca excéntrica que se enrosca a una válvula de inserción con rosca de 37 mm (1½") de salida, 12 hilos por cada 25 mm (1"), con 25 mm de diámetro libre, con esta válvula abierta la varilla penetra en el tubo, el sello hidráulico se lleva a cabo mediante un empaque de hule ubicado en el fondo de la tuerca.

El extremo inferior de la varilla tiene un gancho de 25 mm de altura y en el superior tiene una rueda o manubrio para facilitar su operación, la varilla tiene un dispositivo o guía de medición que se desplaza a lo largo de la misma y se fija mediante un tornillo.

Para realizar la medición del diámetro interior de la tubería se efectúan las siguientes acciones:

- Para acoplar la varilla a la válvula de incorporación se extiende hasta arriba, de tal forma que el gancho inferior quede dentro de la tuerca, posteriormente se coloca la guía de medición en el extremo superior de la varilla con el indicador de la guía señalando la orientación del gancho.
- Revisar que el empaque de la tuerca esté bien colocado, enroscar la tuerca a la válvula de incorporación con la herramienta adecuada.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 50 de 143

c) Abrir la válvula de inserción y empujar la varilla hacia abajo hasta que toque el fondo del tubo.

d) Girar la varilla 180° , bajar la guía hasta la tuerca y apretar el tornillo de seguridad de la guía, subir la varilla hasta que el gancho toque la pared superior del tubo, medir la distancia desde la parte inferior de la guía hasta la parte superior de la tuerca. Esta distancia más 25 mm de altura del gancho, corresponde al diámetro interno del tubo.

e) Girar nuevamente la varilla 180° , tirar de ella hacia arriba hasta que el gancho penetre en la válvula de incorporación, cerrar la válvula y desenroscar la tuerca del gancho calibrador para retirarlo.

El empuje de la varilla hacia abajo debe hacerse cuidadosamente, puesto que el tubo puede tener revestimiento interno, incrustaciones, arena o sedimento en el fondo, ya que si se empuja fuertemente, estas condiciones pueden modificarse y afectar la medición del diámetro interno real.

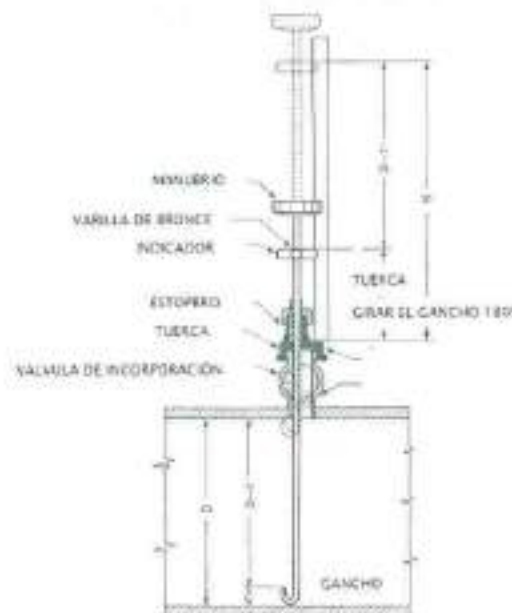


Figura 33.- Gancho o Varilla de Calibración

[Handwritten signatures and marks in blue ink]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 51 de 143

III.4.4.- El tubo Pitot.

Es un instrumento destinado a la medición de la velocidad para calcular y determinar el caudal del flujo en un conducto cerrado y a presión, utilizando la ecuación de continuidad que se muestra a continuación:

$$Q = A \times V$$

Donde:

Q= Gasto del flujo

A= Área transversal

V= Velocidad del flujo

En consecuencia, es un medidor indirecto de caudal y está compuesto de la siguiente manera: en su extremo inferior, el tubo Pitot cuenta con dos pequeños orificios en forma de gancho que están orientados a 180 grados uno del otro, los cuales se colocan uno a favor del flujo y el otro en contra de él, estos pequeños orificios cumplen la función de medir por un lado la carga de velocidad sumada a la carga de presión y por otro solamente la carga de presión del flujo en el tubo respectivamente, como se muestra en la siguiente figura:

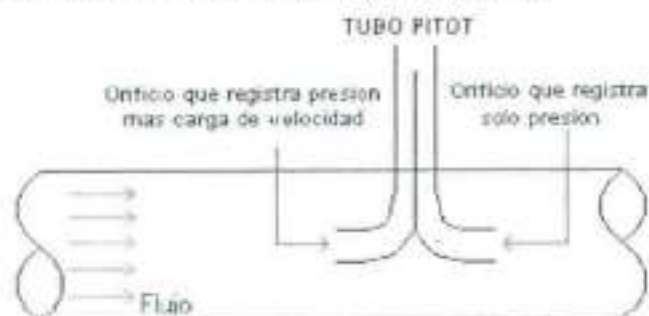


Figura 34.- Orificios del tubo Pitot

El tubo Pitot, consiste en un par de tubos ubicados dentro de una varilla metálica, en el que uno de ellos, transmite la presión hidráulica desde los orificios laterales de referencia y el otro transmite la presión hidráulica y la velocidad del flujo desde el orificio de impacto colocado de frente al flujo.

[Handwritten signatures and marks]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 52 de 143

En particular el tubo Pitot Simplex consta principalmente de los elementos que se señalarán en la siguiente figura.

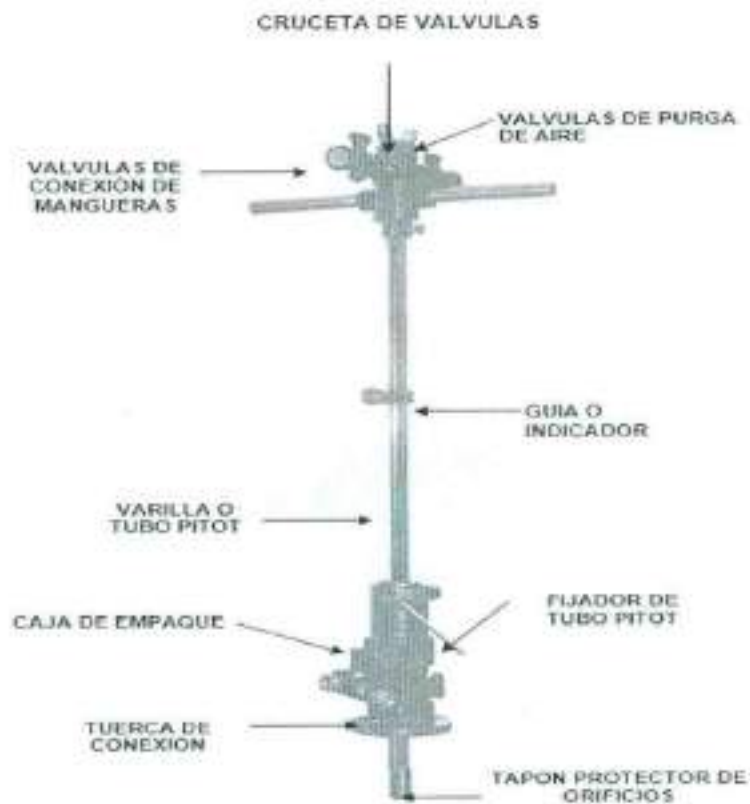


Figura 35.- Partes del Tubo Pitot

- a.- Cruceta de válvulas: Pieza metálica fundida acoplada a la varilla del Pitot, cuenta con dos salidas para la instalación de las mangueras y válvulas para la purga de aire.
- b.- Válvulas de purga de aire: Utilizadas para eliminar el aire del tubo Pitot.
- c.- Válvulas de conexión para las mangueras: Su función es aislar hidráulicamente el tubo Pitot de las mangueras del manómetro de presión diferencial.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 53 de 143

d.- Guía de medición: Es una pieza movable a lo largo de la varilla del Pitot, con la función de indicar la posición de las tomas de presión diferencial en el diámetro interior de la tubería.

e.- Dispositivo fijador de la varilla (Anillo fijador): Dispositivo usado para fijar la varilla del tubo Pitot en una determinada posición, no permitiendo que ella se mueva en la dirección vertical.

f.- Soporte de la escala graduada para travesa (Curva de velocidades): Pieza destinada a fijar la regla graduada que se utiliza para levantar el perfil de velocidades.

g.- Orificios de toma de presión diferencial: Son orificios localizados en el extremo inferior del tubo Pitot Simplex, cuya función es generar el diferencial de presión.

h.- Tapón protector de orificios: Pieza acoplada al extremo de la varilla, destinada a proteger los orificios calibrados.

i.- Varilla: Perfil externo de formato aerodinámico, que recubre a los tubos transmisores de presión diferencial.

j.- Tuerca de conexión o tuerca hexagonal: Es la pieza que permite acoplar el tubo Pitot a la válvula de inserción.

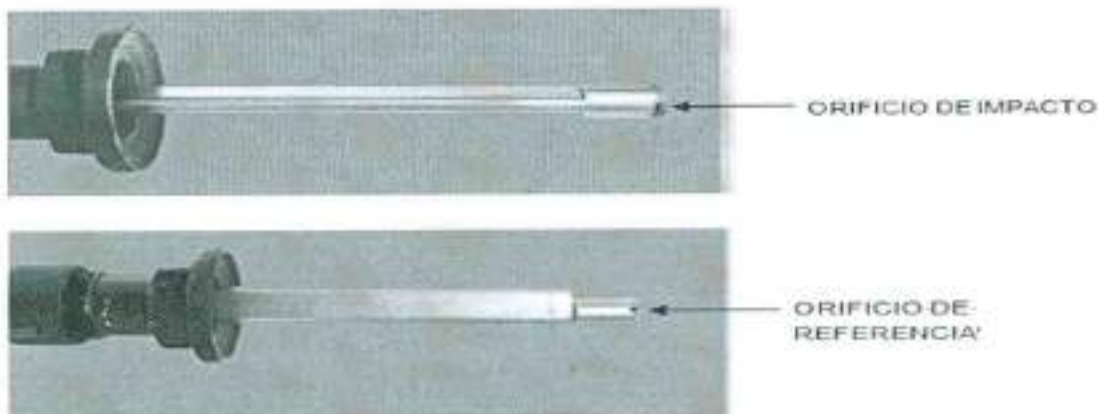


Figura 36.- Orificios de impacto y referencia del tubo Pitot.

[Handwritten signatures and marks]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 54 de 143

El tubo Pitot tiene un dispositivo fijador que lo mantiene en la posición requerida, impidiendo que la presión del agua lo empuje hacia fuera; bajo este fijador se encuentra un estopero (prensa estopa) que debe ser llenado con hilo grafitado y que hace el sello hidráulico, impidiendo fugas de agua. Entre la tuerca de conexión a la válvula de incorporación y el estopero, se encuentra una abrazadera que sujeta a la regla graduada, que sirve para indicar la posición en que se encuentran dentro de la tubería los orificios de impacto y de referencia, para obtener la curva de velocidades.

Para colocar la varilla de Pitot en la válvula de incorporación, se procede a:

- a) Remover el tapón de los orificios de la varilla Pitot.
- b) Para acoplar el tubo Pitot a la válvula de incorporación, se extiende hasta arriba, de tal forma que los orificios queden dentro de la tuerca.
- c) Revisar que el empaque de la tuerca este bien colocado, enroscar la tuerca a la válvula de incorporación con la herramienta adecuada.
- d) Cerrar todas las válvulas del tubo Pitot, abrir la válvula de incorporación y bajar la varilla del Pitot hasta que los orificios del tubo queden aproximadamente en el centro de la tubería.
- e) Abrir las válvulas del extremo superior del tubo Pitot para eliminar el aire y cerrarlas posteriormente.
- f) Dividir el diámetro nominal del tubo en anillos de áreas iguales, registrar estas medidas en la regla graduada que se coloca paralela al tubo Pitot y se apoya en la parte inferior que tiene el tubo Pitot sobre la tuerca de fijación.
- g) Bajar el tubo Pitot hasta el fondo de la tubería y colocar la guía coincidiendo con la marca en la regla graduada que corresponde al fondo del tubo dibujada en la regla graduada, luego subirlo hasta el centro, es decir, a la mitad del diámetro calibrado, quedando listo para ser operado.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 55 de 143

III.4.5.- Manómetro Diferencial:

Un elemento no menos importante dentro de la medición con tubo Pitot, es el manómetro diferencial, el cual nos permite determinar una diferencia de cargas en una tubería. El manómetro diferencial no es más que un piezómetro doblado en forma de "U". Generalmente es fabricado de vidrio resistente a altas presiones (aproximadamente 29 Kg/cm²). Cabe mencionar que el tubo en "U" utilizado como manómetro diferencial es sólo una de las formas de registrar la diferencia de cargas en el tubo Pitot, otros dispositivos con los cuales se puede registrar esta diferencia de cargas son los registradores de reloj y los data logger. En esta parte se describirá solamente el tubo en "U" para conocer sus principios de operación.

Es un tubo de vidrio, con un espesor de 2 mm y diámetro externo de 11 mm. El diámetro interno (la que contiene el líquido manométrico), es de 7 mm, mientras que la longitud común es de 840 mm.

Los tramos o brazos del tubo en "U" deben fijarse a través de una abrazadera especial para evitar que se quiebren en algún momento, al aplicarse un esfuerzo de apertura en los mismos. Aquí es posible la utilización de mangueras como tubo "U" en lugar del vidrio, sólo éstas deben ser transparentes, resistentes a la corrosión ocasionada por el líquido manométrico utilizado y que soporten la presión a las que son sometidas.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 56 de 143

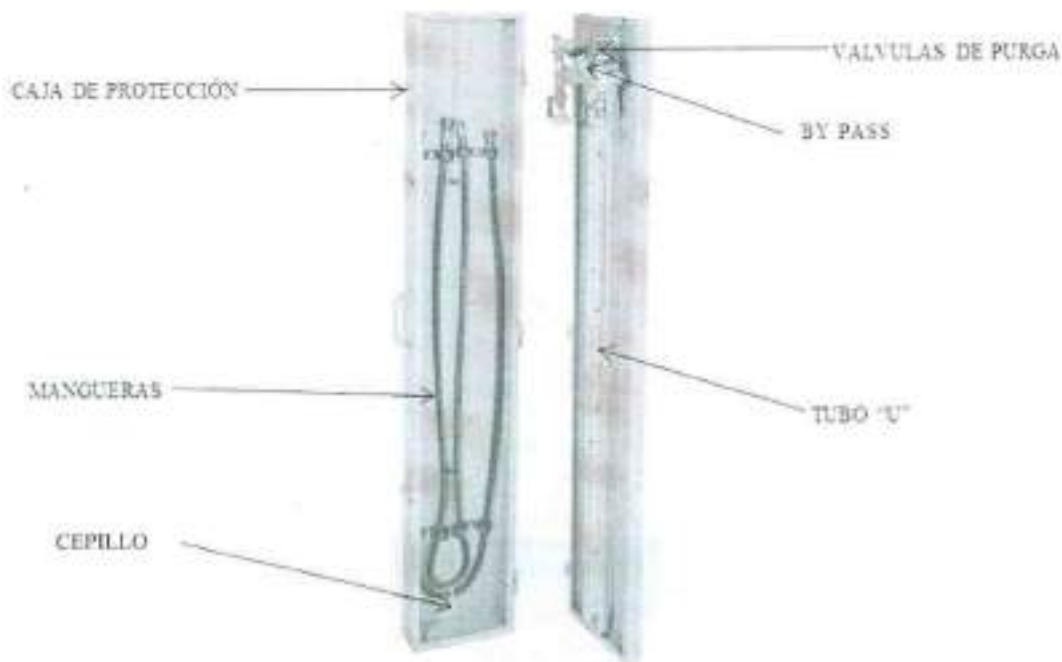


Figura 37.- Manómetro de presión diferencial.

Una de las ventajas que nos da la utilización del tubo en "U" como manómetro diferencial, es que solamente cambiándole el líquido manométrico puede medir y soportar presiones diferenciales más altas.

III.4.6.- Líquidos Manométricos:

Los líquidos manométricos son sustancias químicas usadas en pitometría para transformar las cargas piezométricas y de velocidades generado por las tomas del tubo Pitot en deflexiones, que pueden ser medidas con una regla o un flexómetro.

En el manómetro diferencial se usan líquidos manométricos más pesados que el agua, para evitar la formación de columnas demasiado elevadas en cada uno de los tramos del tubo en "U", lo que dificultaría la lectura de las deflexiones producidas. Ahora bien, la deflexión, es la medida de la diferencia entre las

[Handwritten signatures and marks in blue ink]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 57 de 143

longitudes de las columnas del líquido manométrico en un mismo tubo "U", como se muestra a continuación.

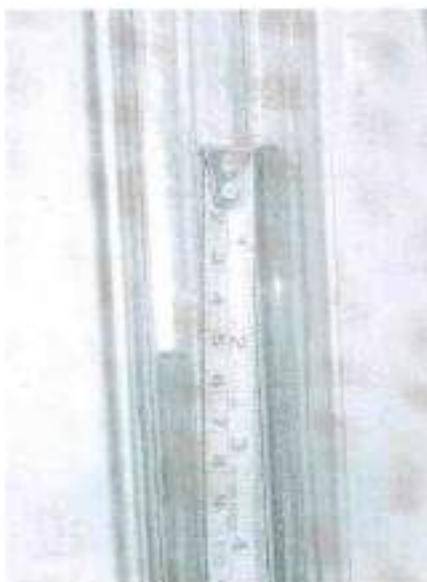


Figura 38.- Deberemos tener cuidado con la regla que se utilice para medir la deflexión.

Actualmente en pitometría se utilizan las siguientes sustancias químicas como líquidos manométricos:

- Percloroetileno con una densidad de: 1.63
- Mercurio Hg con una densidad de: 13.58
- Benceno con una densidad de: 0.87

Es importante aclarar que el benceno se debe mezclar con percloroetileno, a fin de obtener líquidos manométricos con densidades intermedias entre ellos no menor a 1.11. En caso que desee usar otras sustancias químicas, es necesario se verifique si son miscibles con el agua, ya que no debe haber mezcla del líquido manométrico con el agua. Estas mezclas pueden hacerse utilizando probetas y vasos graduados para precipitación.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 58 de 143

Los líquidos manométricos que deben utilizarse son aquellos que lleven a la mayor deflexión posible en el tubo "U", a fin de minimizar los errores de lectura o aquellos como consecuencia de meniscos distorsionados.

Los líquidos manométricos normalmente disponibles tienen un pequeño contenido de alcohol, por este motivo, después de mezclarlos con el benceno o con el colorante es necesario filtrar el material resultante antes de utilizarlo en el campo.

El colorante empleado debe ser de buena calidad, no puede reaccionar con el líquido manométrico; se debe emplear la mínima cantidad de colorante.

Se puede obtener un líquido manométrico de densidad determinada mezclando cantidades apropiadas de líquidos manométricos de densidades diferentes (con excepción del mercurio que no es miscible con los demás líquidos).

Si se conocen los volúmenes V_1 y V_2 de dos líquidos manométricos de densidades d_1 y d_2 , su mezcla tendrá una densidad "d" tal que será válida la siguiente relación:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{d_1 - d}{d - d_2}$$

Dónde:

V_1 = Volumen del líquido 1

V_2 = Volumen del líquido 2

d_1 = Densidad del líquido 1

d_2 = Densidad del líquido 2

d = densidad del líquido que se quiere preparar.

Ejemplo: Se tienen 250 ml de percloroetileno cuya densidad es de 1.63 y se quiere preparar con ese material un líquido manométrico de densidad 1.25, ¿Cuál es el volumen de benceno de densidad 0.87 que debe agregarse?



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 59 de 143

Aplicando la formula anterior y los datos tenemos:

$$V_1 = 250 \text{ ml}$$

$$V_2 = \text{no se conoce}$$

$$d_1 = 1.63$$

$$d_2 = 0.87$$

$$d = 1.25$$

Despejando en la formula y sustituyendo valores obtenemos:

$$V_2 = \left(\frac{d_1 - d_2}{d - d_2} \right) (V_1) = \left(\frac{1.63 - 0.87}{1.25 - 0.87} \right) \times 250 = 500 \text{ ml}$$

A continuación se indican algunas observaciones complementarias:

- Se debe evitar en lo posible, el uso de líquidos con densidad de 1.11, debido a su fácil adherencia a las paredes del tubo "U" y la consecuente destrucción o deformación de los meniscos, lo que puede conducir a errores significativos al medir la carga de velocidad.
- Los líquidos manométricos pueden ser reutilizados, luego de cada uso, se hace la filtración con un papel filtro, eliminándose así el agua y posibles impurezas. Nótese que los líquidos manométricos sucios o excesivamente viejos son causa frecuente de adherencias de los mismos a las paredes de un tubo "U" y consecuente entorpecimiento de las lecturas de deflexiones.
- Dado que las densidades que nos arrojen los líquidos manométricos en el laboratorio no serán las mismas que las que nos den en campo, será necesario efectuar la corrección de la densidad nominal para ajustarla a real, aplicándole un factor de corrección de densidad.

Los líquidos manométricos salen del laboratorio o del taller de pitometría preparados con una densidad que se puede denominar "densidad nominal", pero ésta puede variar si durante una prueba de campo las condiciones de temperatura son diferentes a las del laboratorio.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 60 de 143

Como sabemos el valor del caudal medio a través de pitometría depende del valor de la densidad del líquido manométrico utilizado, por lo tanto, para evitar errores es necesario trabajar con la densidad real del líquido manométrico. Esta se determina en el campo efectuándose una serie de mediciones y luego aplicando una fórmula que se presentara a continuación.

III.4.7.- Determinación de la Densidad del Líquido Manométrico.

Considerando un tubo "U", que contiene un líquido manométrico y agua en ambos brazos, nótese que el líquido no puede mezclarse con el agua y los brazos del tubo en "U" están abiertos hacia la atmósfera.

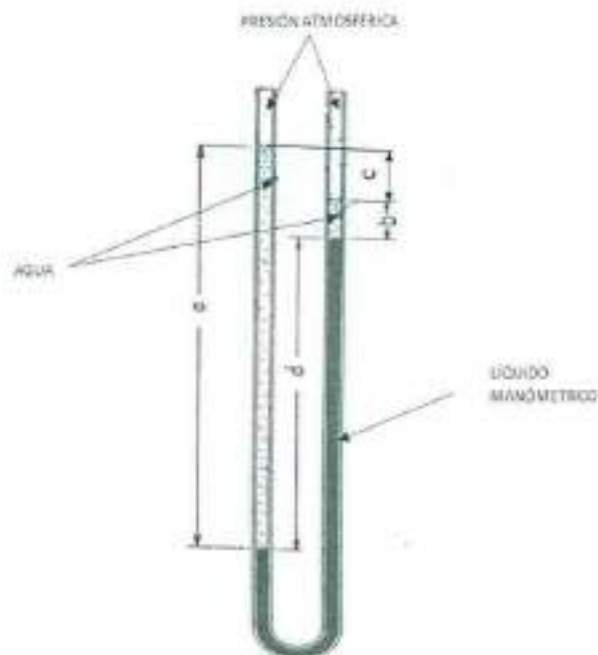


Figura 39.- Parámetros usados para determinar la densidad de un líquido manométrico en campo.

[Handwritten signatures and marks]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 61 de 143

Para determinar la densidad del líquido manométrico se pueden aplicar cualquiera de las siguientes dos fórmulas:

$$\delta = \frac{a-b}{d} \quad \text{Formula 1}$$

$$\delta = \frac{c}{d} + 1 \quad \text{Formula 2}$$

Donde:

- a = Columna mayor de agua.
- b = Columna menor de agua.
- c = Diferencia entre columnas de agua.
- d = Columna del líquido.

Ejemplo: Si en campo realizamos una mezcla de percloroetileno con benceno y obtenemos los siguientes parámetros: a= 565 mm, b= 87 mm, c= 56 mm y d= 422 mm, ¿cuál es la densidad del líquido manométrico resultante? Aplicando ambas fórmulas nos queda:

$$\delta = \frac{565 - 87}{422} = 1.13$$

$$\delta = \frac{56}{422} + 1 = 1.13$$

Como vemos con ambas fórmulas llegamos al mismo resultado.

III.4.8.- Operación del Manómetro Diferencial:

Este instrumento como ya se mencionó anteriormente es un tubo en "U", La parte superior tiene 5 válvulas, figura 40, "r" con "i" son las entradas de las mangueras del tubo Pitot, "ai" y "ar", para la purga del aire y la válvula "e" conecta las líneas de alta y baja presión.





NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 62 de 143

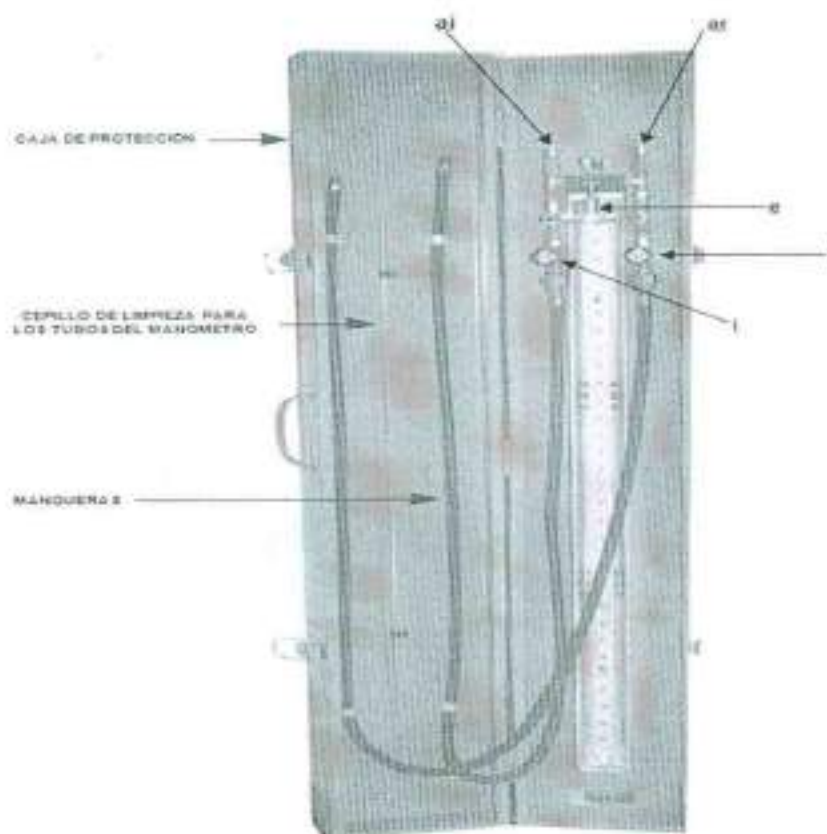


Figura 40.- Manómetro Diferencial.

Para cargar o llenar el manómetro diferencial con líquido manométrico se procede conforme a lo siguiente:

a) Remover la tuerca que sujeta al conjunto de válvulas con los extremos del tubo en "U", introducir el cepillo con agua y jabón para hacer la limpieza del tubo en "U", utilizar un embudo para cargar el manómetro diferencial con el líquido manométrico a usar, hasta la mitad del tubo en "U", puesto que la máxima deflexión en el tubo se obtiene con esta cantidad de líquido.

b) Colocar la tuerca con la herramienta adecuada.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 63 de 143

c) Conectar el tubo Pitot al manómetro diferencial por medio de las mangueras, figura 41, de tal manera que ambos instrumentos queden conectados del mismo lado, es decir impacto con impacto y referencia con referencia.

d) Llenar el manómetro diferencial con agua y expulsar el aire de las mangueras y manómetro diferencial, debe tenerse especial cuidado para no expulsar el líquido manométrico que se logra manteniendo cerrado un lado del manómetro diferencial, en tanto se expulsa el aire del otro, por ejemplo, para expulsar el aire de la línea de impacto, manténganse cerradas todas las válvulas, con excepción de "ai" e "i", posteriormente abrir y cerrar "i" varias veces, lo que facilitará el llenado del tubo en "U" con agua; este procedimiento dará al aire oportunidad de escapar por "ai", una vez que el aire de esta sección haya salido llene el otro lado operando de igual forma las válvulas "ar" y "r".

e) Eliminado el aire, cerrar "r" y, abrir "e", para garantizar que no haya aire en el by-pass. Teniendo abierta "ar", abrir "r" un poco, cerrar "r" antes de que el líquido alcance la parte superior del tubo, cerrar "ar" y "e" y abrir "r" e "i", para colocar el manómetro diferencial en servicio, así la deflexión del líquido será una medida de la velocidad del agua en la tubería.

f) La válvula "e" al abrirse iguala las presiones en ambos lados del tubo en "U", cuando "r" y/o "i" estén cerradas y "e" abierta, el líquido manométrico alcanza la misma altura en ambas partes, esta operación ayuda al operador a probar que no hay aire en el manómetro diferencial, durante la operación del manómetro diferencial las válvulas (ai), (ar) y (e) permanecen cerradas.

En algunos casos cuando existen altas velocidades en la tubería puede suceder que se tenga alguna deflexión aun con la válvula "e" abierta, por último, si al cerrar la válvula "e" se observa que el líquido muestra tendencia a escapar o baja deflexión, en ambos casos, se debe sustituir el líquido manométrico por otro más adecuado, lo ideal es tener una deflexión entre 150 y 300 mm para facilitar la lectura.

g) Si la dirección del flujo en la tubería es desconocida, esta se determina con el tubo Pitot colocado en el centro de la tubería, conectado al manómetro diferencial, se verifica en una dirección el flujo y se mide la deflexión en el manómetro diferencial, se gira el tubo Pitot 180° y se mide la deflexión, la lectura mayor indica



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 64 de 143

el sentido del flujo, lo cual se compara con la flecha grabada en el cuadro (cabeza) del tubo Pitot.

h) Una vez hecho todo lo anterior el conjunto tubo Pitot y manómetro de presión diferencial están listos para la toma de las deflexiones para determinar la velocidad del agua dentro de la tubería.

Cuidados que deben observarse:

- Nunca se debe soltar la varilla del Pitot cuando el dispositivo de fijación de la misma este aflojado.
- No se debe bajar la varilla del Pitot con violencia.

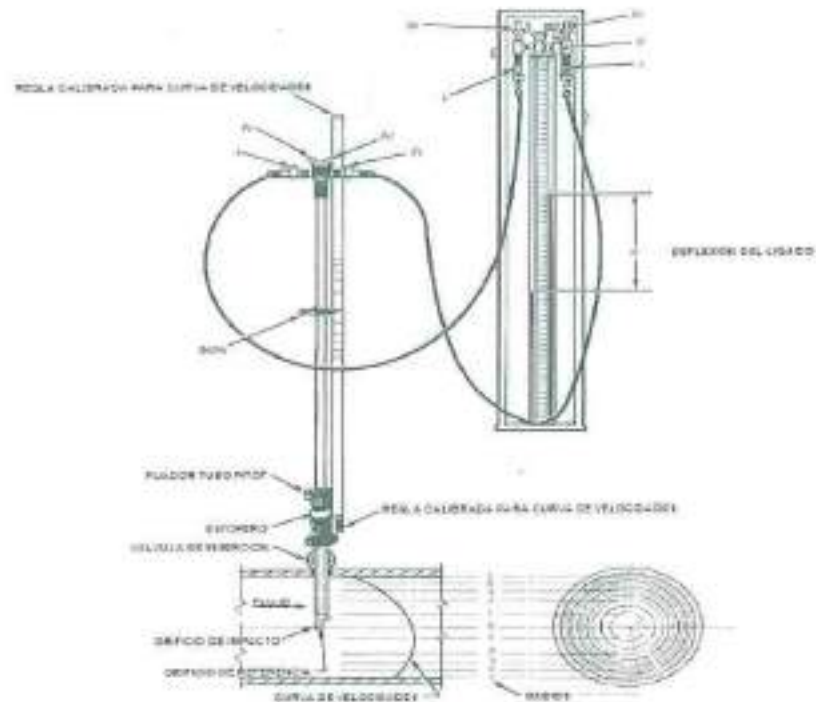


Figura 41.- Conexión del tubo Pitot y manómetro diferencial

[Handwritten signatures and marks in blue ink]



NOMBRE DEL DOCUMENTO MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Edición: Segunda
	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 65 de 143

III.4.9.- Obtención del Factor de Velocidad.

Una vez que están conectados el tubo Pitot y el manómetro de presión diferencial, procedemos a través del método de la pitometría a determinar valores reales, tanto de la velocidad media como del diámetro interno de la tubería. Primero veremos el componente de velocidad media, el cual se justifica debido a que las partículas o filetes de agua no fluyen a la misma velocidad a lo largo de la sección transversal de la tubería, estas variaciones de velocidad a lo largo de la sección transversal de una tubería bajo presión, pueden graficarse para obtener una curva denominada "perfil de velocidades", para trazar el perfil de velocidades dividiremos el área de la sección transversal en anillos de áreas iguales, para la preparación de la escala antes mencionada, es conveniente aclarar que el número de anillos en que se divide el área de un conducto, está directamente relacionado con el diámetro del mismo, el número mínimo de anillos recomendados por los fabricantes para cada diámetro, así como los radios al centro de los mismos, (todas las distancias están indicadas en pulgadas), se presentan en la tabla de la figura 42.

TABLA DE RADIOS

DIÁMETRO DE LA TUBERÍA	Nº DE RADIOS	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
60	9	7.08	12.24	15.84	18.09	21.21	23.46	25.50	27.36	29.12
54	9	6.37	11.02	14.25	16.82	19.09	21.12	22.95	24.62	26.20
48	8	6.00	10.40	13.39	15.86	18.00	19.90	21.62	23.20	
42	8	5.25	9.10	11.72	13.88	15.75	17.39	18.92	20.32	
36	8	4.50	7.79	10.04	11.90	13.50	14.91	16.22	17.40	
34	7	4.34	7.87	10.16	11.02	11.63	15.07	16.38		
30	7	4.00	6.94	8.99	10.61	12.03	13.28	14.46		
24	7	3.22	5.56	7.17	8.46	9.62	10.63	11.56		
20	7	2.67	4.63	5.97	7.07	8.02	8.86	9.64		
18	6	2.39	4.50	5.80	6.88	7.79	8.60			
16	6	2.30	4.00	5.17	6.12	6.93	7.65			
14	6	2.02	3.50	4.52	5.35	6.16	6.69			
12	5	1.90	3.28	4.24	5.02	5.70				
10	5	1.59	2.74	3.54	4.18	4.74				
8	5	1.26	2.19	2.93	3.35	3.80				
6	5	0.95	1.64	2.12	2.52	2.85				
5	5	0.79	1.37	1.77	2.09	2.37				
4	5	0.63	1.10	1.42	1.67	1.90				
3	5	0.47	0.82	1.06	1.25	1.42				

Figura 42.- Tabla de radios o anillos



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 66 de 143

Para iniciar con la toma de lecturas de las deflexiones, ajuste la guía de medición del tubo Pitot a la posición de la escala metálica o de madera que indica el centro del tubo (referencia cero), en el punto anterior, que es el centro de la tubería tome la primera lectura de la deflexión, posteriormente deslice el tubo Pitot hasta que la guía de medición coincida con la graduación de la escala que indica el punto superior del anillo número uno y efectúe la lectura de la deflexión correspondiente. A continuación coloque el orificio del tubo Pitot nuevamente en el centro y realice una nueva lectura, posteriormente ubique el tubo Pitot en el extremo inferior del anillo número uno y tome la lectura, posteriormente coloque el tubo en los anillos dos, tres, cuatro, etc. hacia abajo hasta concluir con todos los anillos de abajo y tome la lectura de cada anillo, regrese al centro y tome todas las lecturas del centro faltantes, una vez concluidas las lecturas del centro comience a tomar a partir del anillo dos, tres, cuatro, etc. hasta concluir con todas las lecturas de los anillos de arriba.

Es importante que para el aforo pitométrico se tomen en cuenta las siguientes consideraciones:

- I. El tubo "U" debe estar perfectamente limpio, evitándose así que el líquido manométrico se adhiera a sus paredes internas.
- II. Por la propiedad de capilaridad sabemos sobre la formación de los meniscos. La figura 43, nos muestra un menisco no muy bien caracterizado debido a factores como: tubo sucio, líquido sucio, exceso de colorante y colorante de mala calidad, como regla general el menisco debe estar siempre muy bien caracterizado.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 67 de 143

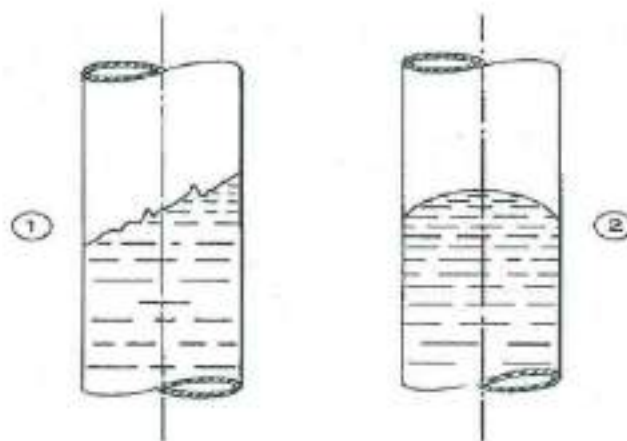


Figura 43.- Menisco no muy bien caracterizado (1) y Menisco bien caracterizado (2)

- III. Al efectuar la lectura de la deflexión, usar siempre la tangente a los meniscos como referencia, figura 44. Si el Menisco es cóncavo usar la tangente al punto extremo inferior del mismo como referencia.

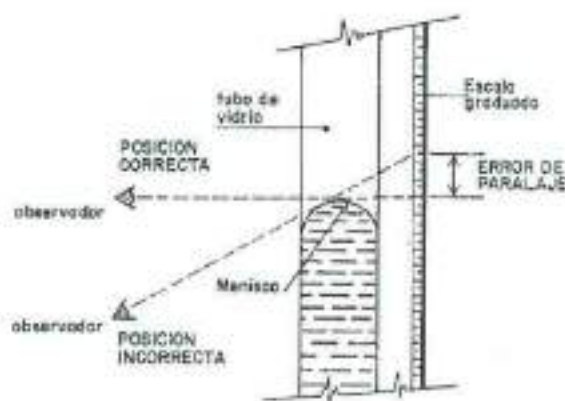


Figura 44.- Posición de la Lectura.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 68 de 143

- IV. Las lecturas deben realizarse con el tubo en "U" en posición vertical.
- V. El tubo en "U" debe estar preferentemente a la sombra, evitándose así una rápida decoloración del líquido manométrico.
- VI. En caso de que no exista caracterización de los meniscos o se observe adherencia del líquido manométrico a las paredes del tubo en "U", el líquido se debe cambiar.

III.4.10.- Registro de Aforo Pitométrico.

Los datos obtenidos durante la práctica del aforo pitométrico deben ser registrados en la forma "Registro de Aforo Pitométrico" (figura 45); en la parte superior de la hoja se debe asentar la siguiente información:

Datos generales de la instalación en donde se realiza el aforo, incluyendo nombre y ubicación.

Diámetro nominal del tubo, diámetro calibrado del tubo, área del tubo en la sección de aforo (con el diámetro calibrado) y el peso específico del líquido manométrico).

Fórmula que se emplea para el cálculo de la velocidad:

$$V = C_p \times \sqrt{(2g(\delta - 1))} \times \sqrt{d}$$

Si simplificamos la fórmula, sustituyendo los valores de la aceleración de la gravedad y la constante C_p , queda de la siguiente manera:

$$V = 3.5524 \times \sqrt{\delta - 1} \times \sqrt{d}$$

En donde:

V= Velocidad del líquido en m/s



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 69 de 143

C_p = Constante constructiva del tubo Pitot que se usa, ésta depende de la posición de los orificios en el tubo Pitot y puede ser igual a 0.795 o 0.802, para nuestro caso es de 0.802 y es adimensional.

g = Aceleración de la gravedad = 9.81 m/s^2 (sólo a nivel del mar)

δ = Peso específico del líquido manométrico usado en g/cm^3 .

d = Presión diferencial medida en el manómetro "U" en mm.

$C_v = V_m/V_c$

Donde:

C_v = Coeficiente de velocidad, calculado a partir de los promedios de las columnas.

V_m/V_c : donde V_m es el valor medio de la velocidad en cada uno de los anillos y V_c el valor de la velocidad en el centro de la tubería y cuyo valor debe ser mayor a C_v que corresponde al coeficiente de velocidad obtenido a partir de la curva de velocidades.

Es necesario anotar en el espacio correspondiente la siguiente información:

- La fecha en que se realizó el aforo,
- La hora de inicio del aforo,
- El nombre del operador que realizó el aforo.

Debajo de la información anterior, el registro se divide en 2 secciones, en la sección izquierda se registran los datos que arrojan las mediciones pitométricas, así como los cálculos derivados de ellas y en la sección derecha un espacio para graficar la curva de velocidades.

Enseguida se describen ambas secciones: Sección izquierda, esta sección está dividida en 7 columnas mismas que se describen a continuación:



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 70 de 143

- Columna n: En esta columna los renglones están numerados a partir del centro de la tubería, del 1 al 9 hacia arriba y del -1 al -9 hacia abajo, los números corresponden al número de anillos en que se divide el conducto para realizar las mediciones pitométricas, tanto para la parte superior del anillo como para la inferior.
- Columna R: En esta columna se anota la distancia a la que se deberán colocar los orificios del tubo Pitot para leer la diferencial de presión en cada anillo.
- Columna d: En esta columna se anota para cada posición de los orificios indicados en la columna R, el valor de la diferencial de presión obtenida en el manómetro "U" en mm.
- Columna dc: En esta columna se anota los valores de la presión diferencial que registra el manómetro diferencial cuando los orificios del tubo Pitot se encuentran en el centro de la tubería.
- Columna Vm: Representa la velocidad media del flujo, se calcula tomando en cuenta las diferenciales de presión de la columna d para cada uno de los puntos, aplicando la fórmula de velocidad, posteriormente se suman los valores de Vm y se calcula su promedio, anotando éste en la parte inferior de la tabla.
- Columna Vc: Esta columna representa la velocidad central del fluido, calculándose en función de las diferenciales de presión de la columna "dc" para cada uno de los puntos, aplicando la fórmula de velocidad, posteriormente se suman los valores de Vc y se calcula su promedio, anotando éste en la parte inferior de la tabla. Generalmente estos valores resultan constantes para todos los anillos en aforos instantáneos, pero en ocasiones tienden a variar, por lo que deberá anotarse el valor que resulte y calcular su promedio.
- Columna Vm/Vc: En esta columna se registra el valor que resulta al dividir por renglones los valores de las columnas Vm entre Vc. Sección derecha: En esta sección se presenta una gráfica, en cuyo eje vertical del lado derecho se encuentran indicados los anillos que sirvieron para efectuar las lecturas



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 71 de 143

de las presiones diferenciales, en el manómetro "U", partiendo de cero a 9 y de cero a -9 en el eje horizontal, los valores del coeficiente V_m/V_c .

- En la gráfica se ubicarán los puntos correspondientes al valor de cada uno de los anillos con el valor del coeficiente V_m/V_c correspondiente. Una vez ubicados todos los puntos en la gráfica, se procede a dibujar la parábola que más se ajuste a los puntos ya localizados, esta parábola deberá de ser lo más uniforme posible. La parábola que resulte, definirá, unos nuevos valores de V_m/V_c en los puntos en que se cruza con las líneas de los anillos representados en el eje vertical del lado derecho, estos nuevos valores se anotarán en la columna denominada "Número de anillos" localizada en la parte izquierda de la gráfica; se suman estos valores y se encuentra su promedio el cual corresponde a C_v (coeficiente de velocidad o factor de estación).

El gasto está dado por la ecuación de continuidad

$$Q = A \times V$$

En este caso se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Q = A \times (V_c \times C_v)$$

En donde

A= Área real del tubo.

V_c = Velocidad central.

C_v = Coeficiente de velocidad



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 72 de 143



AFORO PITOMÉTRICO



FECHA:	07/03/2017	TIPO DE PUNTO DE LA FUENTE:	DERIVACIÓN TANQUE LA SANDAÑA	<input type="radio"/> ORIGINAL	20	"
hora:	1300	serencia:	QUAUTTLAN PONIENTE	<input type="radio"/> CALIBRADO	193/4	"
aforador:	ALFONSO RAMIREZ FLORES	area:	0.1976 m ²	sección:	1.630	V=1.4924x(-3.4)x/d

n	R	d	de	Vm	Vc	Vm/Vc	VELOCIDAD EN METROS POR SEGUNDO
9							
8							
7	0.64	180	343	1.1983	1.6514	0.724	
6	6.86	197	343	1.2513	1.6514	0.758	
5	6.02	205	343	1.2784	1.6514	0.773	
4	7.07	202	343	1.3584	1.6514	0.822	
3	5.97	273	343	1.4732	1.6514	0.892	
2	4.63	293	343	1.5311	1.6514	0.927	
1	2.67	320	343	1.5930	1.6514	0.966	
-1	2.67	346	343	1.6633	1.6514	1.007	
-2	4.63	340	343	1.6441	1.6514	0.996	
-3	5.97	320	343	1.6030	1.6514	0.969	
-4	7.07	300	343	1.5521	1.6514	0.940	
-5	6.02	293	343	1.5293	1.6514	0.924	
-6	6.86	274	343	1.4784	1.6514	0.893	
-7	0.64	254	343	1.4210	1.6514	0.861	
-8							
-9							

GASTO PITOMETRIA: EDGAS: 12.835 FACTOR: 0.800 Q = 290.37 l/s	
GASTO MEDIDOR: LE: 20000 LP: 230181 T: 547.96 " Q = 288.35 l/s DIFERENCIA: -0.70 %	ANILLOS: 9: 0.738 8: 0.758 7: 0.800 6: 0.837 5: 0.872 4: 0.920 3: 0.966 2: 1.018 1: 1.080 0: 1.177 -1: 0.970 -2: 0.963 -3: 0.915 -4: 0.883 -5: 0.860 -6: 0.847 -7: 0.847 -8: 0.847 -9: 0.847 C _v = 0.991

Figura 45.- Formato de Campo de Aforo Pitométrico.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 73 de 143

III.5.- Aforo con Medidor Ultrasónico.

III.5.1.- Principio básico de operación de un medidor ultrasónico de tiempo en tránsito.

Las ondas sonoras viajan en los fluidos a una velocidad específica en función del tipo de fluido. Si el fluido está en movimiento, la onda de sonido viaja a una velocidad igual a la suma de la velocidad del sonido en el fluido y la velocidad del propio fluido en relación con el transductor. Una onda de sonido que viaja en la misma dirección que el flujo, hacia abajo (stream) llegará antes que una onda de sonido que viaja contra la corriente (upstream). El caudalímetro de tiempo en tránsito DCT 7088 es el equipo que se utiliza actualmente en la CAEM; funciona midiendo tanto el tiempo de recorrido absoluto de cada onda de sonido y la diferencia en el tiempo de las ondas que viajan entre los transductores.

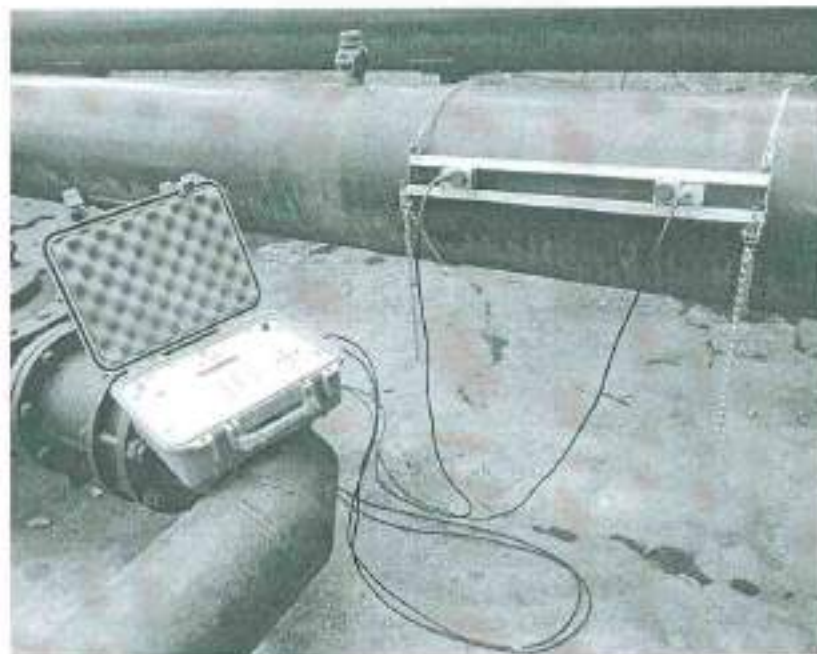


Figura 46.- Medidor ultrasónico de tiempo en tránsito DCT7088.

[Handwritten signatures in blue ink]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 74 de 143

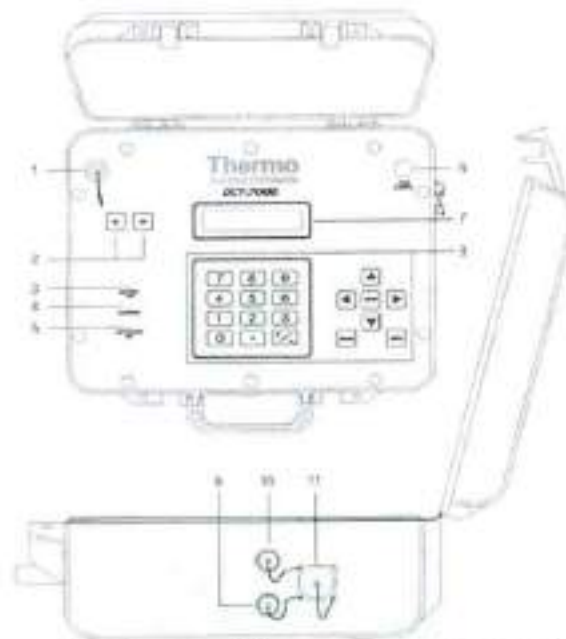


Figura 47.- Características externas del DCT7088.

- 1.- Puerto de impresora
- 2.- Teclas ON /OFF
- 3.- Luz indicadora de batería baja.
- 4.- Luz de carga
- 5.- Luz para iluminar la pantalla
- 6.- Fusible:3-A, 250V,
- 7.- Pantalla de cristal líquido (LCD)
- 8.- Teclado
- 9.- Conector del transductor Downstream
10. Conector del transductor Upstream
- 11.- Conector de interfaz de cuadro

El teclado proporciona acceso al microprocesador para la configuración del medidor de caudal. Durante el funcionamiento, la pantalla de cristal líquido (LCD) de 40 caracteres del instrumento indica el caudal y los valores del totalizador. Para ingresar a la configuración del medidor ultrasónico, es necesario primero presionar la tecla MENÚ y la letra M aparecerá en la esquina inferior derecha de la pantalla y



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 75 de 143

en seguida introducir la dirección de 2 dígitos del menú deseado. La dirección debe introducirse mientras se muestra la M (en aproximadamente 4 segundos). Si la M desaparece en pantalla, pulse de nuevo la tecla MENÚ seguido de la dirección de 2 dígitos. En la siguiente tabla (figura 48) se muestra una lista de los principales menús:

Direcciones de Menús

Tipo de Menú	Visualización	Menú	Tipo de Menú	Visualización	Menú
PANTALLAS PRINCIPALES	Flujo/Totalizador neto	00	TRANSDUCTOR	Tipo de transductor	28
	Flujo/Velocidad	01		Montaje de transductor	29
	Flujo/Totalizador positivo	02		Separación del transductor	25
	Flujo/Totalizador negativo	03	FLUIDO	Unidades de flujo	30
Intensidad de la señal/corte por señal baja	04	Magnitud de flujo máximo		31	
TUBO	Dímetro Exterior	10		Magnitud de flujo mínimo	32
	Espesor de la pared	11		Atenuación	33
	Dímetro Interior	12		Corte por flujo bajo	34
	Material del tubo	13	Corte por señal baja	35	
	Velocidad de sonido en el tubo	14	TOTALIZADOR	Totalizadores	36
Rugosidad interior del tubo	15	Multiplicador del totalizador		37	
ENCAMISADO	Material del encamisado	16		Totalizador Neto	38
	Espesor del encamisado	17		Totalizador positivo	39
	Velocidad del sonido en el encamisado	18	Totalizador negativo	40	
	Rugosidad interior del encamisado	19	Reposicionamiento del totalizador	41	
FLUIDO	Tipo de fluido	20	ALTERNATIVAS	Unidades de medida	42
	Velocidad de sonido en el fluido	21		Calibración	50
	Viscosidad del fluido	22		Posicionamiento en cero	51
		Factor de escala		52	
		Fecha y hora		54	
		Alarmas		70	
		Alarmas del programa		71	
		Visualización de las alarmas		72	

Figura 48.- Lista de menús principales del DCT7088.

Para profundizar más en la operación y calibración específica del medidor ultrasónico de tiempo en tránsito marca Polysonic modelo DCT7088, será necesario consultar la guía de operación proporcionada por el fabricante, la cual está en idioma inglés, pero se cuenta con una traducción al español. Lo anterior se debe a que este Manual Operativo no tiene como finalidad dar a conocer la operación de equipos de medición de cierta marca, sino los métodos de medición.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 76 de 143

III.5.2.- Preparación y selección del sitio de medición.

Antes de la instalación de los transductores, se debe seleccionar un lugar adecuado para garantizar una medición exacta. En las figuras 49 y 50, se ilustran ejemplos de sitios recomendados.

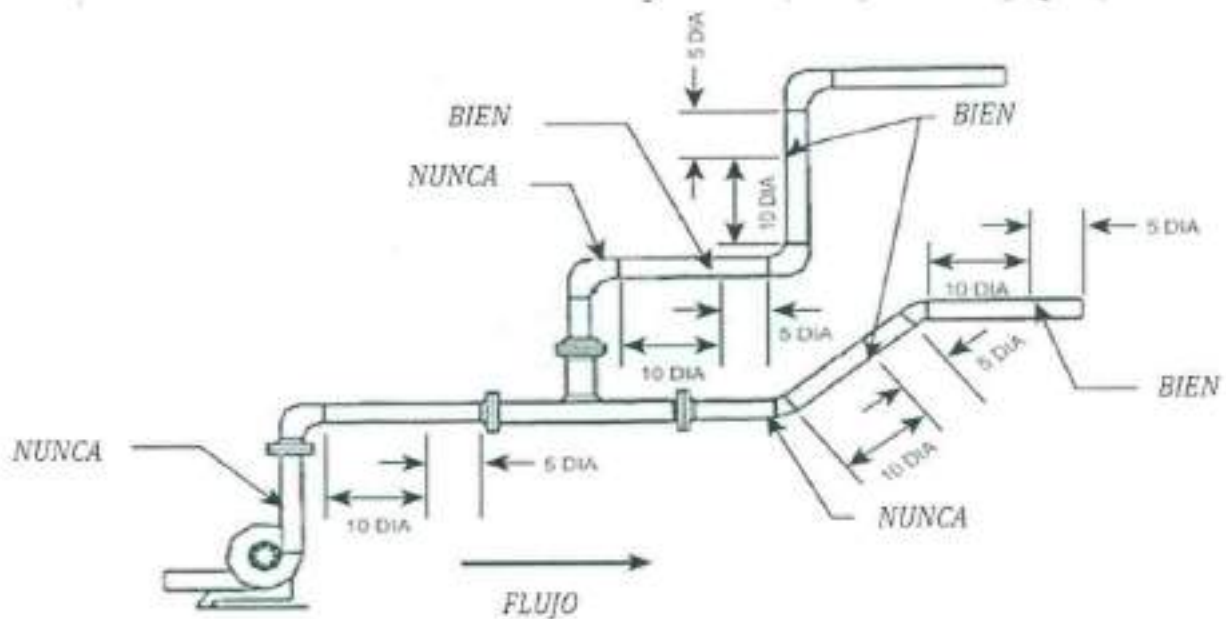


Figura 49.- Sitios recomendados para instalar un medidor ultrasónico.

[Handwritten signature]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 77 de 143

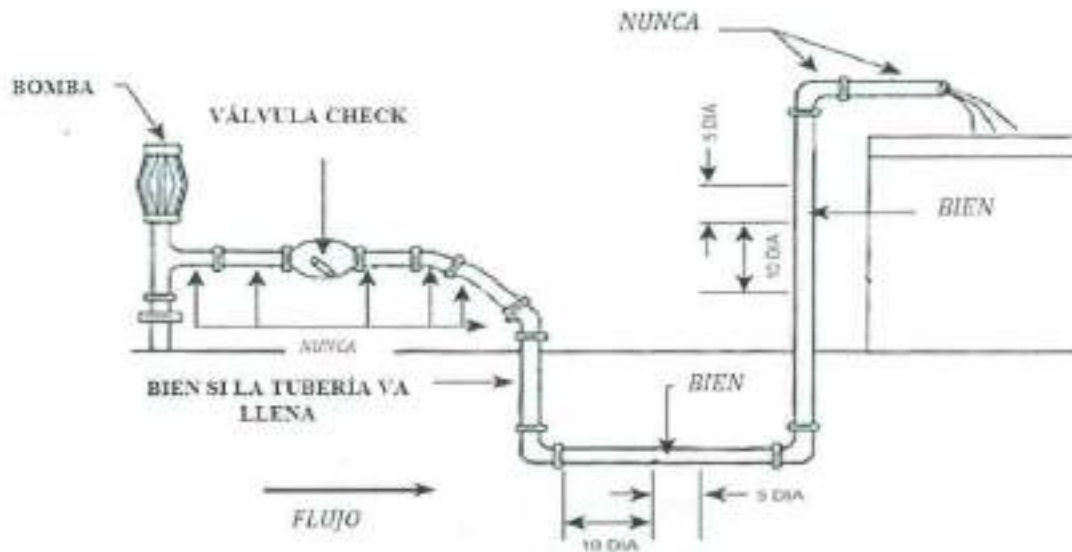


Figura 50.- Sitios recomendados para instalar un medidor ultrasónico.

Utilice las siguientes directrices al seleccionar el lugar de instalación del transductor:

1. Elija una sección de la tubería que siempre está llena de líquido, tal como un tubo vertical con flujo ascendente o una tubería horizontal completamente llena.

El sitio debe tener un tramo equivalente a por lo menos 10 diámetros de tubería aguas arriba y 5 diámetros de tubería aguas abajo de codos, tees, válvulas de estrangulación, orificios, secciones reducidas u otras perturbaciones del flujo.

2. Hasta 30 diámetros de tramo recto se pueden requerir aguas arriba del medidor después de una bomba, de una válvula de control o doble deflexión de tuberías para una mayor precisión. Una distancia de 5 diámetros aguas abajo suele ser suficientes en todas las circunstancias.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 78 de 143

3. Siempre montar los transductores en los lados de la tubería en las posiciones tres o nueve en tuberías horizontales (de acuerdo a las manecillas del reloj). La colocación de los transductores de esta manera evita la pérdida de señal que puede ser causada por el sedimento a lo largo de la parte inferior de los tubos o burbujas y bolsas de aire a lo largo de la parte superior de la tubería.
4. Asegúrese de que la temperatura de la pared de la tubería está dentro del rango de temperatura del transductor. Los transductores operan nominalmente de -40° a 212° F (-40° a 100° C). Para temperaturas hasta 392° F (200° C) están disponibles transductores opcionales de alta temperatura.
5. Las tuberías con corrosión excesiva crean condiciones que pueden hacer que una medición sea imprecisa; si es posible, hay que evitar la selección de estas secciones de tubería para montar los transductores.
6. Elimine la suciedad, grasa, óxido y pintura suelta de la superficie de la tubería antes de montar los transductores. Para obtener mejores resultados en las tuberías viejas y ásperas, hay que limpiar con un cepillo de alambre la pared del tubo hasta dejar el metal a su color original.

III.5.3.- Espaciamiento y montaje de los transductores.

Una vez que haya seleccionado un sitio apropiado para instalar los transductores, debe asegurarse de que la distancia y el montaje de los mismos es el adecuado. Con el fin de maximizar la potencia de la señal y la precisión de la medición es necesario llevar a cabo estos pasos:

- 1.- Determinar qué método de montaje es adecuado para su aplicación.
- 2.- Configurar el medidor de flujo mediante el teclado y anotar el valor requerido de la separación de los transductores.
- 3.- Limpiar la zona de la tubería donde se vaya a realizar el montaje de los transductores. Retire cualquier óxido o pintura suelta; la pintura en buenas condiciones no debe ser eliminada. En tuberías horizontales, los sensores deben montarse en las posiciones de las tres y nueve con el fin de evitar situaciones que pueden causar pérdida de la señal, es decir, sedimentos a lo largo de la parte inferior



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 79 de 143

de los tubos, las burbujas de gas o bolsas de aire a lo largo de la parte superior de la tubería.

4.- Elija el método de montaje de los transductores, el cual puede ser: el método en V, el método W y el método Z.

5.- Instale la guía corrediza portátil.

6.- Instale los transductores de acuerdo a la distancia calculada. La barra superior de la guía metálica está marcada en pulgadas y el carril inferior está marcado en milímetros. Aplicar compuesto de acoplamiento sónico a una cara del transductor e instalarlo a la pared de la tubería. El compuesto sónico debe aplastarse y salir por los costados de los cantos del transductor cuando se coloca contra el tubo. No debe haber espacios con aire entre el transductor y el tubo.

7.- Fije los transductores al tubo usando las abrazaderas de acero inoxidable. Ajuste y asegure ambas correas teniendo cuidado que los transductores estén alineados en dirección normal al tubo.

El medidor de flujo tiene un transductor corriente arriba y un transductor corriente abajo. El cable en el transductor corriente arriba tiene los extremos encintados en cinta roja y el cable del transductor corriente abajo tiene los extremos encintados con cinta en color azul.

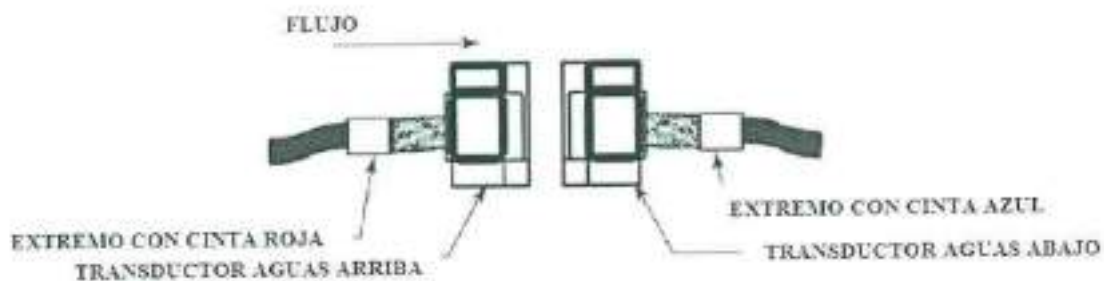


Figura 51.- Montaje de los transductores en función a la dirección del flujo.

[Handwritten signatures and marks]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 80 de 143

8.- Asegúrese de que los cables del transductor están conectados correctamente al instrumento.

9.- Para obtener la mayor exactitud posible, efectúe la calibración del medidor de flujo.

10.- Acceda al menú 00.

Ahora el medidor de flujo es capaz de medir con exactitud la velocidad y el flujo.

III.5.4.- Alineación de los transductores.

El requerimiento más crítico cuando se trata de la alineación de los transductores es que la cara del transductor esté alineada en dirección normal al tubo. Esto es particularmente crítico en tubos pequeños debido a la curvatura del tubo. La figura 52, muestra un transductor instalado correctamente y uno que ha sido instalado incorrectamente. Advierta que el transductor instalado correctamente hace contacto con el tubo en la línea central del mismo y que las distancias sean iguales a ambos lados de la línea central.

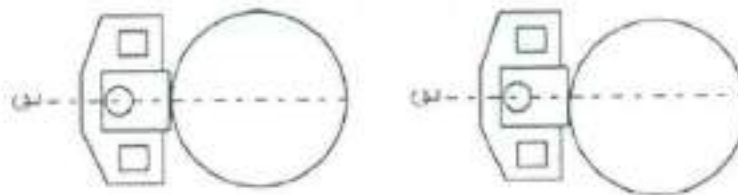


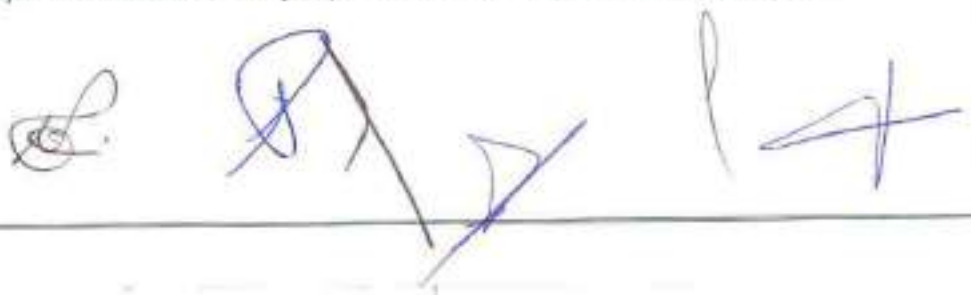
Figura 52.- Instalación correcta e incorrecta de los transductores a las paredes del tubo.

III.5.5.- Métodos de montaje de los transductores.

Los métodos que se utilizan son los siguientes.

➤ Método en "V"

El método en "V", se considera el método estándar para tuberías de 4 a 16 pulgadas de diámetro (101.6 a 406.4 mm). Este método normalmente produce una lectura más precisa que el método en "Z" ya que utiliza una trayectoria más larga de medición.





NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 81 de 143

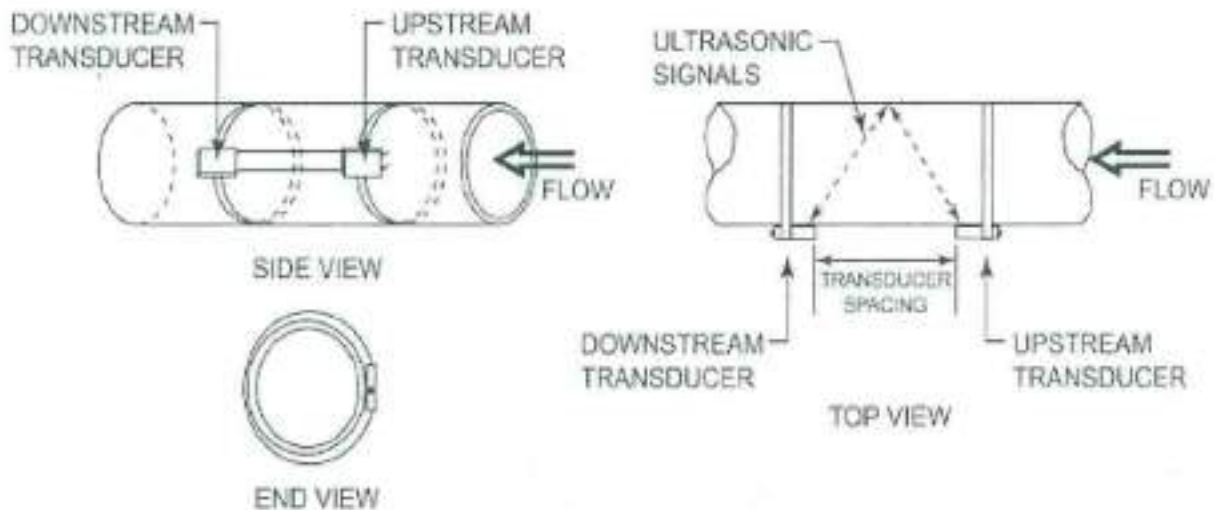


Figura 53.- Montaje de los transductores en método "V".

➤ Método en "W"

Este método se aplica en tubos metálicos pequeños con diámetros exteriores de hasta 4 pulgadas (100 milímetros) o menos.

Con el método en "W", las ondas sonoras atraviesan el flujo 4 veces y rebota en las paredes de la tubería 3 veces. Al igual que el método en "V", ambos transductores están montados en el mismo lado de la tubería.

[Handwritten signatures and marks]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 82 de 143

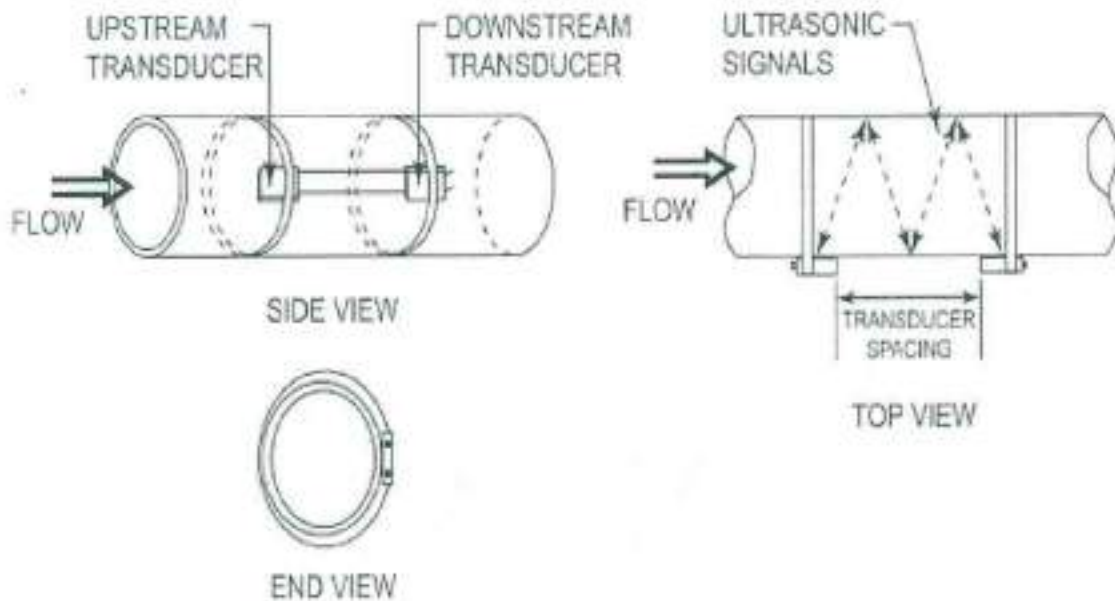


Figura 54.- Montaje de los transductores en método "W".

➤ Método en "Z"

La señal transmitida en una instalación con el método "Z" tiene menor atenuación que la señal transmitida en una instalación con el método "V". Esto es porque el método "Z" utiliza una señal transmitida directamente (en vez de reflejarla) que atraviesa el líquido una sola vez. El método "Z" se utiliza principalmente en aplicaciones donde el método "V" no puede funcionar debido a la atenuación de la señal como consecuencia del exceso de aire o sólidos en suspensión en el líquido, incrustaciones en las paredes del tubo o tuberías de gran tamaño. Además, el método en "Z" generalmente funciona mejor en tuberías de 18 hasta 60 pulgadas de diámetro donde se requiere menos longitud de la tubería para el montaje.



NOMBRE DEL DOCUMENTO MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Edición: Segunda
	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 83 de 143

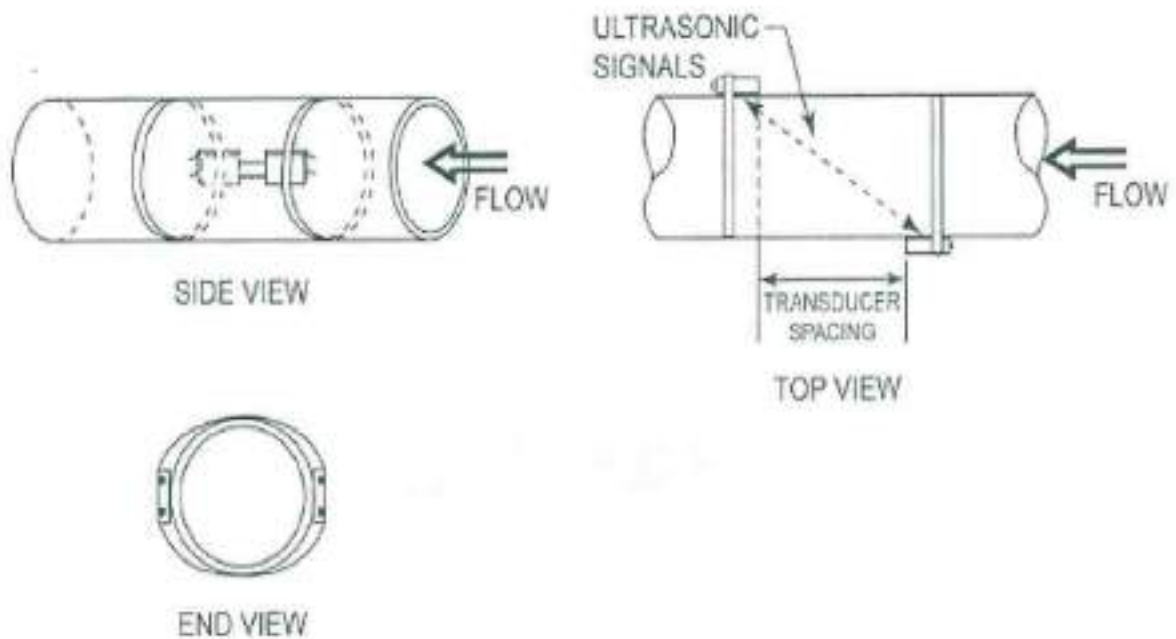


Figura 55.- Montaje de los transductores en método "Z".

III.5.6.- Formato de campo de un aforo con medidor ultrasónico.

A continuación se presenta un formato en blanco para realizar un aforo con medidor ultrasónico.

[Handwritten signatures and marks in blue ink]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 84 de 143



COMISIÓN DEL AGUA DEL ESTADO DE MÉXICO
DEPARTAMENTO DE MEDIDORES Y CUANTIFICACIÓN DE VOLÚMENES



AFORO CON MEDIDOR ULTRASÓNICO

FECHA: _____	ESTACIÓN: _____	ULTRASÓNICO V1: _____	FACTOR: _____
HORA INICIO: _____	SERIE DE: _____	DÍAMETRO NOMINAL: _____	"
HORA FIN: _____	MUNICIPIO: _____	OPERADOR: _____	

<p>MENÚ 10. DIÁMETRO EXTERIOR:</p> <p>DIÁMETRO: _____ mm</p> <p>PERÍMETRO: _____ mm</p> <p>MENÚ 11. ESPESOR DEL TUBO:</p> <p>ESPESOR: _____ mm</p> <p>MENÚ 12. DIÁMETRO INTERIOR:</p> <p>DIÁMETRO: _____ mm</p> <p>MENÚ 13. MATERIAL DEL TUBO:</p> <p>MATERIAL: _____</p> <p>MENÚ 20. TIPO DE FLUIDO:</p> <p>FLUIDO: _____</p>	<p>MENÚ 24. MÓDULO DEL TRANSDUCTOR:</p> <p>Método: _____</p> <p>V: _____ W: _____ Z: _____</p> <p>MENÚ 25. DISTANCIA ENTRE SERIESES:</p> <p>SEPARACIÓN: _____ mm</p> <p>MENÚ 00. FLUIDO TOTALIZADOR:</p> <p>LECTURA INICIAL: _____</p> <p>LECTURA FINAL: _____</p> <p>TIEMPO: _____</p> <p>GASTO: _____ l/s</p> <p>PRESIÓN: _____ kg/cm²</p>	<p>MEDIDOR:</p> <p>Nº DE SERIE: _____</p> <p>LECTURA INICIAL: _____</p> <p>LECTURA FINAL: _____</p> <p>TIEMPO: _____</p> <p>GASTO: _____ l/s</p> <p>DIFERENCIA EN l: _____</p> <p>PROPELA: _____ PRESIÓN DP: _____</p> <p>DIÁMETRO: _____ VÁRCO: _____</p> <p>MENÚS ADICIONALES:</p> <p>MENÚ 30. UNIDADES DE FLUIDO.</p> <p>MENÚ 36. TOTALIZADORA.</p> <p>MENÚ 37. MULTIPLICADOR DEL TOTALIZADOR.</p> <p>MENÚ 41. REPOSICIONADOR DEL TOTALIZADOR.</p> <p>MENÚ 42. UNIDADES DE MEDIDA.</p> <p>MENÚ 51. FACTOR DE ESCALA.</p> <p>MENÚ 54. CORTE POR FLUIDO BAJO.</p> <p>MENÚ 55. CALIBRACIÓN.</p>
---	--	---

OBSERVACIONES: _____

Figura 56.- Formato de campo para aforo con medidor ultrasónico.

(Handwritten signatures and marks)



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 85 de 143

III.5.7.- Ejemplo de un aforo con medidor ultrasónico de tiempo en tránsito

COMISIÓN DEL AGUA DEL ESTADO DE MÉXICO
DEPARTAMENTO DE MEDIDORES Y CUANTIFICACIÓN DE VOLÚMENES

AFORO CON MEDIDOR ULTRASÓNICO

FECHA: 08/03/2017	ESTACIÓN: ENTRADA AL TRINQUE JOQUICUÁN	ULTRASÓNICO N°: TOSSE	FACTOR: "
HORA INICIO: 14:35	SERIE: RESIDUAL TOLUCA	DIÁMETRO NOMINAL: 8	"
HORA FIN: 14:55	MUNICIPIO: JOQUICUÁN, EST. DE MÉXICO	OPERADOR: ALFREDO RAMÍREZ GARCÍA	

<p>MENÚ 10. DIÁMETRO EXTERIOR:</p> <p>DIÁMETRO: 168.275 mm</p> <p>PERÍMETRO: 528.650 mm</p> <p>MENÚ 11. ESPESOR DEL TUBO:</p> <p>ESPESOR: 7.332 mm</p> <p>MENÚ 12. DIÁMETRO INTERIOR:</p> <p>DIÁMETRO: 154.051 mm</p> <p>MENÚ 13. MATERIAL DEL TUBO:</p> <p>MATERIAL: ACERO</p> <p>MENÚ 20. TIPO DE FLUIDO:</p> <p>FLUIDO: AGUA</p>	<p>MENÚ 24. MONTAJE DEL TRANSDUCTOR:</p> <p>MÉTODO:</p> <p>VI: X W: Z</p> <p>MENÚ 25. DISTANCIA ENTRE SENSORES:</p> <p>SEPARACIÓN: 130.300 mm</p> <p>MENÚ 30. FLUJO TOTALIZADOR:</p> <p>LECTURA INICIAL: 6.00</p> <p>LECTURA FINAL: 30.00</p> <p>TIEMPO: 5' 37.55"</p> <p>GASTO: 11.95 l/s</p> <p>PRESIÓN: --- kg/cm²</p>	<p>MEDIDOR:</p> <p>N° DE SERIE: 99W013803</p> <p>LECTURA INICIAL: 4848980.00</p> <p>LECTURA FINAL: 4848994.00</p> <p>FLUIDO: "</p> <p>GASTO: 11.95 l/s</p> <p>DIFERENCIA EN N°: -4.21</p> <p>PROPEL: X PRESIÓN DP: "</p> <p>DIÁMETRO: 8" MARCA: DELAUNET</p> <p>MENÚS AUXILIARES:</p> <p>MENÚ 30. UNIDADES DE FLUJO</p> <p>MENÚ 36. TOTALIZADOR</p> <p>MENÚ 37. MULTIPLICADOR DEL TOTALIZADOR</p> <p>MENÚ 41. REPOSICIONADOR DEL TOTALIZADOR</p> <p>MENÚ 42. UNIDADES DE MEDIDA</p> <p>MENÚ 32. FACTOR DE ESCALA</p> <p>MENÚ 34. CORTE POR FLUIDO SALI</p> <p>MENÚ 31. CALIBRACIÓN</p>
--	---	--

OBSERVACIONES:

Figura 57.- Ejemplo de un aforo con medidor ultrasónico.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 86 de 143

III.6.- Secundarios de Diferencial de Presión

Los elementos primarios de medición de caudal por diferencial de presión requieren de secundarios para leer, registrar, totalizar o transmitir la magnitud objeto de la medición.

Tipos de secundarios:

Por accionamiento mecánico.

Se componen básicamente de:

Célula de diferencial de presión

Eje transmisor del movimiento

Sistema de linkaje (sistema transmisor del elemento sensor para indicación o registro)

Mecanismo de relojería

Sistema de registro por capilar o punta esferográfica

Gráfico circular

Tipos de transmisores de diferencial de presión.

- Célula diferencial tipo Dri-Flo.
- Célula diferencial tipo Strain Gauge.

III.6.1.- Célula diferencial tipo Dri-Flo.

Este tipo de célula es fabricada actualmente por dos empresas norteamericanas, la American Meter Company y la ITT Barton, que las proporcionan a las empresas de instrumentación.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 87 de 143

Esencialmente, el registrador de presión diferencial se compone de un mecanismo de registro y una pluma que convierte señales mecánicas, provenientes de la unidad de presión diferencial, en un registro visual sobre una carta gráfica. Esta carta indica parámetros específicos de la operación del sistema de abastecimiento de agua potable, tal como el caudal. La variación de presión diferencial es registrada por periodos de 96 minutos; 2, 3, 4, 6, 8, 12 y 72 horas, así como de 7, 8 y 30 días.

Básicamente los registradores de presión diferencial están compuestos por las siguientes partes:

- Caja metálica
- Unidad de presión diferencial
- Mecanismo de registro
- Mecanismo de relojería

La caja metálica se fabrica en aluminio fundido y esta revestida con pintura anticorrosiva. Su función principal es la protección de los mecanismos de registro y relojería además de la carta gráfica.

La unidad de presión diferencial consta de una carcasa de acero forjado en cuyo interior están ensamblados sus componentes.

Efectuar cambios en el rango de trabajo y el brazo de accionamiento del tubo de torque. Estos componentes son fabricados en acero inoxidable evitando así la corrosión y garantizando una vida útil mayor.

La compensación de temperaturas se efectúa por medio del dispositivo compensador de temperatura que está compuesto por un fuelle secundario conectado al de alta presión. A medida que el líquido interno se contrae o expande debido a la variación de temperatura, el fuelle de compensación mantiene la presión y la relación entre los fuelles de alta y baja presión.

Los cambios de rango pueden hacerse con gran facilidad reemplazando el resorte existente en el interior de la unidad de presión diferencial. Se debe tener en cuenta cuales son los cambios permitidos por el equipo. Esta información aparece en el manual del registrador.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 88 de 143

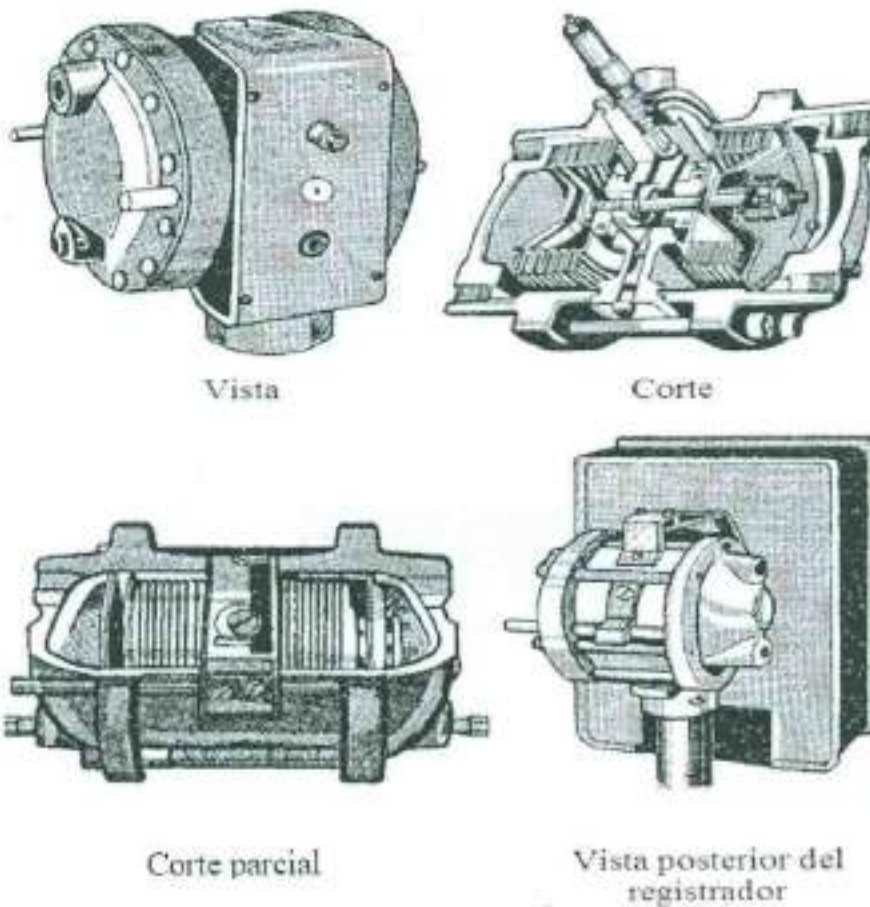


Figura 58.- Célula diferencial tipo Dri - Flo.

El conjunto tubo de torque y eje de torque es un sistema sellado herméticamente para eliminar fricción y fugas.

El mecanismo de registro está compuesto básicamente por un sistema de barras interconectadas y una pluma. Todos estos componentes son fabricados en acero inoxidable.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 89 de 143

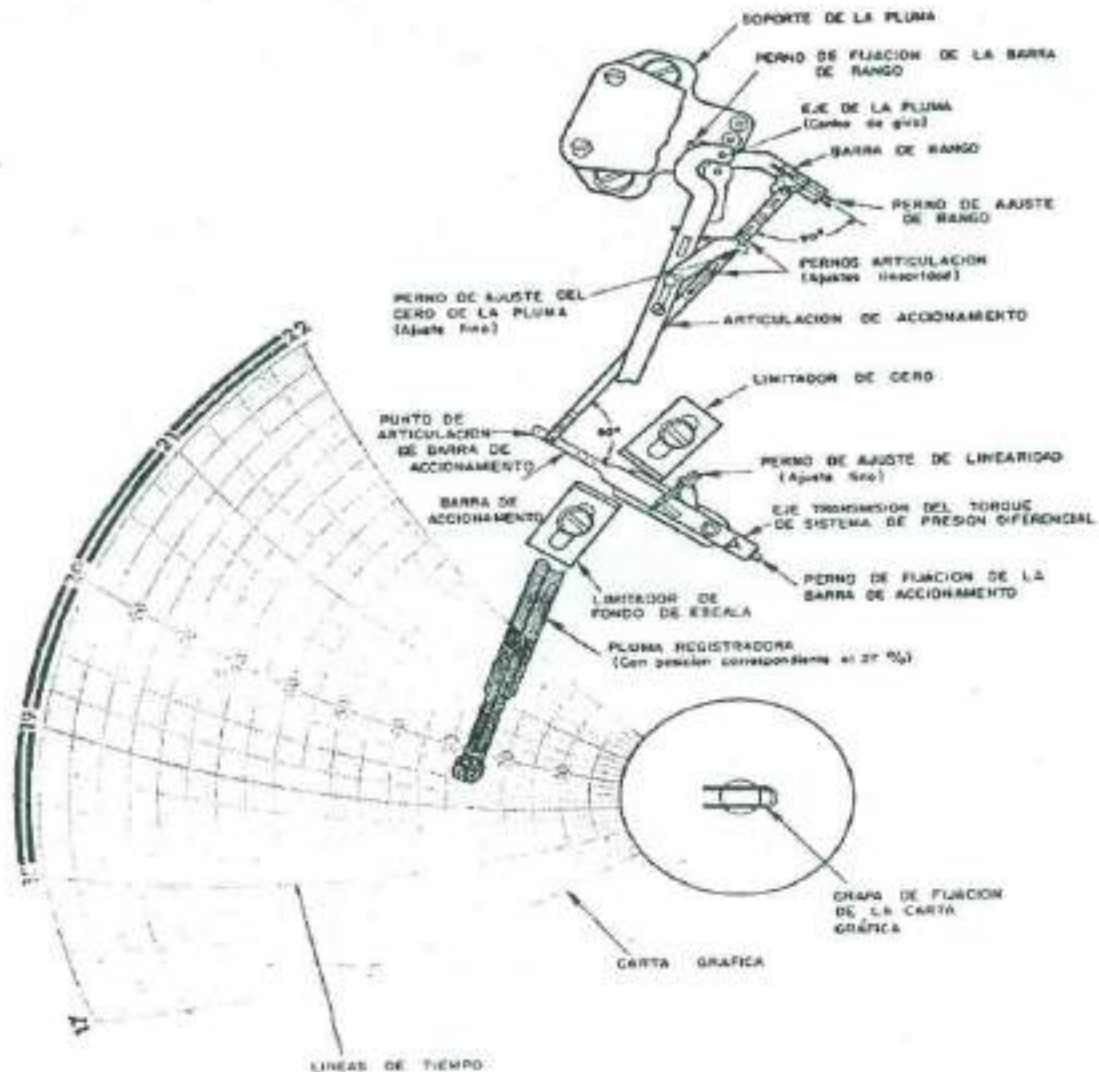


Figura 59.- Esquema del sistema de barras.

El sistema de barras es totalmente ajustable mediante elementos roscados o tornillos. Los principales ajustes que se pueden ejecutar son: cero, multiplicación y angularidad. En la figura 59 se puede verificar el sistema de barras y la pluma.

[Handwritten signatures and marks]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 90 de 143

Las cartas gráficas se fabrican en papel especial y tienen forma circular. Pueden encontrarse en diámetros desde 200 hasta 300 mm, dependiendo del tipo de aparato que se utiliza. Existen en el mercado diversos tipos de cartas marcadas, como por ejemplo: de 0 a 10 pulgadas, 0 a 20 pulgadas, 0 a 250 mm, 0 a 500 mm, o en porcentaje 0-100 %, etc. Estas medidas se refieren a pulgadas y milímetros de columna de agua.

El mecanismo de relojería viene instalado en la parte interna de la caja metálica y tiene una palanca que permite cambiar la velocidad de rotación de la carta grafica (96 minutos; 2, 3, 4, 6, 8, 12, 24 y 72 horas; 7, 8 y 30 días). Debemos observar que un registrador normalmente opera en algunas de estas velocidades, pero no todas. Cada aparato tiene su rango de operación. El mecanismo de cuerda normalmente es manual.

III.6.2.-Principio de funcionamiento:

El registrador de presión diferencial posee dos fuelles opuestos encerrados en cámaras herméticamente aisladas, los cuales están conectados entre sí por un eje central (Figura 60). El diferencial de presión generado por el elemento primario se transmite por medio de mangueras y adaptadores a las dos cámaras.

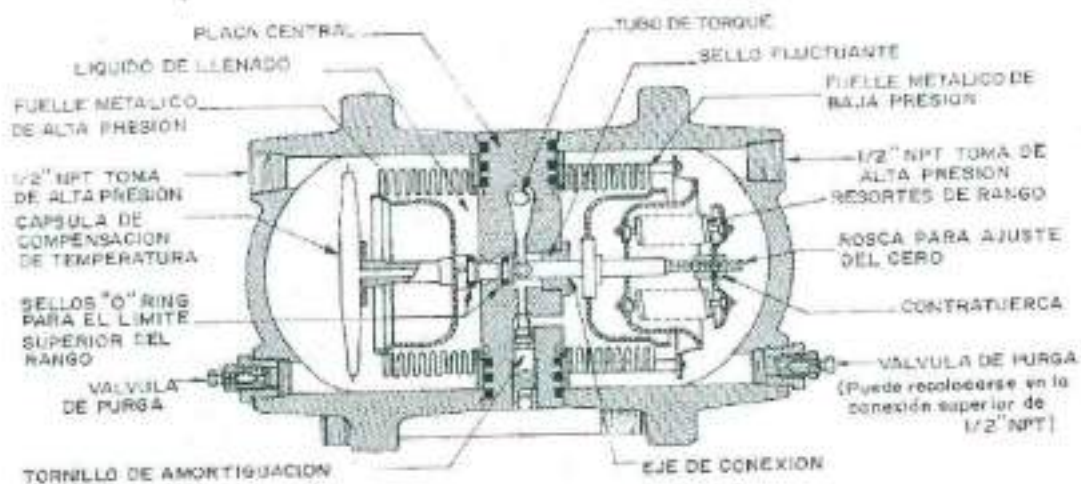


Figura 60.- Partes de la célula Dri-Flo.

[Handwritten signatures and marks in blue ink]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 91 de 143

Cuando se aplican diferentes presiones a las dos cámaras, el fuelle de la cámara de alta presión se contrae, moviendo el eje central en la dirección a la cámara de baja presión. El movimiento del eje central se transmite por medio del tubo de torque al mecanismo de registro (sistema de barras y pluma).

Al aumentar la presión diferencial, el líquido que llena los compartimientos donde se encuentran los fuelles (normalmente etileno-glicol), es forzado a pasar del fuelle de alta presión al de baja presión a través de un pasaje anular. El sistema de amortiguación compuesto por la válvula amortiguadora y el amortiguador de pulsaciones, tiene por objetivo restringir el desplazamiento de este líquido y, consecuentemente, atenuar las pulsaciones provenientes de las variaciones de presión.

El caudal y flujo del líquido de llenado puede regularse por medio de un tornillo operable desde fuera. Este tornillo permite graduar el tiempo de respuesta del aparato.

En capítulos posteriores se hará referencia al cálculo e interpretación de las gráficas de caudal, generadas por este tipo de equipo.

III.6.3.- Registrador de presión: Este aparato consta de un disco montado en un reloj de cuerda. En el disco se coloca una gráfica que registra las presiones existentes en una línea de conducción durante periodos de 24 horas. Se cuenta con registradores de 0.00 a 7.00 kg/cm² y de 0.00 a 14.00 kg/cm², ya sea de cuerda o eléctricos.

III.6.4.- Manómetros Bourdon: Los manómetros tipo Bourdon miden la "presión hidráulica" teniendo como origen la presión atmosférica local.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 92 de 143



Figura 61.- Manómetro de presión hidráulica tipo Bourdon.

El manómetro metálico es un instrumento compuesto externamente por una caja metálica, un visor de vidrio o acrílico y un dispositivo que permite conectar el manómetro a la toma de presión. Este dispositivo normalmente es fabricado en latón y está provisto de una rosca externa. Normalmente la entrada de presión de los manómetros es de 6.35 mm (1/4") o 12.7 mm (1/2"). El orificio por donde ingresa el agua con presión, tiene el diámetro interno de acuerdo a las normas internacionales.

La caja metálica puede fabricarse en diversos tipos de materiales, entre ellos: acero inoxidable, aluminio, latón, policarbonato, etc.

Dentro del conjunto caja metálica + visor tenemos los siguientes componentes: un dial que normalmente es fabricado en aluminio, un puntero cuya función es indicar el valor de las presiones, un sistema de palancas y engranajes que está conectado al puntero a través de un eje y el elemento principal que es el elemento sensor, el cual es un tubo flexible conocido como tubo Bourdon. La Figura 62 muestra esos componentes.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 93 de 143

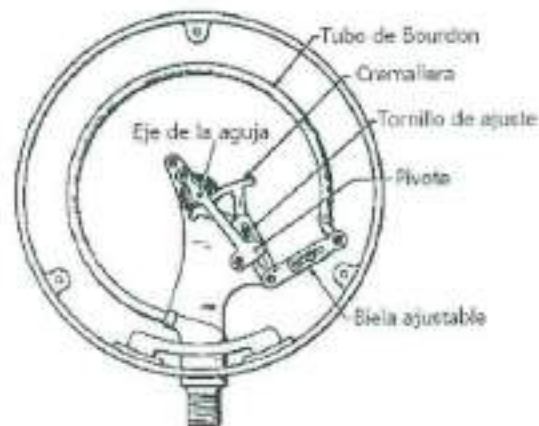


Figura 62.- Componentes del manómetro de presión hidráulica.

El tubo Bourdon en forma de C, es el más utilizado en manómetros tipo reloj o indicadores; se fabrica normalmente de los siguientes materiales:

1. Latón
2. Bronce
3. Bronce -Silicio
4. Acero Inoxidable
5. Bronce Fosforoso
6. Ni-span (utilizado para presiones elevadas, con la ventaja adicional de poseer módulo de elasticidad constante).

Nótese que un aspecto importante del tubo Bourdon es justamente la elasticidad que tiene el material que se emplea para hacerlo. Por esto, los materiales más usados son las aleaciones de cobre y níquel debido a su bajo coeficiente de dilatación térmica.

Principio de funcionamiento.

El elemento sensor o tubo Bourdon tiene una extremidad abierta en contacto con el fluido cuya presión se requiere medir y otra extremidad cerrada, conectada al sistema que mueve el puntero.





NOMBRE DEL DOCUMENTO MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Edición: Segunda
	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 94 de 143

La figura 63 nos muestra un esquema del interior de un manómetro con las presiones actuantes.

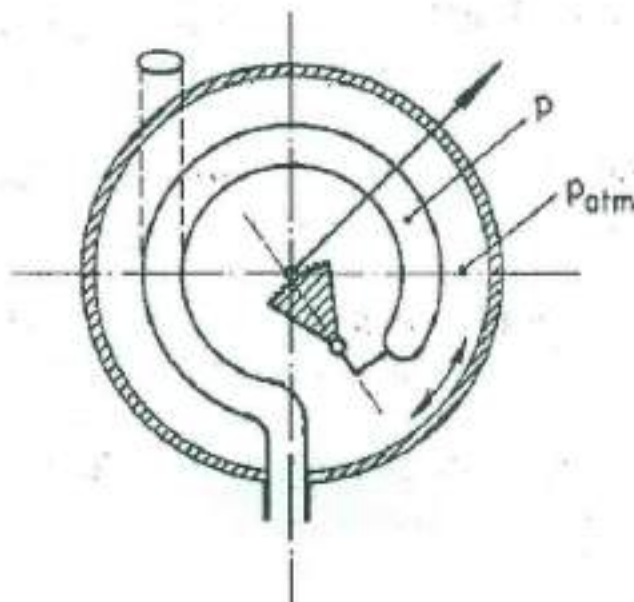
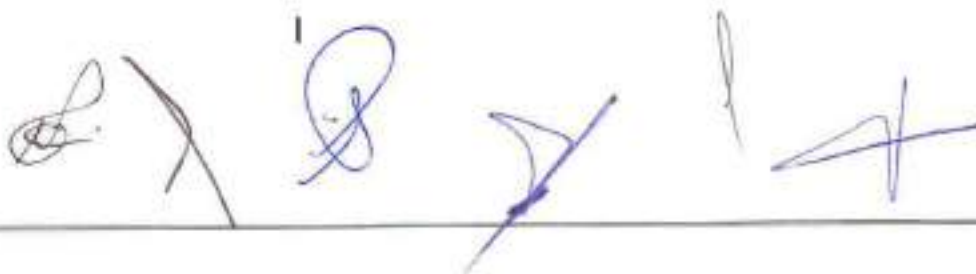


Figura 63.- Esquema del interior de un manómetro con las presiones actuantes.

El principio de funcionamiento es el siguiente: como se puede ver en la figura 63, sobre la superficie externa del tubo Bourdon actúa la presión atmosférica local y en la superficie interna la presión que se quiere medir. Debido a este diferencial de presión y a la elasticidad del tubo Bourdon, éste se deforma de manera que se equilibra con la presión atmosférica local y, al deformarse produce un movimiento de rotación en el puntero a través del sistema de palancas y engranajes. El puntero a su vez se mueve en el dial durante la deformación del tubo Bourdon y se detiene ante la presión que provoca esta deformación.

La carátula de un manómetro de presión hidráulica, normalmente está graduada en Kg/cm^2 y/o en lb/pulg^2 . Los manómetros son instrumentos que deben manipularse con mucho cuidado, ya que se descalibran fácilmente cuando son golpeados.





NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 95 de 143

V.- OPERACIÓN DE MEDIDORES

El medidor para agua potable, es el aparato que se usa para medir la velocidad del flujo en conductos a presión en forma lineal o exponencial mediante propela, turbina o sensor de múltiples entradas tipo diferencial de presión y así obtener la cuantificación del volumen medido.

IV.1.- Medidor de gasto tipo velocidad (propela o turbina)

Este es un medidor de tipo lineal, en el cual, el giro del rotor de propela o turbina se incrementa linealmente con la velocidad del flujo; la velocidad es detectada por un sistema magnético interno que no está en contacto con el líquido. La relación entre velocidad y la velocidad del rotor, es lineal dentro de un $\pm 5\%$ de error máximo.

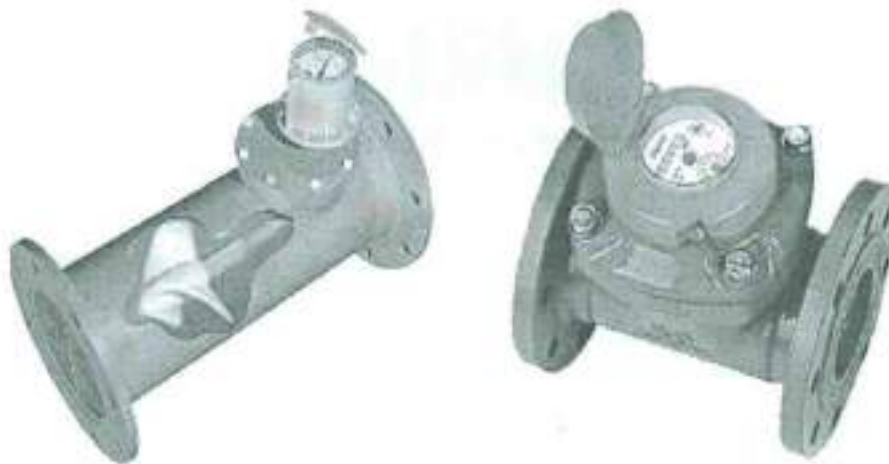


Figura 64.- Medidor de caudal tipo propela y tipo turbina.

Los mayores problemas con medidores de velocidad son principalmente las burbujas de aire que existen en algunos casos en la línea, desajustes en la calibración, debido a desgastes en los álabes de la propela o turbina, bujes, engranes de cambio, etc.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 96 de 143

IV.1.1.- Formas de instalación

Para la instalación de este tipo de medidor, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. Seleccionar el medidor adecuado, se requiere de los siguientes datos:
 - a) Diámetro de la tubería
 - b) Material de la tubería
 - c) Presión hidráulica del agua en el punto de la instalación
 - d) Gasto máximo, medio y mínimo en l/s
 - e) Consumo mensual en m³
 - f) Clase de agua (dura, blanda, etc.)

2. El medidor deberá ser instalado de tal manera que el sentido del paso del agua coincida con la indicación del sentido de la flecha, que aparece en el cuerpo del aparato.

3. El medidor deberá ser instalado con el eje de la turbina o propela en posición horizontal, para garantizar un largo periodo de vida útil, ya que los desgastes en esas condiciones son mínimos.

4. Debe asegurarse que el medidor esté siempre situado en una zona baja de la distribución, con objeto de que permanezca siempre lleno de agua; de esta forma se evita la formación de bolsas de aire que afecte la operación del medidor.

5. Los espacios libres que queden alrededor del medidor una vez instalado, deben ser suficientes como para permitir el manejo cómodo de las habituales herramientas de desmontado y la lectura del totalizador del aparato.

6. No son necesarios aprietes excesivos sobre las tuercas de las conexiones para lograr la hermeticidad en la instalación.

7. En general, no se deben tener disminuciones bruscas del tamaño de la tubería en las proximidades del medidor, cambios de dirección e instalación de válvulas de seccionamiento y equipos de bombeo que ocasionan flujo turbulento y por lo tanto, medición errónea.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 97 de 143

A continuación se muestra la representación gráfica, que señala las formas de instalación de un medidor.

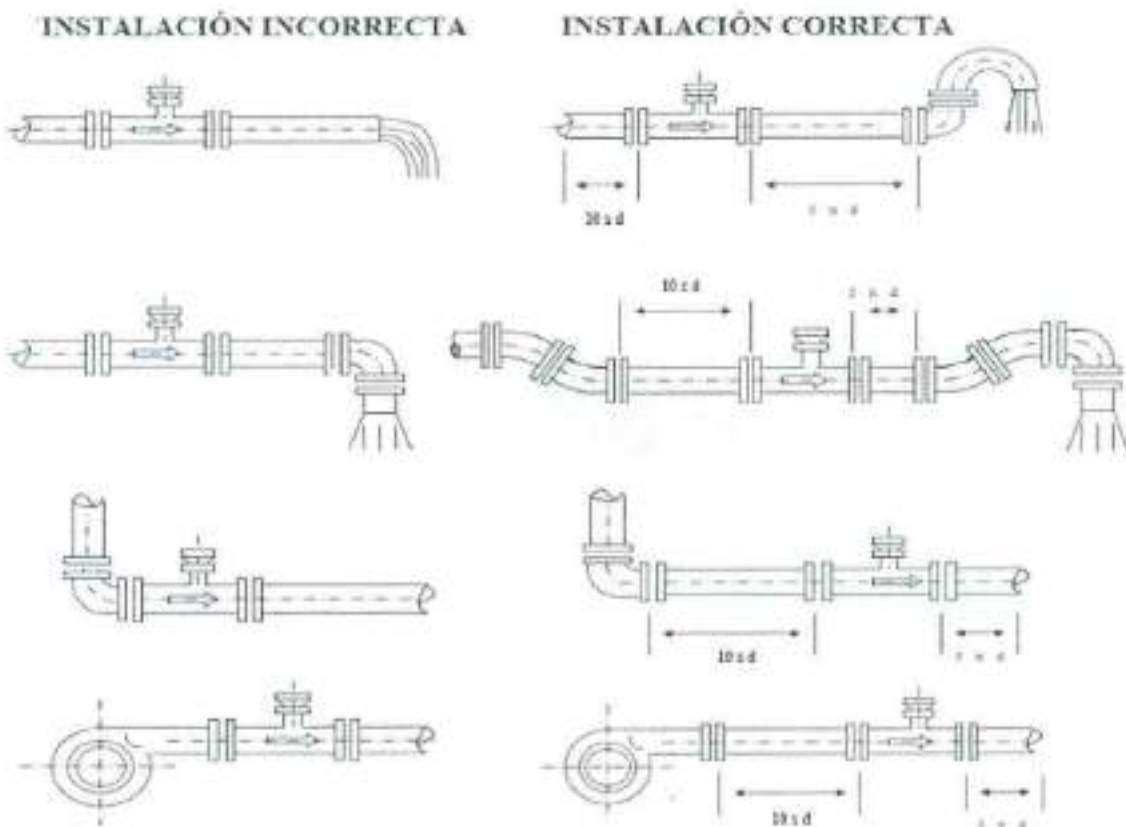


Figura 65.- Formas de instalación de un medidor de caudal tipo velocidad-propela o turbina.

[Handwritten signatures and marks]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 98 de 143

IV.1.2.- Operación y mantenimiento

Medidores de gasto tipo velocidad

Operación: Una vez instalado y funcionando, este equipo no requiere pasos especiales de operación, solamente se necesita tomar las lecturas que aparecen en su sistema digital de totalización y en el sistema analógico de indicación instantánea de gasto, con la periodicidad que se considere conveniente.

Mantenimiento: Para los mantenimientos, el Departamento de Medidores y Cuantificación de Volúmenes de la CAEM, cuenta con un laboratorio de reparación y calibración de medidores.

Los medidores de tipo velocidad han sido diseñados para operar en largos periodos, sin embargo, se deben contemplar dos aspectos:

1. **Mantenimiento preventivo:** se debe llevar a cabo periódicamente de acuerdo con la experiencia, desarmando el medidor para su limpieza e inspección de las partes más sujetas a desgaste; no siempre hay que desarmar el medidor en su totalidad, basta tener acceso visual a las partes críticas para concluir si necesitan ser cambiadas.

Además, se debe observar el grado de azolve y corrosión que se presenta en las partes o grupos de las partes que trabajan sumergidas en agua, para establecer el estado del medidor bajo condiciones severas de funcionamiento, sin necesidad de una revisión.

Si el medidor sólo necesita limpieza, se deberá hacer con el mayor cuidado, utilizando agua y jabón u otro líquido que no ataque las piezas, cepillando todas las partes o conjuntos para dejar limpias todas las superficies.

Si hay que sustituir alguna pieza que se encuentre muy desgastada y que con su deterioro produzca mal funcionamiento o paro del medidor, conviene emplear siempre las herramientas adecuadas.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 99 de 143

2. Mantenimiento correctivo o de reparación general: Se presenta cuando el medidor ha dejado de funcionar, en esta situación, es necesario desarmar el medidor, localizar la causa de la o las averías y sustituir las partes dañadas, desarmar totalmente el aparato analizando cuidadosamente cada parte o grupo de partes por separado.

Se debe efectuar una limpieza cuidadosa y determinar la causa de la falla para evitar que se vuelva a presentar; por ello, es necesario observar en qué condiciones está instalado y las características del gasto hidráulico con que está operando, comparándolo con el recomendado por el fabricante.

Secuencia a seguir para la reparación de medidores tipo velocidad:

- a) Desarmar el medidor
- b) Limpiar el cuerpo y el conjunto propela ó turbina
- c) Lavar la relojería
- d) Desarmar la relojería superior e inferior
- e) Armar la relojería inferior
- f) Reparar la relojería superior de agujas o lectura directa
- g) Limpiar la cámara, caja, turbina o propela y cabezal
- h) Calibración y montaje del conjunto (cámara, turbina o propela, caja de movimiento, relojería inferior) y cuerpo
- i) Apretar el cabezal y verificar las fugas
- j) Montar la relojería superior
- k) Verificar
- l) Pintar las agujas a mano



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 100 de 143

- m) Reparar la caja esfera
- n) Colocar la caja esfera y precinto
- o) Pintura.

IV.2.- Medidor de gasto tipo diferencial de presión, sensor de múltiples entradas.

Para este instrumento, la diferencia entre la presión dinámica y la presión estática sigue una relación del tipo raíz cuadrada, con la velocidad en la sección transversal del tubo.

El sensor de múltiples entradas, se coloca a todo lo largo del diámetro de la tubería (sección transversal); éste es de estructura rígida, (no tiene partes móviles) que dispone de dos cámaras interiores para promediar presión y una sección exterior recta en forma elíptica, diamante o tipo bala, las cámaras interiores producen una presión diferencial de acuerdo con el teorema de Bernoulli, esta diferencial tiene dos componentes: la presión alta (P_a) y la presión baja (P_b).

Promedio de la presión alta (P_a)

Se produce por el impacto del perfil de velocidad sobre el sensor. El perfil de la velocidad produce el correspondiente perfil de la presión alta (impacto). Los orificios situados en el frente del sensor, detectan el perfil de la presión de impacto promediada en el interior de la cámara de presión alta.

Presión baja (P_b)

El perfil de la velocidad continúa su paso alrededor del sensor y crea un perfil de presión baja. Se detecta por medio de los orificios situados en el lado opuesto a los orificios de la presión alta. Como opera basado en el mismo principio que en el lado de la presión alta, se mantiene en la cámara de la presión baja, una presión baja promediada.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 101 de 143

Ecuación para obtener el gasto en el sensor

$$Q = \sqrt{Hw} \times 5.666 \times k \times (D)^2$$

Donde:

- Q = Gasto en gal. / min.
- Hw = Presión diferencial censada por el instrumento (sensor) en pulg.
- K = Factor de corrección de flujo, dado por el fabricante
- D = Diámetro interno real de la tubería en pulg.

El factor "k" del instrumento, se obtiene necesariamente en laboratorios que extienden certificados, validados por la agencia de normas internacionales (Nacional Bureau of Standard); dicho factor es el que correlaciona el flujo real con el flujo teórico, ver figura 66.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 102 de 143

Sensor 10				Sensor 35/36			
Tamaño de la tubería			K	Tamaño de la Tubería			K
Tam/Sch	D-Pulg	D-mm		Tam/Sch	D-Pulg	D-mm	
1/2" sch 40	0.622	15.80	0.4265	12" sch std.	12.000	304.80	0.6186
3/4" sch 40	0.824	20.93	0.5067	14" sch std.	13.250	335.55	0.6220
1" sch 40	1.049	26.64	0.5519	16" sch std.	15.250	386.35	0.6263
1 1/2" sch 40	1.380	35.05	0.5870	18" sch std.	17.250	438.15	0.6295
1 1/2" sch 40	1.610	40.89	0.6016	20" sch std.	19.250	488.95	0.6321
2" sch 40	2.067	52.50	0.6197	24" sch std.	23.250	590.55	0.6357
Sensor 15/16				30" sch std.	29.250	742.95	0.6393
				36" sch std.	35.250	895.35	0.6415
Tamaño de la tubería			K	42" sch std.	41.250	1047.75	0.6432
Tam/Sch	D-Pulg	D-mm		48" ---	48.00	1219.20	0.6445
2" sch 40	2.067	52.50	0.5912	60" ---	60.00	1524.00	0.6466
2 1/2" sch 40	2.489	62.71	0.6026	72" ---	72.00	1828.80	0.6472
3" sch 40	3.068	77.93	0.6134	Sensor 45/46			
Tamaño de la tubería							
3 1/2" sch 40	3.548	90.12	0.6192	Tam/Sch	D-Pulg	D-mm	
4" sch 40	4.026	102.25	0.6235	24" sch std.	23.250	590.55	0.6247
5" sch 40	5.047	128.19	0.6297	30" sch std.	29.250	742.95	0.6308
Sensor 25/26				36" sch std.	35.000	895.35	0.6346
Tamaño de la tubería			K	42" sch std.	41.250	1047.75	0.6373
Tam/Sch	D-Pulg	D-mm		48" ---	48.00	1219.20	0.6395
5" sch 40	5.047	126.19	0.5934	60" ---	60.00	1524.00	0.6422
6" sch 40	6.065	154.05	0.6047	72" ---	72.00	1828.80	0.6439
8" sch 40	7.981	202.72	0.6173	Sensor 45/46			
10" sch 40	10.020	254.51	0.6250				
12" sch 40	12.000	304.80	0.6298	Sensor 45/46			
14" sch 40	13.250	336.55	0.6321				
16" sch 40	15.250	387.55	0.6349	Sensor 45/46			
18" sch 40	17.250	438.15	0.6370				
20" sch 40	19.250	488.95	0.6387	Sensor 45/46			
24" sch 40	23.250	590.55	0.6411				
30" sch 40	29.250	742.95	0.6435	Sensor 45/46			
36" sch 40	32.250	895.35	0.6450				
42" sch 40	41.250	1047.7	0.6461	Sensor 45/46			
Sensor 45/46							

Figura 66.-Factor de corrección de flujo dado por el fabricante (para sensor de múltiples entradas marca: DIETERICH – STANDARD).



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 103 de 143

IV.2.1 Pasos para instalación detallada.

1. Seleccionar adecuadamente el equipo de medición con la siguiente información: material de la tubería, presión hidráulica del agua en el punto de instalación, gastos. (máximo, medio y mínimo), diámetro interno de la tubería y espesor de la tubería.
2. Paro de flujo y desfogue de la tubería.
3. Perforar la tubería con máquina insercionadora en acero o asbesto-cemento.
4. Instalar el elemento sensor de diferencial de presión.
 - a) En tubería de acero: Se procede a soldar un niple de acero al carbón de diámetros variables, desde 1" hasta 2", terminada esta operación, se coloca el sensor en el orificio realizado previamente a la tubería, procediendo a fijarlo en el niple mediante un cople, el cual en su interior cuenta con un sello mecánico que evita la fuga del líquido.
 - b) En tubería de asbesto-cemento: Una vez retirada la máquina de inserción, se procede a la colocación de una abrazadera de placa de acero de ¼" de espesor, en la que previamente se ha soldado el niple para la colocación del sensor, fijándose con el cople, bajo las condiciones del inciso a).
5. Instalar el elemento secundario, transmisor de diferencial de presión.

Se coloca en forma vertical un tramo de tubo galvanizado de 2" de diámetro, de aproximadamente 1.5 m de longitud, el cual, en uno de sus extremos se fijará al piso y en el otro se fijará el transmisor de diferencial de presión mediante su abrazadera y de esta manera quedará instalado.
6. Interconectar el sensor y transmisor de diferencial de presión.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 104 de 143

Instalar un sistema de cinco válvulas en la parte inferior del transmisor para asegurar que dentro de las cámaras exista solamente agua o bien que el aire haya sido totalmente expulsado de las dos salidas de este múltiple hacia el sensor con mangueras o tuberías de acero galvanizada o cobre, según requerimiento de presión se conectará cada una de ellas directamente a una "tee" cuyos extremos, estarán uno sujeto a la válvula de aislamiento del sensor mediante un niple y otro será para la instalación de la válvulas de expulsión de aire que funcionan automáticamente, tomando en cuenta la señal directa de la baja y alta presión.

7. Interconectar el transmisor al registrador totalizador. Para esta conexión, se requiere realizar la ruptura del piso para el tendido de tubería de poliducto a través del cual irán los cables conductores de la señal, así como el suministro eléctrico.

8. Colocar el graficador electrónico.

Este equipo se fija a la pared de la caseta que se tiene en cada uno de los puntos de medición.

El suministro de alimentación eléctrica al sistema será a través de una UPS con respaldo de hasta doce horas continuas mínimo, para cuando ocurran interrupciones de suministro eléctrico en la alimentación al sistema.

9. Puesta en marcha del sistema de medición.

- a) Conectar el manómetro diferencial a la derivación "tee", para encontrar el valor en diferencial de presión del flujo en condiciones normales de operación para determinar los valores de flujo máximo y mínimo y calibrar el rango del transmisor de diferencial de presión, verificar que esté en el rango seleccionado.

- b) Verificar la calibración del transmisor de diferencial de presión.

- c) Asignar los valores de máximo y mínimo flujo al graficador electrónico.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 105 de 143

- d) Verificar la calibración de graficador electrónico en 0, 50 y 100% de la escala.
 - e) Verificar la extracción total del aire en las líneas de conducción del agua dentro del sistema de medición y comprobar que no exista fuga de agua en algunas de las conexiones.
 - f) Toma de lecturas del medidor en funcionamiento y si es necesario con el manómetro diferencial, para conocer la correlación entre ambos valores en caudal.
10. Verificar la medición obtenida con el sensor y sus secundarios, mediante el método tradicional de pitometría.
- a) colocar el pitot adecuado en la válvula de inserción.
 - b) Se procede a la toma de datos con el pitómetro para la formación del perfil de velocidades y la obtención del gasto. En forma simultánea se toma el valor inicial del volumen en el sistema de medición y se vuelve a tomar el valor en el instante en que termine la toma de datos con el pitómetro; el valor obtenido en el sistema de medición se compara el valor que se obtiene con el método de pitometría, esta debe estar dentro de una diferencia máxima entre ambos del 5%.

Este procedimiento deberá repetirse un mínimo de cinco veces para poder hacer su correlación estadística, dentro de una curva envolvente de 5%.



NOMBRE DEL DOCUMENTO MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Edición: Segunda
	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 106 de 143

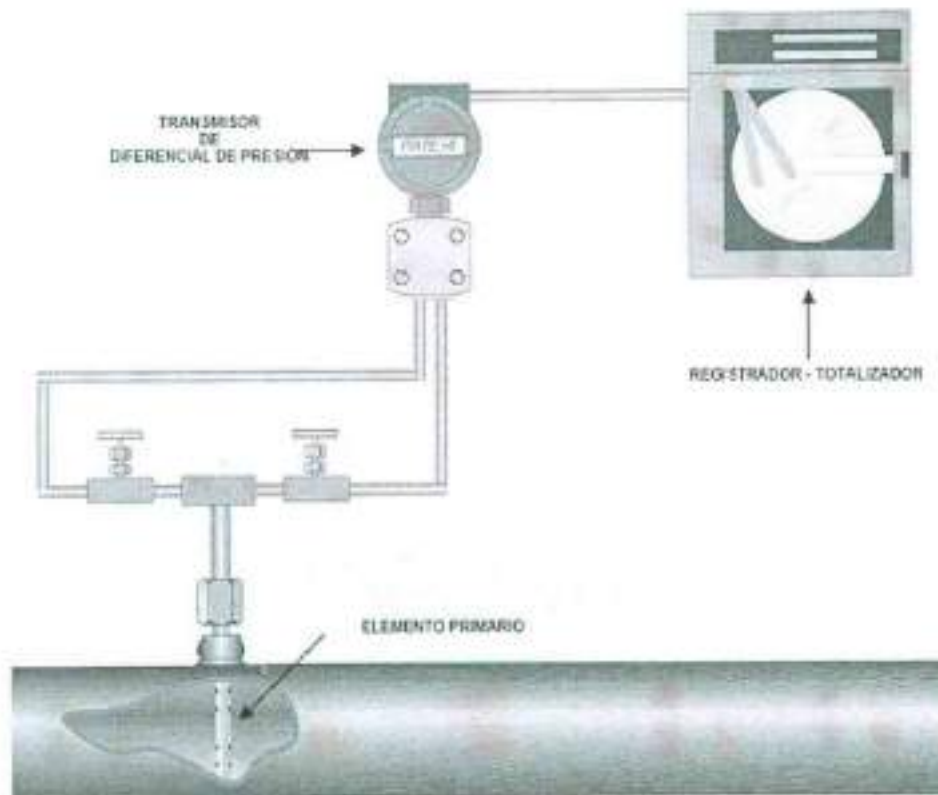


Figura 67, Instalación del sistema de medición de diferencial de presión.

IV.2.2 Selección y verificación del sensor.

Paso núm. 1: Dimensionar el sensor

- Determinar los parámetros de la tubería y del fluido.
- Seleccionar el sensor adecuado al tamaño de la tubería.
- Calcular la diferencial de presión aproximada, según los requisitos del sensor adecuado al tamaño de la tubería.

[Handwritten signatures and marks in blue ink]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 107 de 143

Paso núm. 2: Verificar el sensor seleccionado

- a) Evaluar la compatibilidad estructural, determinar la máxima diferencial de presión admisible.
- b) Seleccionar el modelo de acuerdo a su aplicación (bridado, flo-tap, regular)
- c) Determinar la resonancia para seleccionar el sensor adecuado.
- d) Precisar el cálculo del gasto máximo e informe de verificación.

Paso núm. 3 Especificar el producto.

- a) Determinar las opciones necesarias de cada sensor (válvulas, montaje, etc.)
- b) Completar el código de especificación del producto.

IV.2.3 Operación y mantenimiento del medidor.

Operación: Una vez instalado el sensor y el sistema electrónico de contabilización e indicación instantánea, se tendrá:

- a) Indicación del gasto en el momento de la toma de lectura.
- b) Totalización del volumen.
- c) Gráfica de la cual se obtienen los gastos máximos, medio y mínimo, que reflejan el comportamiento del sistema (oferta-demanda) y que al integrarse en un periodo establecido (gráfica diaria o semanal), presentan el volumen total en ese lapso.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 108 de 143

Mantenimiento: En este sistema de medición podemos considerar nulo el mantenimiento, siempre y cuando nuestro sensor electrónico esté libre de humedad en la parte interna del mismo (importante).

Se recomienda en el caso de que el fluido contenga aire o arena en grandes cantidades, una purga según lo requiera el sistema hidráulico del equipo de medición.

IV. 3 Características y especificaciones de medidores.

IV.3.1 Medidor marca Azteca–Badger

El medidor modelo MLFST-SGH está constituido por una unidad completamente sellada, formada por una propela y un registro acoplados magnéticamente. Este diseño elimina la caja prensa-estopa, empaquetaduras y la carga de fricción resultante. Todas las partes internas de trabajo están protegidas contra efectos nocivos de la humedad, corrosión y otras influencias externas. La caja de engranes está llena de aceite y sellada, protegida contra contaminantes originados por el agua y con el registro herméticamente sellado para asegurar su operación libre de fallas.

El medidor MLFST-SGH es usado para mediciones precisas de flujo de pozos, descarga de bombas o sistemas por gravedad, en el lugar donde se instale, el tubo debe estar lleno de agua para la correcta operación del medidor. Para máxima exactitud en la medición, se recomienda tener antes del medidor por lo menos diez diámetros de tubería recta sin obstrucciones.

El medidor MLFST-SGH está diseñado para una fácil instalación, requiriendo poco espacio, con bajas pérdidas de presión y un rápido acceso a las partes de trabajo.

Error permisible: $\pm 2\%$ de error dentro de los valores normales de flujo. La exactitud no es afectada por las variaciones de presión. El rango del flujo normal puede ser excedido hasta en 50% por periodos de operación intermitente, sin que por ello se pierda la exactitud.

Presión de trabajo: hasta 10.5 kg/cm² (150 lb/pulg²).

Temperatura de operación: hasta 65° C (150° F).



NOMBRE DEL DOCUMENTO MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Edición: Segunda
	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 109 de 143

Cumplimiento con estándares: NOM-012-SCFI-1993.

Totalizador: herméticamente sellado, de fácil lectura, con seis dígitos y una manecilla central.

Materiales: El cabezal del medidor es de hierro fundido con grano compacto. El tubo es de acero con bridas estándar en los extremos según norma ANSI para 10.5 kg./cm² (150 lb./pulg²). Los medidores se suministran con una capa de pintura protectora. Las aletas correctoras de flujo van soldadas en el interior del tubo. El tubo vertical y la caja de engranes son de bronce fundido, la propela está moldeada en plástico de alta densidad. Los baleros son de acero inoxidable endurecido y pulido, los cuales soportan la propela y el ensamble magnético. La carga de empuje está soportada por una combinación de baleros de carburografito. Las partes internas están selladas y no requieren de mantenimiento.

Equipo opcional: Transmisor para operar con telemetría, indicador de flujo instantáneo, totalizador, extensión para el registro y cubiertas de placa para retirar el mecanismo y dejar en servicio la tubería.

Modelo MLFST-SGH

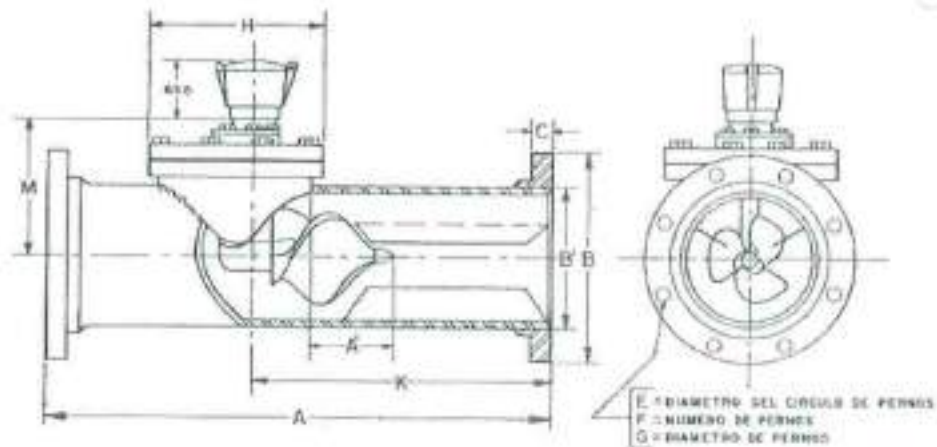
Diámetro nominal		Flujo normal L. P. M.		Dimensiones en milímetros									Peso Neto Aproximado Kg.
mm.	Pulg.	min.	max.	A	B	C	E	F	G	H	K	M	MLFST
150	6	378	3785	560	280	25	242	8	19	220	362	180	70
200	8	454	4542	610	343	28	259	8	19	275	362	216	100
250	10	567	5677	660	407	30	362	12	22	275	400	241	135
300	12	662	6516	710	488	32	432	12	22	275	438	267	180
350	14	848	8462	1055	538	35	476	12	25	430	712	305	320



NOMBRE DEL DOCUMENTO MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Edición: Segunda
	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 110 de 143



Figura 68.- Medidor marca Azteca – Badger, Tipo velocidad – propela, Modelo MLFST – SGH, Diámetros: 2" – 14"



[Handwritten signatures and marks in blue ink]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 111 de 143

Diámetro nominal		Flujo normal		A	A'	B	B'	C	E	F	G	H	K	M	Peso aprox. en kg.
		l/m	l/s												
mm	pulg	min.-máx.	Mín. -máx.												
150	6	378-3785	6.30-63.1	560	166	280	167	25	242	8	19	220	362	190	70
200	8	454-4542	7.57-75.7	610	158	343	200	29	299	8	19	275	362	216	100
250	10	568-5677	9.47-94.7	660	159	486	273	30	362	12	22	275	400	241	135
300	12	662-6516	11.03-141.9	710	159	535	325	32	432	12	22	275	438	267	180
350	14	946-9462	15.76-157.7	1065	106	535	378	35	476	12	25	430	712	305	320

Figura 69.-Especificaciones de medidores tipo velocidad – propela.
Modelo MLFST – SGH, Diámetro: 6" - 14"

IV.3.2.- Medidor marca Delaunet – Kent.

El medidor modelo Hélix 3000 WH es robusto, versátil y altamente resistente al desgaste y a los posibles daños que producen las variaciones bruscas de flujo, gracias a que el conjunto hélice-rejilla está apoyado en el fondo del interior del cuerpo.

El mecanismo es fácilmente removible sin necesidad de desmontar el medidor; el registro está claramente marcado, es totalmente independiente del mecanismo y está herméticamente sellado. El visor endurecido es altamente resistente a las rayaduras.

La transmisión magnética está protegida de influencias externas. El imán está sumergido en aguas filtradas para minimizar la acumulación de magnetita.

Funcionamiento: En este sistema de medición inferencial, el eje de rotación de la hélice es paralelo al flujo del agua, con un cambio de 90°, el movimiento de la hélice es transferido a un mecanismo de reducción de velocidad que magnéticamente hace girar el engranaje del totalizador.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 112 de 143

Construcción: El cuerpo es de hierro fundido con recubrimiento epóxico que elimina la corrosión. El elemento de medición descansa en la base del cuerpo y está integrado a la plataforma del cierre del medidor, lo que facilita el ensamble y su mantenimiento. El registro es herméticamente sellado y totalmente independiente; se sujeta al cuerpo mediante una abrazadera de gran resistencia y está protegido por una tapa que lo cubre completamente.

Todos los materiales empleados en la fabricación de los medidores tipo WH son de la más alta calidad para asegurar máxima resistencia a la corrosión y al desgaste, una larga vida de servicio y bajo mantenimiento.

Presión normal de trabajo: hasta 10.5 kg. /cm²

Presión de prueba: 16 Kg. /cm²

Temperatura admisible del agua: hasta 50° C.

Error Permissible:

± 5% en el campo inferior (gasto mínimo a gasto de transición)

± 2% en el campo superior (gasto de transición a gasto de sobrecarga)

Cumplimiento con estándares:

NOM-012-SCFI- 1993 Clase B

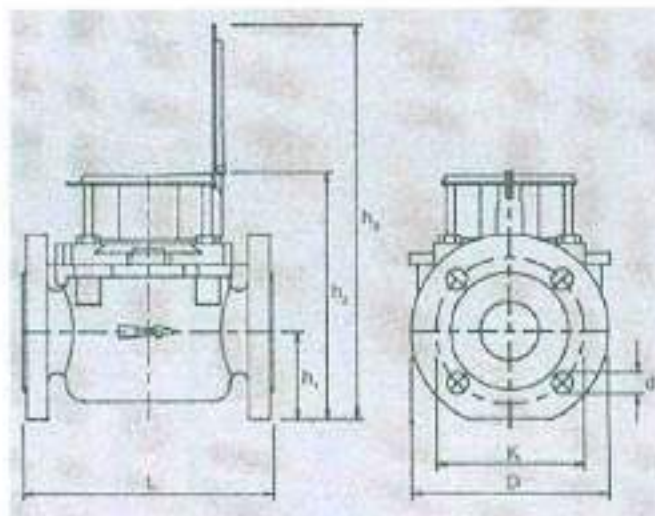
ISO-4064- 1993 Clase B



NOMBRE DEL DOCUMENTO MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Edición: Segunda
	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 113 de 143



Figura 70.-Medidor marca Delaunet – Kent, Tipo velocidad – turbina, modelo WH



[Handwritten signatures and marks]



NOMBRE DEL DOCUMENTO MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Edición: Segunda
	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 114 de 143

MODELO		VH-50	WH-60	WH-100	WH-150
CALIBRE	En mm	50	80	100	150
	En pulgadas	2"	3"	4"	6"
CONSUMO NORMAL ADMISIBLE (m ³)	Dos horas diarias	45	150	250	425
	Mensual	1 350	4 500	7 500	12 750
ALCANCE DE LA MEDICIÓN (m ³)	Umbral de la movilidad	0.16	0.27	0.35	0.95
	Gasto mínimo (q _{min})	0.45	0.70	0.80	2.50
	Gasto de transición (q _t)	0.75	1.25	1.50	3.50
	Gasto permanente (q _p)	30	90	125	280
	Gasto de sobrecarga (q _s)	45	150	250	425
CAPACIDAD DE REGISTRO	Indicación mínima (l)	1	1	1	10
	Lectura máxima (m ³)	1 000 000	1 000 000	1 000 000	10 000 000
DIMENSIONES (mm)	Longitud (L)	210	220	290	340
	Altura del asiento al eje (h1)	75	95	105	135
	Altura total con la tapa cerrado (h2)	214	247	276	345
	Altura total con la tapa abierta (h3)	315	348	377	446
	Diámetro de las bridas (D)	152.4	190.5	228.6	379.4
	Diámetro de paso de los barrenos (k)	120.6	152.4	190.5	241.3
	Diámetro del barreno (d)	19	19	19	22.3
Cantidad de barrenos	4	4	6	8	
PESO NETO APROXIMADO	En kilogramos	10	13	20	32
EMPAQUE	Medidores por caja	1	1	1	1

Figura 71.-Especificaciones de medidores tipo velocidad – turbina, marca Delaunet– Kent, Modelo WH, Diámetro: 2" - 6"

IV.3.3. - Medidor marca Turbo Bar.

Medidores de Agua WPH 40-500 mm.
Turbina Tipo Woltman.
Propulsor retransmisión Magnética, Cámara Seca.

El medidor de agua Turbo Bar está diseñado especialmente para operar con flujos variables y caudales altos. Estos medidores pueden ser utilizados en aplicaciones industriales, distribución de agua, obras hidráulicas y medición de agua en sistemas agrícolas. Los medidores están basados en el principio woltman, con aletas helicoidales las cuales giran sobre un eje central paralelo a la dirección del agua en



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 115 de 143

la tubería. Turbo Bar es un producto de larga duración, de mantenimiento fácil y de bajos costos de operación.

Beneficios y Características.

- Elemento de medición desmontable e intercambiable.
- Registro indicador de volumen de cámara seca sellado herméticamente.
- El registro se puede orientar a cualquier posición (360°).
- Puede disponer hasta un total de 3 accesorios para la transmisión de pulsos eléctricos: Un sensor Opto-Electrónico y dos sensores tipo Reed-Switch.
- Convertidores de pulsos y contadores digitales.
- Cumple o sobrepasa las normas de medición y/o especificaciones exigidas por los Organismos Internacionales incluyendo ISO 4064 clase B.
- Registro en galones americanos.
- Certificado EEC (50-300 mm) de acuerdo a la norma ISO 4064.

Características Principales de Operación:

- Baja pérdida de carga.
- Presión de trabajo: 16 Bar.
- Máxima Temperatura de trabajo: 50° C.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 116 de 143



Figura 72. -Medidor de Turbina Woltman marca Turbo Bar.
Tipo WPH, Diámetros: 1½ – 20".



Dimensiones y Pesos

Diámetro nominal DN	in	1½"	2"	2½"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	16"	20"
	mm	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	400	500
L (Longitud mm)		265	300	200	225	250	250	300	350	450	500	500	500
A (Altura mm)		345	352	362	367	382	392	443	474	587	625	697	799
a (Altura mm)		268	275	285	290	305	315	366	397	510	548	620	690
An (Ancho mm)		190	170	190	190	230	290	280	340	405	480	600	720
Peso (kg)		12.6	12.0	13.5	16.0	19.0	20.3	38.0	52.0	105.0	120.0	187.0	256.0

[Handwritten signatures and marks in blue ink]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 117 de 143

Datos de Operación

Diámetro nominal	DN	in	1½"	2"	2½"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	16"	20"
		mm	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	400	500
Caudal nominal (ISO 4064)	Qn	m³/h	15	15	25	40	60	100	150	250	400	600	1,000	1,500
Caudal Máximo continuo		m³/h	20	30	30	60	100	160	180	300	600	1,000	1,500	3,000
Caudal Máximo Qmax (ISO 4064)	Qmax	m³/h	30	30	50	80	120	200	300	500	800	1,200	2,000	3,000
Caudal Máximo Instantáneo		m³/h	30	50	60	120	200	250	300	500	800	1,500	2,500	3,000
Caudal de Transición Qt (+2%)	Qt	m³/h	3	3	5	8	12	20	30	50	80	125	200	300
Caudal Mínimo Qmin (+5%)	Qmin	m³/h	0.7	0.7	0.75	1.2	1.8	3	4.5	7.5	12	18	30	40
Caudal Δp=0.1Bar		m³/h	30	38	60	65	100	110	310	550	800	1,250	3,000	5,000
Lectura Máxima		m³	1,000,000						10,000,000			100,000,000		
Lectura Mínima		l	1						10			100		

Figura 73. - Especificaciones de medidores tipo velocidad turbina, marca Turbo Bar. Modelo WPH, Diámetros: 1½" – 20".

IV.3.4. - Medidor electromagnético marca Siemens.

Este tipo de medidor se llama electromagnético, porque dentro de estos van algunos ingeniosos dispositivos que, aprovechando el principio de inducción electromagnética o de Faraday, calculan la velocidad del agua en una tubería y el volumen de agua que pasa por ahí durante un determinado tiempo, y luego mandan una señal digital que puede fácilmente leerse en el panel ("display") del aparato.

Para que funcionen este tipo de medidores debe haber lo siguiente:

- I. Alguna fuente de electricidad necesaria para que el equipo pueda generar un campo magnético, luego mandar la señal al flujo de agua y posteriormente sea captada por los sensores del equipo.
- II. Agua en la tubería (es el elemento conductor de la corriente eléctrica que se genera).



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE	Fecha: Marzo 2017
MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Código: 42103
	Pág. 118 de 143

La inducción electromagnética es la creación de una corriente eléctrica en un conductor que se mueve a través de un campo magnético.

Diferencias principales respecto a otros tipos de medidores de flujo.

El medidor electromagnético es diferente de otros hidrómetros precisamente por su principio de funcionamiento, ya explicado antes. Además, es distinto de los ultrasónicos, pues el electromagnético requiere una instalación fija, y contacto de los electrodos con el agua, además el electromagnético suele tener mejor precisión.

El medidor electromagnético es más robusto y pesado que otros medidores, y generalmente es bastante más caro. Sin embargo, eso no es necesariamente cierto en todos los casos, además continuamente en el mercado salen nuevos modelos, con diferentes características y aplicaciones.



Figura 74. – Medidor electromagnético marca Siemens SITRANS F M MAG 3100, para alimentarse con corriente alterna.

[Handwritten signatures in blue ink]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 119 de 143

Además, al medir agua, suele emplearse únicamente en tubos mayores a los 51 mm de diámetro (2 pulgadas). El medidor puede tener incorporado su pantalla o carátula indicadora (display) o puede tener un cable para transmitir la señal, a un sitio más cómodo donde se instala la pantalla. Igualmente puede tener acoplados mecanismos de transmisión remota (telemetría) y de almacenaje adicional (data-loggers).



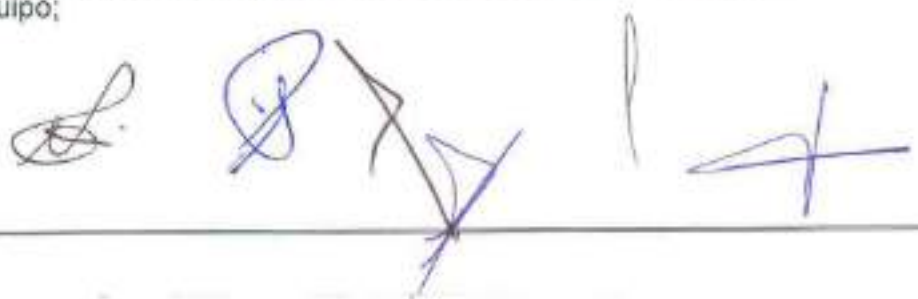
Figura 75. – Medidor electromagnético marca Siemens MAG 8000, alimentado con batería interna.

Posibles causas de fallas en los medidores electromagnéticos.

Una de las cosas que debemos aprender es a verificar cuando estos medidores están registrando bien y cuando, por alguna circunstancia, pueden estar dando malos registros.

Posibles causas de malos registros:

1. Influencia de campos magnéticos cercanos (líneas de alta tensión, etc.) que influyan en el equipo;





NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 120 de 143

2. Variaciones en la conductividad del agua (cantidad de sales), tubos parcialmente llenos en ocasiones o acarreo de aire junto con el agua (en caso de probabilidad de eso convendrá colocar al medidor en una tubería vertical, ascendente).

Estos medidores presentan el atractivo que pueden ser leídos directamente en campo, o en otro sitio si se les provee de los dispositivos electrónicos apropiados para reenviar las señales a otro lugar. Ello se llama telemetría y puede ser vía telefónica, radio, cableado y telefonía celular.

Especificaciones técnicas de instalación.

Los fabricantes generalmente entregan los medidores ya calibrados para el tipo de sensor suministrado.

En tramos de tubería horizontal, los electrodos deben estar en un plano horizontal, para prevenir que se pierda contacto en los electrodos por sedimentos o por burbujas de aire. Figura 76.

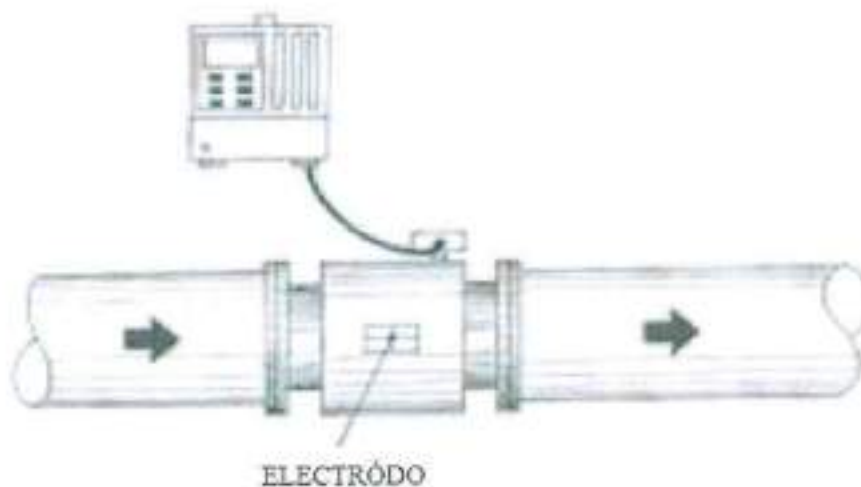


Figura 76. – Medidor instalado en posición horizontal.

[Handwritten signatures and marks in blue ink]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 121 de 143

Procedimiento de revisión y mantenimiento básico:

Entre las labores más frecuentes de mantenimiento preventivo o correctivo a un medidor electromagnético están:

- a) revisar estado general de equipo, cables y pantalla.
- b) renovar cables, terminales, cambiar o limpiar los electrodos.
- c) modificar la programación del equipo, en cuanto a frecuencias, unidades de medida, etc.
- d) reinicializar (resetting) la contabilización de volúmenes acumulados.
- e) descargar datos almacenados en data logger o reemplazo de equipos de registro.
- f) Inspeccionar la integridad de sellado de las conexiones de procesos, entradas de cable y tornillos de la cubierta.
- g) Revisar la fiabilidad de la fuente de alimentación, protección de iluminación y puestas a tierra

Para efectuar estas u otras acciones deberán seguirse estrictamente las especificaciones de materiales y piezas de repuesto, y las instrucciones establecidas en los manuales de detalle de cada equipo, aportados por su fabricante.

Dentro de las ventajas de estos medidores tenemos las siguientes:

1. No posee partes móviles en contacto con el agua.
2. Una pequeña longitud de tramo recto aguas arriba, normalmente un mínimo de 5 diámetros, es solicitado por el fabricante para su instalación.
3. La señal de salida es lineal con el caudal, por lo que se simplifican los circuitos que generan las señales, en comparación con los de presión diferencial.
4. Aplicaciones en agua limpia y en aguas residuales.
5. Puede tener diferentes tipos de recubrimiento en su interior, para resistir diferentes tipos de abrasión o corrosión.
6. Apropiado para grandes diámetros y Salidas de datos en diferentes formatos (analógico, pulsos o digital), y fácil transmisión y procesamiento de sus señales por medios electrónicos.

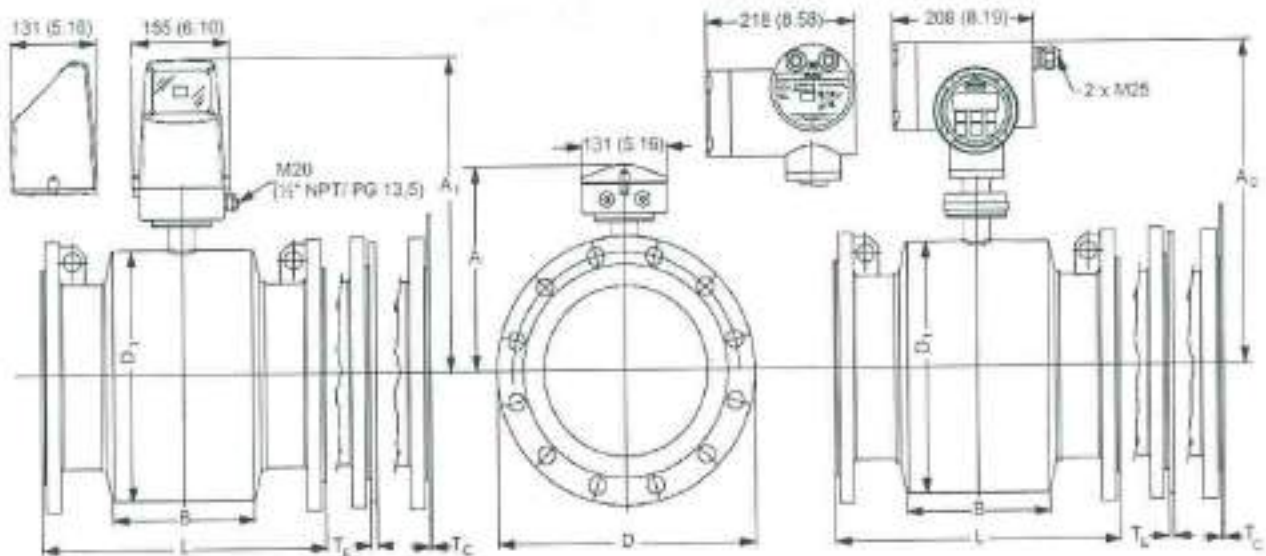


NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 122 de 143

7. Los medidores de caudal electromagnéticos con un grado de protección mínimo de la caja IP-67/NEMA 4X son idóneos para instalaciones interiores y exteriores.

Respecto a sus desventajas con relación a otros medidores de caudal tenemos:

1. Alto costo inicial.
2. Necesidad de mano de obra especializada para su instalación, calibración y mantenimiento.
3. Requiere cuidados con respecto a las fuentes de energía externa que pueden provocar distorsiones en la operación normal del equipo.
4. Necesidad de mantenimiento periódico en los electrodos, pues las partículas metálicas que son arrastradas por el agua se van depositando allí y, después de algún tiempo, interfieren en la medición. Este efecto puede minimizarse evitando las bajas velocidades y empleando revestimientos adecuados.



[Handwritten signatures and marks in blue ink]



NOMBRE DEL DOCUMENTO		Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE		Fecha: Marzo 2017
		Código: 42103
		Pág. 123 de 143

Tamaño nominal		A ⁽¹⁾		A ₁ /A ₂ ⁽²⁾		B		D ₁	
mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas
15	3/8	157	7.4	338	13.4	59	2.4	104	4.1
25	1	187	7.4	338	13.4	59	2.4	104	4.1
40	1 1/2	197	7.8	348	13.7	82	3.3	124	4.9
50	2	205	8.1	356	14.1	72	2.9	139	5.5
65	2 1/2	212	8.3	363	14.3	72	2.9	154	6.1
80	3	222	8.7	373	14.7	72	2.9	174	6.9
100	4	242	9.5	393	15.5	85	3.4	214	8.5
125	5	255	10.0	406	16	85	3.4	239	9.5
Tamaño nominal		A ⁽¹⁾		A ₁ /A ₂ ⁽²⁾		B		D ₁	
150	6	276	10.9	427	16.9	85	3.4	262	11.1
200	8	304	12.0	455	18	137	5.4	338	13.4
250	10	332	13.1	483	19.1	157	6.2	393	15.5
300	12	357	14.1	508	20.0	157	6.2	444	17.5
350	14	362	14.3	513	20.2	270	10.7	451	17.8
400	16	387	15.2	538	21.2	270	10.7	502	19.8
450	18	418	16.5	569	22.4	310	12.2	563	22.2
500	20	443	17.4	594	23.4	350	13.8	614	24.2
600	24	494	19.4	645	25.4	320	12.6	715	28.2
700	28	544	21.4	695	27.4	450	17.8	816	32.2
750	30	571	22.5	722	28.5	556	21.9	869	34.3
800	32	606	23.9	757	30.0	550	22.1	927	36.5
900	36	653	25.7	804	31.7	630	24.9	1032	40.7
1000	40	704	27.7	906	35.7	670	26.4	1136	44.8
1050	42	704	27.7	906	35.7	670	26.4	1136	44.8
1100	44	755	29.7	906	35.7	770	30.4	1238	48.8
1200	48	810	31.9	961	37.9	792	31.2	1348	53.1
1400	54	925	36.4	1076	42.4	1000	39.4	1675	66.0
1500	60	972	38.2	1123	44.3	1020	40.2	1672	65.9
1600	66	1025	40.4	1176	46.3	1130	44.5	1915	76.4
1800	72	1123	44.2	1274	50.2	1250	49.3	1974	77.8
2000	78	1223	48.1	1374	55.0	1375	54.2	2174	85.6

Figura 77.- Dimensiones de un medidor electromagnético SITRANS F M MAG 3100.



NOMBRE DEL DOCUMENTO MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Edición: Segunda
	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 124 de 143

IV.3.5. - Medidor Ultrasónico

El medidor ultrasónico es un dispositivo utilizado para medir la velocidad de flujo en tuberías que operan completamente llenas. Existen dos versiones: compacto y remoto. La versión compacta tiene la unidad electrónica adjunta directamente sobre la carcasa del sensor de flujo. La versión a distancia tiene la unidad electrónica separada del sensor por cable (6m de longitud estándar, máx. 10 m de longitud), la unidad electrónica está alojada en una caja separada que puede ser instalada en una pared.

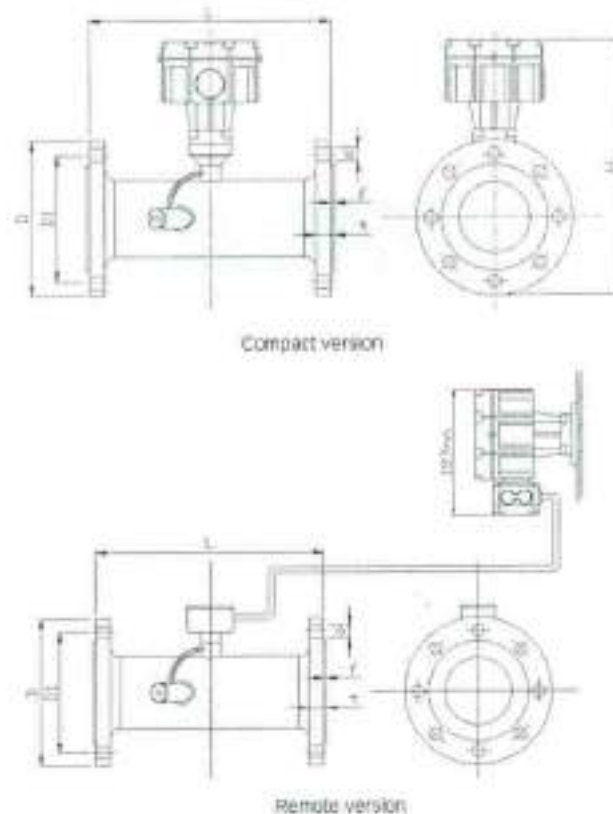


Figura 78.- Versión compacta y versión remota de un medidor de caudal ultrasónico.

[Handwritten signatures]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 125 de 143

El medidor de agua ultrasónico, es de flujo de tiempo en tránsito alimentado con baterías, que utiliza la tecnología de procesamiento digital avanzado. no contiene partes móviles y no necesita ninguna fuente de alimentación externa y tiene la ventaja de consumir poca energía, tener alta precisión y confiabilidad. El hidrómetro está diseñado para una fácil instalación.



Figura 79.- Medidor Ultrasónico DFW de Dynaflox.

Características:

- Transmisor Integral adecuado para ambientes hostiles.
- Bajo mantenimiento, sin partes móviles u obstrucciones de flujo lo que se traduce en estabilidad a largo plazo.
- Velocidad mínima medible de flujo de 0. 003 m/s.
- Transductor autoajutable, que se adapta continuamente para cambiar parámetros de la tubería tales como escalamiento o corrosión.
- Respuesta rápida a cambios transitorios de caudal.
- Opera con pilas que le duran aproximadamente 6 años.
- Diseño hermético con clasificación IP68.
- Cuerpo y brida construidos en una sola pieza integral que reduce la posibilidad de fugas.
- Función de auto diagnóstico e indicador de fallo

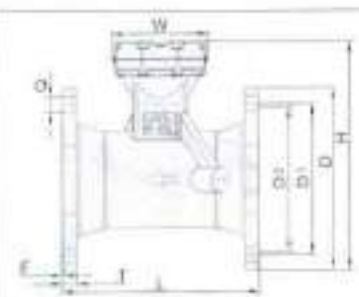


NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 126 de 143

Beneficios:

- Mediciones de alta precisión.
- Estabilidad y precisión a largo plazo.
- Requisitos mínimos de mantenimiento y alta fiabilidad.
- Puerto de comunicaciones que permite la transferencia de datos desde estaciones remotas a una central de monitoreo.

DN80-DN200 Medidor de agua ultrasónico					
Nominal Diámetro	Pressure (MPa)	L (mm)	H (mm)	D (mm)	W (mm)
DN80	1.0MPa	225	262.5	200	146
DN100		250	283.0	220	
DN150		300	334.5	285	
DN200	1.0 MPa	350	385.0	340	



DN250-DN600 Medidor de agua ultrasónico					
Nominal Diámetro	Pressure (MPa)	L (mm)	H (mm)	D (mm)	W (mm)
DN250	1.0 MPa	450	536	395	146
DN300		500	588	445	
DN350		550	645	505	
DN400		600	698	565	
DN500	0.6 MPa	800	815	670	
DN600		1000	918	780	

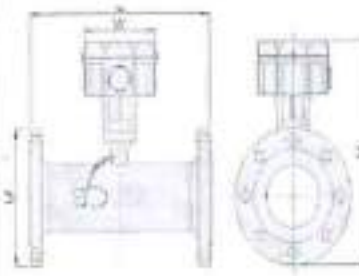


Figura 80.- Características mecánicas del Medidor Ultrasónico.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 127 de 143

IV.4 Instructivo sobre lectura de medidores.

IV.4.1.-Lectura directa digital.



Figura 81.- Caratula de un medidor

Para lectura directa bastará leer las cuatro cifras negras que indican 3,250 m³. La cifra roja indica 0.5 de m³ (500 litros).

La aguja grande roja indica 38 litros.

Totalizando:

$$\begin{array}{r}
 3,250.000 \text{ m}^3 \\
 + \quad 000.500 \text{ m}^3 \\
 \quad 000.038 \text{ m}^3 \\
 \hline
 \text{Total: } 3,250.538 \text{ m}^3
 \end{array}$$



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 128 de 143

V.- CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE.

V.1.- Método directo (de lectura):

Al asistir a los lugares de entrega o extracción de agua tenemos algunos medidores que difieren por diversas características como:

- Tamaño
- Factor de multiplicación
- Con y sin gráfica

Por el tamaño, podemos encontrar medidores desde el tipo casero que son los más pequeños y son de fácil lectura, pudiendo encontrar en la carátula un tambor formado de varios discos numerados que giran a medida que el agua pasa por la cavidad en el cuerpo del medidor.

La lectura obtenida puede constar de varios dígitos, los cuales se anotan en el registro de campo para la toma de lecturas, provisto para tal actividad y que guarda las lecturas de uno o varios lugares y de uno o varios periodos de facturación.

Para realizar el cálculo del volumen de agua en bloque, se procede de la manera siguiente:

1	6	8	3	0	5
---	---	---	---	---	---

Supongamos que ésta es la carátula del medidor de la toma denominada "La Alteña", de tal forma que la lectura será 168,305 m³ esta lectura fue tomada el día 2 de enero de 2017, fecha donde inicia el periodo enero de 2017.

1	9	4	2	0	9
---	---	---	---	---	---

Este es el mismo medidor, pero un mes después, el día 1 de febrero de 2017, vemos que el medidor presenta una lectura mayor que hace un mes, pues es de 194,209 m³ fecha en que termina el periodo de enero 2017.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 129 de 143

Procedemos a efectuar el cálculo del volumen.

Lectura de febrero 1 - Lectura de enero 2 = Vol. del periodo de enero 2017.

$$194,209 \text{ m}^3 - 168,305 \text{ m}^3 = 25,904 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen a enero 2017} = 25,904 \text{ m}^3$$

Podemos observar que el volumen se calculó como una simple diferencia de lectura del totalizador en el medidor, esto es cierto, si el medidor es de lectura directa, el factor de multiplicación es igual a uno.

Para un medidor cuyo factor de multiplicación sea igual a diez, entonces tendremos lo siguiente:

Lect. de febrero 1 - Lect. de enero 2 = Vol. x 10 = Vol. del periodo enero de 2017

$$194,209 \text{ m}^3 - 168,305 \text{ m}^3 = 25,904 \times 10 = 259,040 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen a enero de 2017} = 259,040 \text{ m}^3$$

En medidores de diferente factor de multiplicación, por lo general es cuando el medidor tiene graficador.

Con factor de 2.5, entonces tendremos:

Lect. de febrero 1 - Lect. de enero 2 = Vol. x 2.5 = Vol. del periodo enero de 2017

$$194,209 \text{ m}^3 - 168,305 \text{ m}^3 = 25,904 \times 2.5 = 64,760 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen a enero de 2017} = 64,760 \text{ m}^3$$

Nuevamente una simple diferencia y una multiplicación por el factor nos proporciona el volumen resultante.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 130 de 143

V.2 Métodos indirectos (de gráficas)

Los medidores con graficador poseen un brazo metálico y una plumilla que de acuerdo a las variaciones del flujo, tienen movimientos oscilatorios registrados en una gráfica circular.

Los medidores con graficador son de diferencial de presión, basado en la diferencia existente entre la presión dinámica y estática del flujo, que al mover los fuelles de la célula DRI-FLO se refleja en movimientos en el brazo graficador.

Las gráficas así conformadas, se "leen" en un aparato denominado "Planímetro".

El Planímetro, es un plato montado a una base equipada con un brazo metálico en el cual se encuentra montado un mecanismo unido a un tambor graduado frente a un vernier, donde se obtiene una lectura con la cual se puede calcular la velocidad y/o el gasto del fluido, de la siguiente forma:

Supongamos una lectura inicial de 1,937, una segunda lectura de 9,265.

Procedemos a calcular el promedio del área como:

$$\text{Promedio del área} = (9,265 - 1,937) K$$

Donde K es un factor del conjunto de medición de diferencial de presión para obtener el gasto.

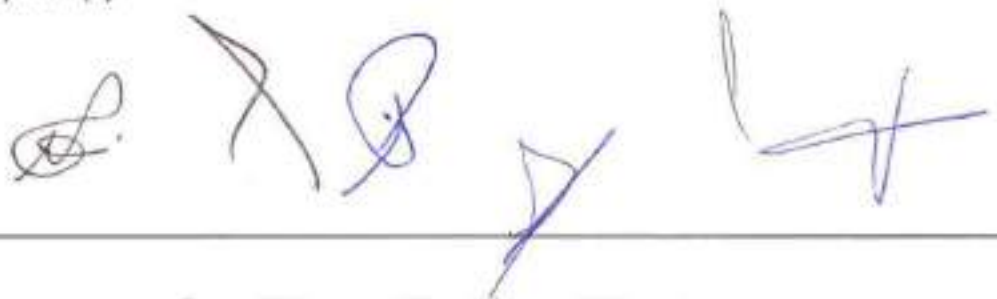
El resultado representa un promedio de la gráfica como si fuera lineal, hasta obtener un círculo perfecto que contenga la misma superficie en centímetros cuadrados que la gráfica original.

Este gasto se utiliza para calcular el volumen total de agua que se ha consumido en un periodo calculado en segundos.

$$\text{Volumen} = Q \times \text{periodo}$$

$$\text{Volumen} = (\text{m}^3/\text{s}) \times (\text{s})$$

$$\text{Volumen} = \text{m}^3$$





NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 131 de 143

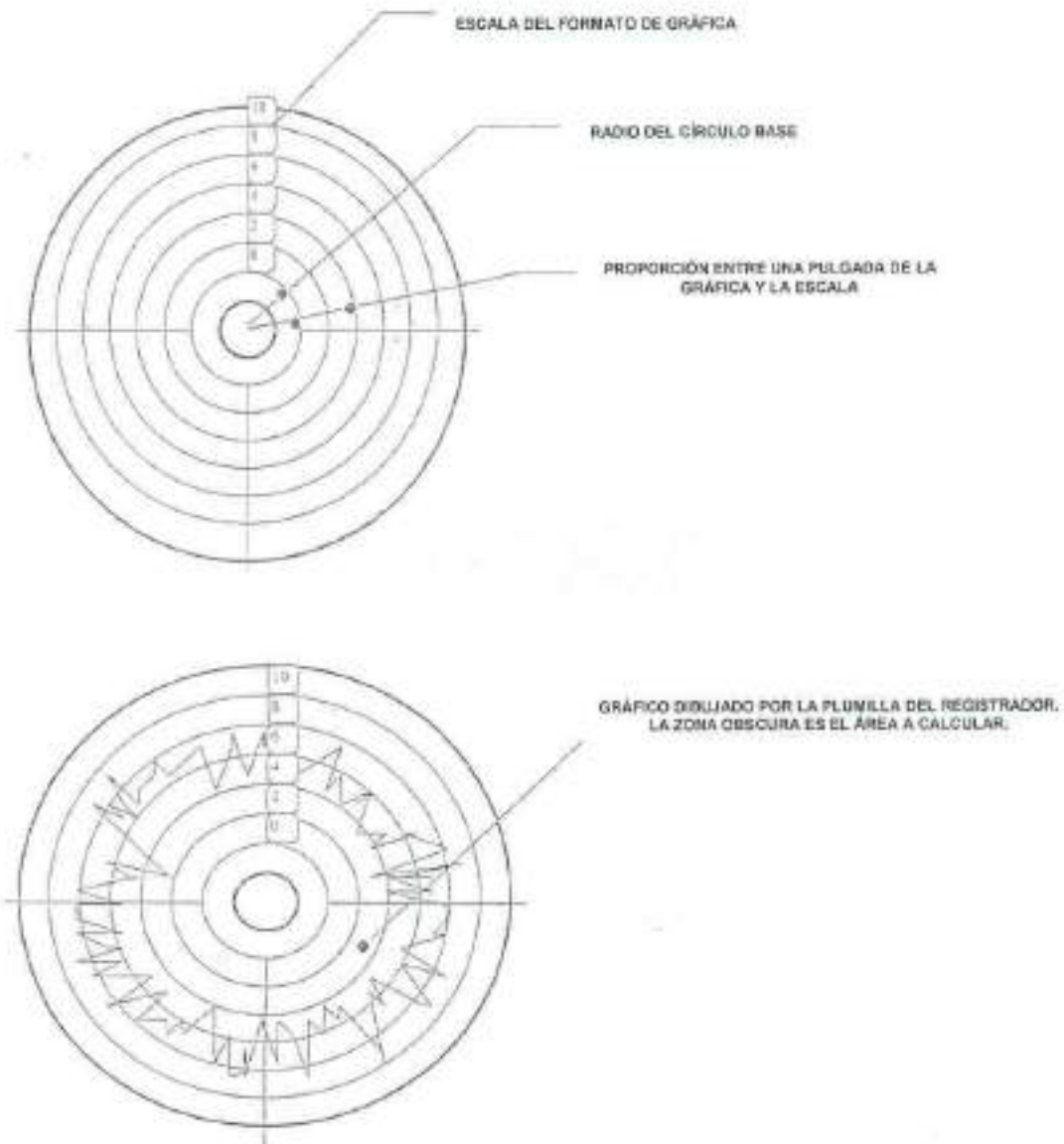


Figura 82





NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 132 de 143

Gráfico tipo circular utilizado por registradores de caudal. Algunos gráficos poseen varias escalas que pueden incluir algunas características adicionales como la presión del fluido.

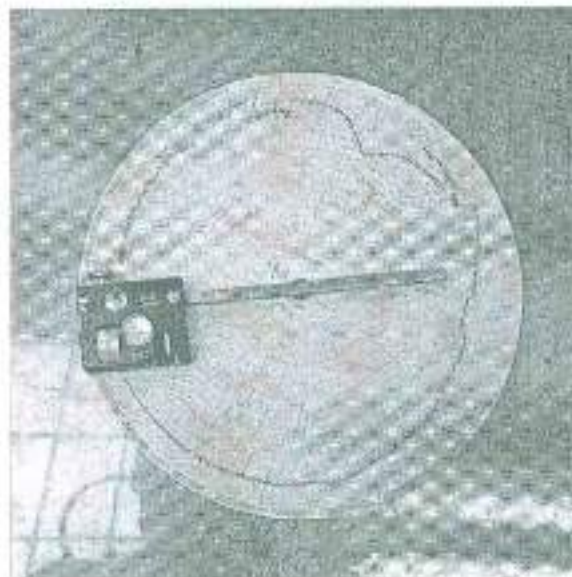
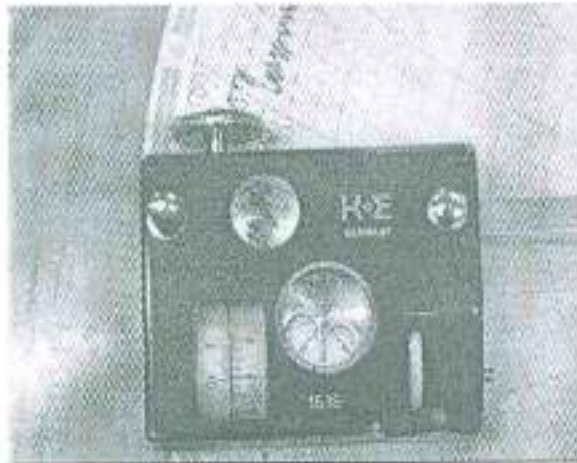


Figura 83.- Planimetro radial.

[Handwritten signatures and marks in blue ink]



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 133 de 143

V.3 Métodos indirectos (de aforos).

El aforo, es un método gráfico – aritmético para obtener velocidades que al pasar por una sección conocida, se determina el gasto.

Para aforar se divide la sección transversal de una tubería en anillos circulares concéntricos de áreas iguales, con radios que describen círculos, que pasan por la parte media de los anillos. El vástago de un tubo llamado "Pitot" es introducido en la tubería hasta colocar el orificio de la cara frontal contra el fluido en dichos radios, gracias a lo cual es posible obtener las deflexiones en el manómetro diferencial tipo "U", en milímetros, con las cuales se calcula el aforo.

El cálculo relaciona el peso específico del agua (1.0) y la del líquido manométrico, sus deflexiones, el área del tubo y una constante de la curva de velocidades.

Primero se debe calcular la velocidad del fluido a través de los diferentes anillos con la ayuda de las deflexiones con la siguiente fórmula:

$$V = 3.5524 \times \sqrt{s-1} \times \sqrt{d}$$

Donde:

v: velocidad del fluido

s: peso específico del líquido manométrico

d: deflexión obtenida

Luego se obtienen tantas constantes como anillos se calculen, dados por los cocientes entre la velocidad en el anillo central y las velocidades de los demás anillos, que al graficarlos dan origen a una curva irregular semejante a una parábola. La gráfica es suavizada al darle forma parabólica.

La figura 84, muestra el gráfico y la hoja de cálculo de un aforo mostrando la forma parabólica de los datos.





NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 134 de 143

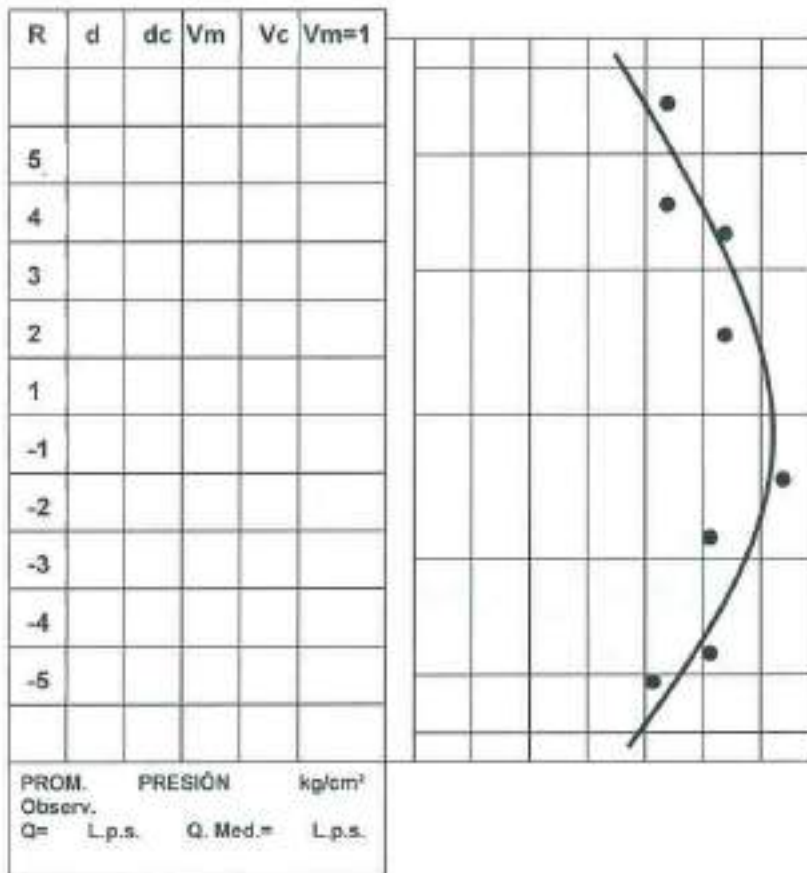


Figura 84.- Gráfico y hoja de cálculo

La constante se denomina "Cc" y se obtiene de:

1. Localizar los puntos en el gráfico (Vm/Vc).
2. Trazar una curva parabólica basada en los puntos.
3. Leer los puntos nuevos y promediarlos para obtener la constante "Cc".



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 135 de 143

El gasto a partir del aforo se obtiene multiplicando:

$$Q = A \times V_m \times C_c$$

Donde:

A = Área obtenida a partir del diámetro calibrado de la tubería

V_m = Velocidad del flujo en el anillo central, donde "C_c = 1"

C_c = Constante obtenida del gráfico o por ajuste cuadrático

Q = Gasto en l/s

Por lo tanto, el volumen se obtendrá de multiplicar el gasto por el periodo calculado en segundos.

$$\text{Volumen} = Q \times \text{periodo}$$

V.4.- Métodos alternativos.

V.4.1. Promedio de meses anteriores.

Este método se ocupa en los casos donde se carece de datos obtenidos por las opciones descritas anteriormente. Se realiza como un promedio aritmético de 3 ó 6 meses medidos anteriormente, según sea el caso.

Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.
138632	145622	116794	136239	116734	124652

Suma = 778673

Prom. = 129779

Aritméticamente el promedio está dado por:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$



NOMBRE DEL DOCUMENTO MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Edición: Segunda
	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 136 de 143

V.4.2.- Gasto medio.

Se utiliza en casos en que ha sido instalado un medidor nuevo o se ha reparado en fechas fuera de las que corresponden al corte.

El gasto medio consiste en lo siguiente: supongamos que el medidor presenta la siguiente lectura el día 15 de junio al ser reparado e instalado, siendo que el periodo comienza con la toma de lecturas el 1º de junio y termina el 30 del mismo mes.

0	1	6	3	8	0
---	---	---	---	---	---

Después de 15 días, el 30 del mismo mes, el medidor presenta la siguiente lectura.

0	6	5	9	2	0
---	---	---	---	---	---

Por lo tanto, no se puede calcular un volumen de la totalidad del mes con una simple diferencia de lecturas, así que haremos uso de un gasto medio para calcular la parte restante del mes, siempre y cuando no hubiesen cambiado las condiciones de la fuente, como pueden ser: cambio del motor, cambio de la bomba, gasto, etc.

Calculando la diferencia de lecturas obtenemos:

$$65,920 - 16,380 = 49,540 \text{ m}^3$$

Entonces del día 15 al 30 del periodo, el medidor trabajó sólo 15 días, con lo que podemos calcular de dos formas:

$$\begin{aligned} \text{Vol. Medio} &= 49,540 \text{ m}^3 / 15 \text{ días} \\ &= 3,302.66 \text{ m}^3 \text{ diarios} \times 30 \text{ días del periodo} \\ &= 99,080 \text{ m}^3 \end{aligned}$$



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 137 de 143

De otra forma podremos calcularlo como:

$$Q. \text{ Medio.} = 49,540 / (15 \text{ días} \times 86.4) \\ = 38.2253 \text{ l/s}$$

Calculando para todo el periodo obtendremos:

$$\text{Vol. Junio} = 38.2253 \times 30 \times 86.4 \\ = 99,080 \text{ m}^3$$

Donde el factor de 86.40 se obtiene de:

La conversión de 24 horas de tiempo a segundos / la conversión de m³ a litros.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 138 de 143

VI.- GLOSARIO

Para comprender mejor los términos utilizados comúnmente en la realización del presente documento, se presenta el siguiente glosario descriptivo:

Acequia: Canal por donde se conducen las aguas para regar.

Acuífero: Formación geológica subterránea que contiene agua.

Aforo de caudal: Cálculo gráfico-aritmético para obtener la velocidad y gasto instantáneo del flujo que pasa a través de una sección definida (canal, ducto, tubería, etc.).

Agua en bloque: Volumen de agua cuantificada en metros cúbicos por segundo debido a su magnitud.

Agua potable: Agua que cumple con la NOM... para consumo humano, cuya ingestión no ocasiona efectos nocivos para la salud.

By Pass: Palabra en inglés que se refiere en general a una derivación o desvío de una corriente hidráulica por otro conducto o ruta.

Bomba: Dispositivo mecánico destinado generalmente a elevar el agua.

Capilaridad: Proceso de los fluidos que depende de su tensión superficial, la cual, a su vez, depende de la cohesión del líquido y que le confiere la capacidad de subir o bajar por un tubo capilar.

Ciclo hidrológico: Proceso físico natural que comprende las siguientes fases: evaporación, condensación, precipitación, escurrimiento e infiltración.

Densidad: Magnitud escalar referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen de una sustancia.

Elemento creador de diferencial de presión: Sensor de presión diferencial construido de estructura rígida en acero inoxidable 316L, el cual no tiene partes móviles, dispone de dos cámaras de promedio independientes en sección recta en



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 139 de 143

forma de cuadrado, elipse, diamante o bala con vértices redondeados; la señal es censada por múltiples entradas, pues se coloca a todo lo largo del diámetro de la tubería (sección transversal).

Flujo laminar: Se dice que un fluido se encuentra como flujo laminar cuando se mueve de forma tal, que aparenta moverse como si fueran láminas que se deslizan una sobre otra, así la siguiente molécula de fluido pasará por el mismo lugar que el anterior y con las mismas condiciones de presión, dirección y velocidad.

Fuga de agua: Escape de agua de cualquier accesorio del sistema de abastecimiento de agua potable.

Gasto: Volumen de agua que pasa por una sección transversal de la corriente en la unidad de tiempo.

Gasto medio: Total del volumen de un periodo de tiempo, dividido entre el número de días del mismo y calculado en litros por segundo.

Graficador: Parte del medidor cuyo fin es el de realizar un gráfico de alguna de las variables a medir (presión, velocidad, gasto instantáneo, etc.).

IP: Un número IP (Protección de entrada) se utiliza para especificar la protección medioambiental de receptáculos para equipos eléctricos. Estas clasificaciones se determinan mediante pruebas específicas. El número IP se compone de dos números, el primero se refiere a la protección contra objetos sólidos y el segundo contra líquidos. Cuanto mayor es el número, mejor será la protección. Por ejemplo, en IP67, el primer número (6) significa que el dispositivo está totalmente protegido contra el polvo y el segundo número (7) significa que está protegido contra el efecto de la inmersión entre 15 cm y 1 m.

l/s.: Litros por segundo.

Manómetro: Instrumento de medición que sirve para medir la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 140 de 143

Medidor: Dispositivo mecánico eléctrico, electrónico, etc., que totaliza el volumen de agua contabilizado en unidades de medición (litros, metros cúbicos, pies cúbicos, etc.).

Medidor de propela: Dispositivo mecánico engranado y conectado por magnetismo a un impulsor en forma de propela.

Menisco: Superficie libre del líquido contenido en un capilar.

Metros cúbicos: Volumen delimitado por un cubo imaginario de un metro de longitud por lado.

Miscible: Propiedad de algunos líquidos para mezclarse en cualquier proporción, formando una solución.

NOM: Norma Oficial Mexicana. Elaboradas por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación SEMARNAT-CONAGUA en materia sobre agua potable.

Periodo de facturación: Número de días naturales limitado por las fechas de corte.

Planimetro: Aparato que sirve para medir áreas en superficies planas, delimitadas por una sucesión de puntos, como pudiera ser una gráfica o una forma definida. A través de un cálculo aritmético se obtiene el área de la superficie que algunos factores de multiplicación pueden traducir en velocidades y/o gastos promedio.

Pozo Profundo: Perforación hecha generalmente con maquinaria especial a diámetro reducido para captar las aguas subterráneas.

Presión: Carga o fuerza total que actúa sobre una superficie. En Hidráulica expresa la intensidad de fuerza por unidad de superficie.

Presión dinámica: Presión que ejerce un fluido en movimiento sobre la cara frontal de un dispositivo utilizado para medir la velocidad de un flujo laminar a través de un ducto o tubería denominado "Tubo Pitot".

Presión estática: A la presión que ejerce el fluido sobre las caras laterales de un tubo pitot.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 141 de 143

Promedio: Media aritmética de varios volúmenes divididos entre el número de ellos.

Transductor: Dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada en otra diferente a la salida.

Velocidad: Relación entre el espacio recorrido y el tiempo empleado en recorrerlo.

Vertedor: Obra hidráulica fija o móvil fabricada de diferentes materiales y formas y que se utiliza para determinar el caudal de agua que pasa por una sección, aplicando una sencilla ecuación.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 142 de 143

VII. VALIDACIÓN

De acuerdo con el contenido del documento "Manual Operativo de Métodos de Aforo, Operación de Medidores y Cálculo de Volúmenes de Agua en Bloque" y no existiendo observación alguna, validan su vigencia.

Ing. José Manuel Camacho Salmón
Vocal Ejecutivo

P. Ing. Enrique Suárez Pacheco
Director General de Operaciones
y Atención a Emergencias

Daniel Ricardo Barrientos Cruz
Jefe de la Unidad de Modernización
Administrativa e Informática

Ing. Alejandro Dorantes Huerta
Subdirector de Operación



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Segunda
MANUAL OPERATIVO DE MÉTODOS DE AFORO, OPERACIÓN DE MEDIDORES Y CÁLCULO DE VOLÚMENES DE AGUA EN BLOQUE	Fecha: Marzo 2017
	Código: 42103
	Pág. 143 de 143

VIII. CRÉDITOS

El presente documento denominado "**Manual Operativo de Métodos de Aforo, Operación de Medidores y Cálculo de Volúmenes de Agua en Bloque**", fue elaborado por la Dirección General de Operaciones y Atención a Emergencias a través del Departamento de Medidores y Cuantificación de Volúmenes, con la colaboración en su formato e Imagen Institucional del Departamento de Procedimientos Administrativos de la Unidad de Modernización Administrativa e Informática.

Ing. Victor Andrés Vázquez Martínez
Jefe del Departamento de Medidores y
Cuantificación de Volúmenes

Dra. Lotty Araceli Blanes Ugarte
Jefa del Departamento de
Procedimientos Administrativos

Lic. Mario Rafael García Noguez
Analista del Departamento de Procedimientos
Administrativos de la UMAI