Universidad Politécnica de Cartagena

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

Abastecimiento de aguas

TEMA 16
Medidores
Definiciones y tipología

Francisco Javier Pérez de la Cruz

Juan García Bermejo

ÍNDICE

1. **INTRODUCCIÓN**
2. **MEDIDORES ELECTROMAGNÉTICOS**
3. **CONTADORES DE VELOCIDAD**
   - Contadores de chorro único
   - Contadores de chorro múltiple
   - Contador Woltman
4. **CONTADORES VOLUMÉTRICOS**
   - Contador volumétrico de pistón rotativo
   - Contador volumétrico de disco nutante
5. **BIBLIOGRAFÍA**

1. INTRODUCCIÓN

Los contadores de agua son los instrumentos de medida utilizados para determinar el consumo total ocurrido desde su instalación hasta la fecha de la lectura. Son instrumentos autónomos, ya que no requieren aporte externo de energía, y se limitan a indicar el volumen circulado a través de los mismos.

A diferencia de los caudalímetros, los contadores de agua no proporcionan directamente información sobre el caudal circulante en cada instante, aunque para contabilizar el consumo tengan que medir el caudal e integrarlo a lo largo del tiempo.

Sin embargo, en la práctica, es fácil comprobar como muchos técnicos confunden ambos términos, llamando a los caudalímetros contadores y viceversa. La explicación es sencilla. Mediante aparatos complementarios, un contador puede convertirse en caudalímetro y un caudalímetro puede acumular volúmenes circulados, difuminándose la línea de separación entre ambos tipos de instrumentos.

Otras diferencias que pueden encontrarse entre los caudalímetros y los contadores de agua son las siguientes:

- Habitualmente los caudalímetros precisan de alimentación eléctrica, con los inconvenientes que ello conlleva.

- Para que la medición de un instrumento pueda ser considerada válida desde un punto de vista legal, el modelo de contador o caudalímetro ha de someterse a un control metrológico por parte del estado.

  En el caso de los contadores existe ese control, mientras que para los caudalímetros, los controles específicos no están definidos, por lo que no se podrían utilizar estos instrumentos como elemento de medida en la facturación de agua.

Dentro de los caudalímetros, nos detendremos en los electromagnéticos y en el caso de los contadores estudiaremos los dos grandes grupos en que se clasifican: de velocidad y volumétricos.

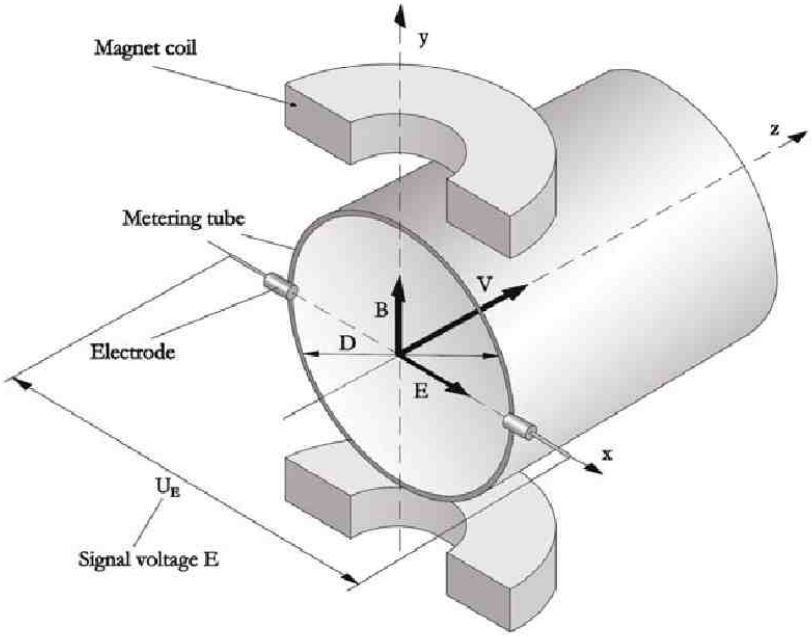
2. MEDIDORES ELECTROMAGNÉTICOS

Principio de funcionamiento → El contador se compone de un carrete a través del cual se hace pasar una corriente eléctrica. Esta corriente eléctrica, junto con el movimiento del agua a través del carrete induce la formación de un campo magnético. Este campo provoca en los extremos de un conductor eléctrico, unido a las paredes del carrete, una corriente eléctrica (fuerza electromotriz).

Esta fuerza electromotriz es proporcional a la velocidad, longitud e intensidad del campo magnético generado (Ley de Faraday).

Conocida la conversión corriente inducida – velocidad del agua a través del carrete, obtenemos el caudal.

Muy precisos a partir de cierta velocidad (0,6 m/s) por debajo son imprecisos.



3. CONTADORES DE VELOCIDAD

Principio de funcionamiento → Existe una turbina que el agua encuentra a su paso y la hace girar.

Este giro se registra y da el caudal de paso a partir del almacenamiento de una serie de vueltas (pulsos del contador).

Para la medición se debe tener en cuenta la inercia del elemento móvil cuando está en movimiento y la resistencia al movimiento que presentará esta hélice al variar el caudal.

Poseen una parte en contacto con el agua (hidráulica) y otra parte independiente del fluido (totalizador), donde se convierten las vueltas de la turbina en mediciones de volumen mediante una equivalencia volumen – vuelta.

La transmisión vuelta – turbina – vuelta en el totalizador se realiza mediante sendos imanes colocados en cada parte (hidráulica y totalizador) y que crean un campo magnético que permite que gire un eje a partir del movimiento del otro.

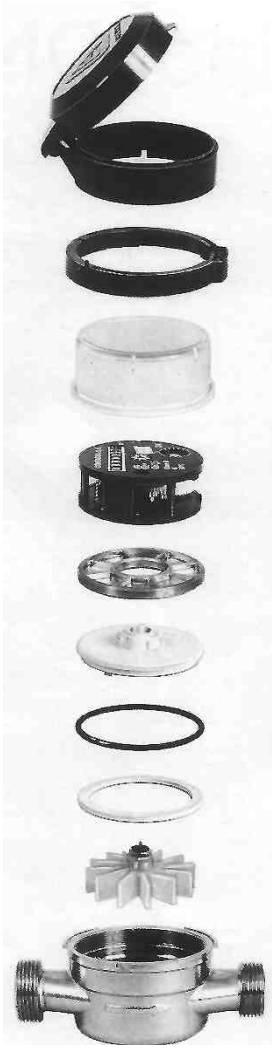
Contadores de chorro único

Principio de funcionamiento → Los contadores de chorro único son utilizados de forma generalizada en muchos países del mundo para registrar los consumos domésticos debido a su bajo coste.

El funcionamiento de este tipo de contador se basa en la incidencia tangencial de un único chorro sobre una turbina alojada en el interior de un cuerpo, habitualmente de latón o bronce (en ocasiones, material plástico de alta calidad).

La velocidad de giro de la turbina depende de la velocidad de impacto del chorro de agua (caudal circulante). Evidentemente, cualquier modificación en la relación entre el caudal circulante y la velocidad de giro de la turbina alterará la curva de error.

La turbina normalmente se fabrica en plásticos de densidad relativa ligeramente menor que la unidad con el fin de que flote en el agua y apoye únicamente en un punto del eje, reduciéndose así su resistencia al giro por rozamiento



EJEMPLO

CONTADORES DE CHORRO ÚNICO

Zenner

Las dimensiones del cuerpo resultan fundamentales en la precisión del contador, por tanto, la fabricación ha de realizarse con unas tolerancias muy bajas.

Precisamente esta es la razón por la que en diámetros medios (entre 25 y 40 mm) los contadores de chorro único no sean de uso común. Para los diámetros de 15 y 20 mm el ahorro de material que suponen los contadores de chorro único, frente a los de chorro múltiple, los hace más económicos.

Sin embargo, al aumentar el diámetro, las diferencias no son tan acusadas y el mayor coste de fabricación los deja en desventaja respecto a estos últimos.

El totalizador es el elemento encargado de integrar a lo largo del tiempo el caudal detectado por la turbina. Esto se puede conseguir porque el número de vueltas que da la turbina por unidad de volumen se mantiene constante independientemente de su velocidad de giro.

Los totalizadores se pueden clasificar, según si los engranajes están en contacto directo con el fluido o no, en tres tipos: super-secos, secos y húmedos.

Totalizador super-seco → Ningún engranaje está en contacto directo con el fluido. El movimiento de los mismos es transmitido desde la turbina a los engranajes mediante el acoplamiento de dos imanes (transmisión magnética).

Como desventaja, mencionar que la suciedad que pueden acumular los engranajes puede mermar, a medio plazo, la precisión de los contadores.

Totalizador seco → Aíslan el tren reductor (primeros engranajes en contacto con la turbina) del totalizador mediante un sello mecánico.

Tienen como principal inconveniente que algunos engranajes, los situados en el tren reductor, están en contacto directo con el agua, por lo que no son indicados para aguas duras o sucias. Además, es posible que se produzca el empañamiento del vidrio, lo que dificulta las lecturas de los contadores.

Totalizador húmedo → Los contadores con totalizador húmedo tienen todos sus engranajes inmersos en el fluido.

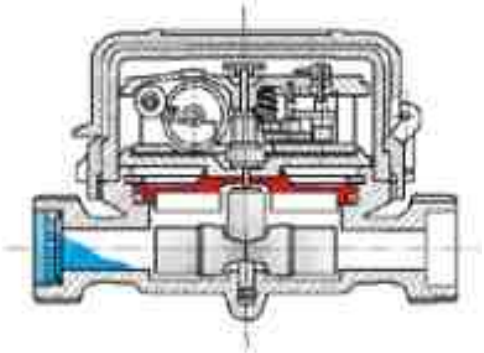
Su principal ventaja es que la lubricación proporcionada por el agua disminuye la fricción considerablemente, por lo que su sensibilidad a caudales bajos es mayor que su equivalente con el totalizador seco. Estos contadores son muy sensibles a las impurezas que arrastre el agua y a su calidad (dureza del agua).

EJEMPLO

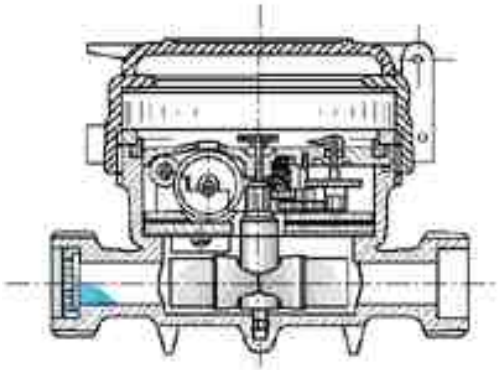
CONTADORES DE CHORRO ÚNICO

BMeters

Modelo GSD5 Totalizador super-seco

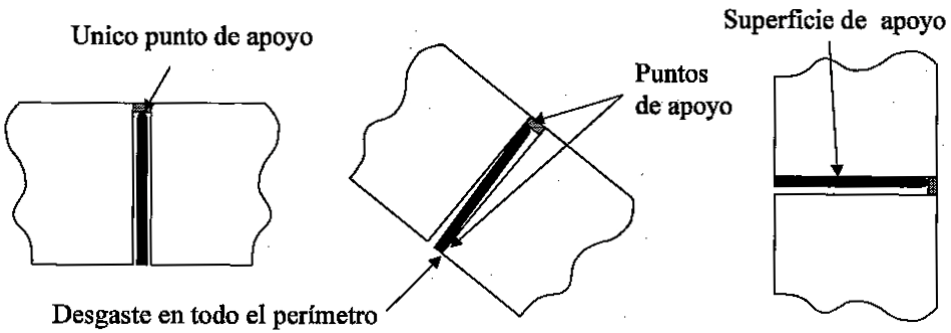


Modelo CPR Totalizador húmedo



Condiciones de instalación → En principio, estos contadores están pensados para funcionar en posición horizontal, con el eje totalmente vertical. Cualquier otro tipo de instalación afecta negativamente a su curva de error. No obstante, existen modelos homologados para funcionar en cualquier posición.

En régimen nominal, donde trabaja generalmente el instrumento, la curva de error no se ve afectada si su instalación no es horizontal. Sin embargo, si perjudicará la vida útil del mismo al apoyar la turbina sobre el eje de manera incorrecta.



En estos contadores, un perfil de velocidades distorsionado no suele afectar gravemente a la calidad de medición, es decir, no aumenta el error de registro del contador debido a que se suele disponer una tobera convergente a la entrada que regulariza el perfil.

Por ello, en general, no se requiere de la disposición de tramos rectos de tubería aguas arriba del contador. La anterior afirmación podría no ser válida en contadores de chorro único cortos, de longitud 100 mm, en los que la tobera de entrada es extremadamente corta. Por ello, se recomienda utilizar contadores de longitud 115 mm o mayor.

Parámetros que pueden afectar a la metrología → En ocasiones, los sólidos en suspensión y deposiciones calcáreas pueden dar lugar a sobrecontaje, al cambiar la relación entre el caudal y la velocidad de giro de la turbina.

También, las fibras y sólidos en suspensión alteran en numerosas ocasiones el correcto funcionamiento de estos contadores, bloqueado o dificultando el giro de la turbina, lo que provoca subcontaje.

Por otro lado, una obturación parcial del filtro de entrada no suele afectar gravemente a la curva de error, debido a la ya mencionada tobera de entrada convergente, lo que ayuda a regularizar el perfil de velocidades, manteniendo constante la relación entre la velocidad de giro de la turbina y el caudal. En cambio, una obturación casi total del filtro de entrada genera grandes pérdidas de carga y sí podría modificar la curva de error del contador.

Contadores de chorro múltiple

Principio de funcionamiento → Al igual que ocurre con los contadores del apartado anterior, la velocidad de giro de la turbina depende de la velocidad de impacto del agua sobre la misma.

La diferencia con respecto al funcionamiento de los contadores de chorro único reside en que en éstos el agua impacta sobre la turbina en un único punto, mientras que en los contadores de chorro múltiple el agua golpea a la turbina en toda la periferia de la cámara, saliendo por la parte superior de la misma.

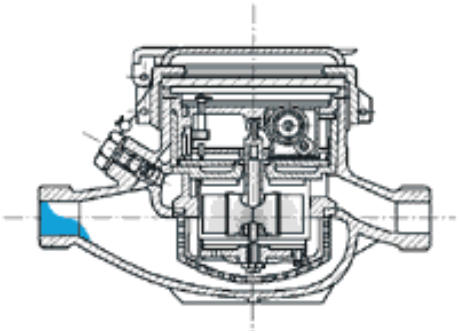
Con esta característica se consigue un funcionamiento más equilibrado de la turbina y, en teoría, mayor durabilidad del contador. Asimismo, se supone un mejor comportamiento a bajos caudales.

EJEMPLO

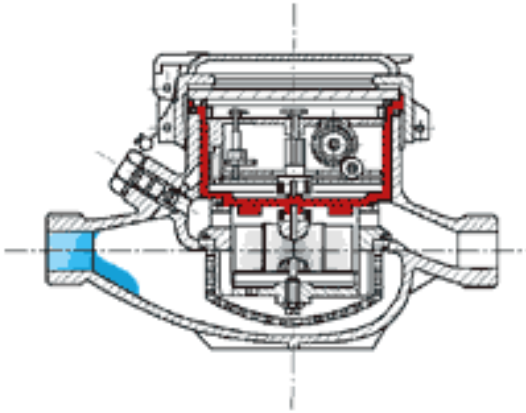
CONTADORES DE CHORRO MÚLTIPLE

BMeters

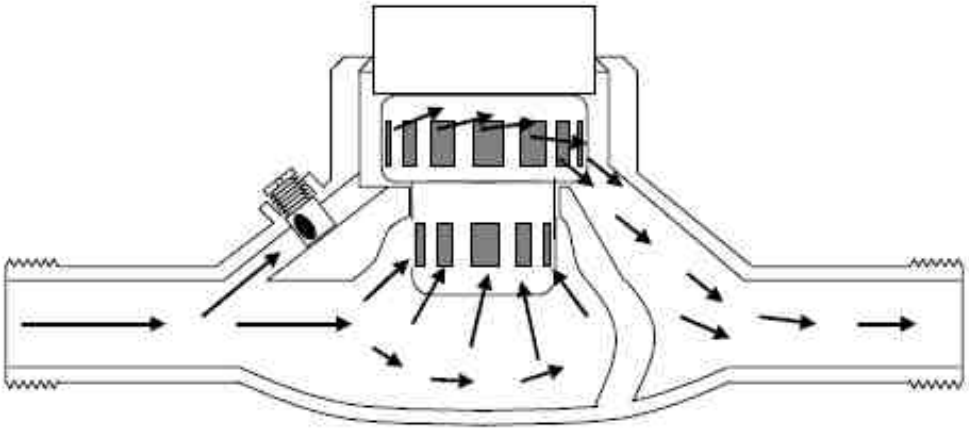
Modelo GMB Totalizador húmedo



Modelo GMDX Totalizador super-seco



En el cuerpo del contador se aloja la cámara de distribución, fabricándose habitualmente en latón o bronce. A diferencia de los contadores de chorro único las dimensiones del cuerpo no tienen influencia en la precisión del medidor, por lo que las tolerancias de fabricación son más flexibles.



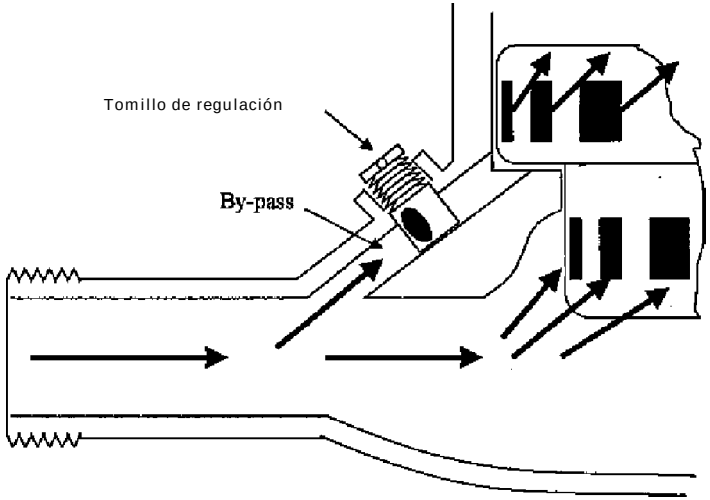
Para un mismo diámetro, el tamaño del cuerpo es mayor, por lo que es necesaria más cantidad de material que en los contadores de chorro único.

Normalmente, el ahorro de material tiene un peso preponderante sobre el coste de mecanizado, por lo que este tipo de contador es más caro que el de chorro único hasta diámetros de 20 mm. Sin embargo, a partir de este diámetro, el ahorro de material no es tan considerable y el coste de un mecanizado preciso deja en desventaja a los contadores de chorro único frente a los de chorro múltiple.

Condiciones de instalación → Al igual que los contadores de chorro único, estos contadores no requieren tramos rectos de tubería aguas arriba. Una instalación inclinada o en vertical es muy habitual, pero inadecuada, y reduce la sensibilidad del contador a caudales bajos, aunque no afecta a la curva de error a caudales medios y altos. Sin embargo, como en los anteriores, es posible que la durabilidad del contador se vea perjudicada.

Parámetros que pueden afectar a la metrología → La regulación de la curva de error de estos contadores se logra gracias a la habilitación de un circuito en paralelo. con los clientes.

En caso de obturarse este by-pass, debido a fibras o sólidos en suspensión de cierto tamaño, el caudal circulante por la turbina a un determinado régimen es superior al esperado por lo que ésta girará a mayor velocidad. Es decir, en estos casos, los errores de contaje se volverían positivos. Este problema, sin duda, puede ocasionar numerosos problemas



Contadores Woltman

Principio de funcionamiento → El elemento primario de los contadores Woltman consiste en una hélice sobre la que incide, en dirección axial, el flujo de agua. La velocidad de giro de la misma es función tanto del caudal y las características constructivas de la hélice, como del ángulo de ataque del agua sobre sus álabes. Este último aspecto tiene especial relevancia en la instalación de los contadores.

Se denominó Woltman a este tipo de contadores en homenaje al ingeniero alemán Reinhard Woltman (1757-1830) que en 1790 introdujo el uso de molinetes en la medición del caudal en canales abiertos.

El uso de los contadores Woltman está muy extendido en todo el mundo y habitualmente se emplean para diámetros entre 50mm hasta, en casos excepcionales, 800mm.

En función de cómo esté montada la hélice se encuentran tres configuraciones diferentes: Woltman horizontal, Woltman vertical y Woltman en 90°. No obstante, con mucha diferencia, la configuración más utilizada de las tres es la primera.

EJEMPLO

CONTADORES WOLTMAN

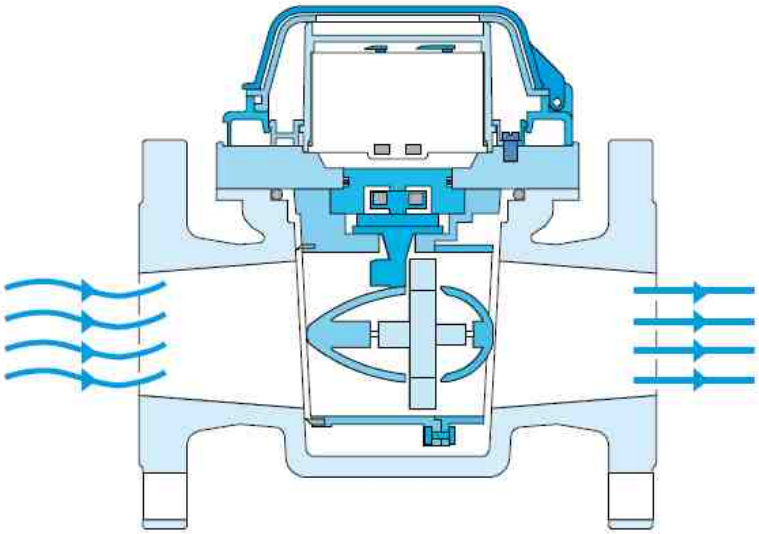
Woltmann Horizontal

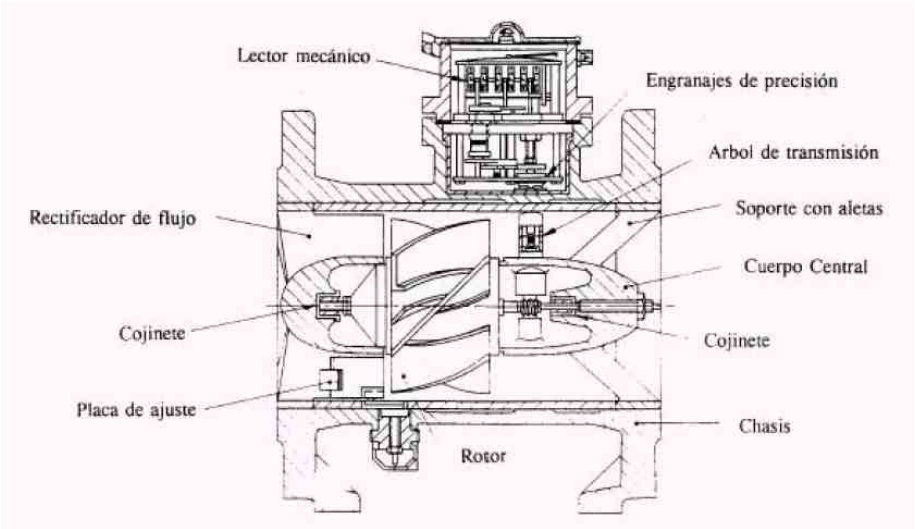
Woltmann Vertical

Woltmann en codo

1) *<u>Contadores Woltman horizontal</u> (o paralelos)* → La hélice se monta con el eje horizontal, paralelo al eje de la conducción y la dirección del flujo. El cuerpo del contador no introduce alteraciones en el perfil de velocidades por lo que la calidad de la medida depende estrictamente de las características del flujo a la entrada del contador.

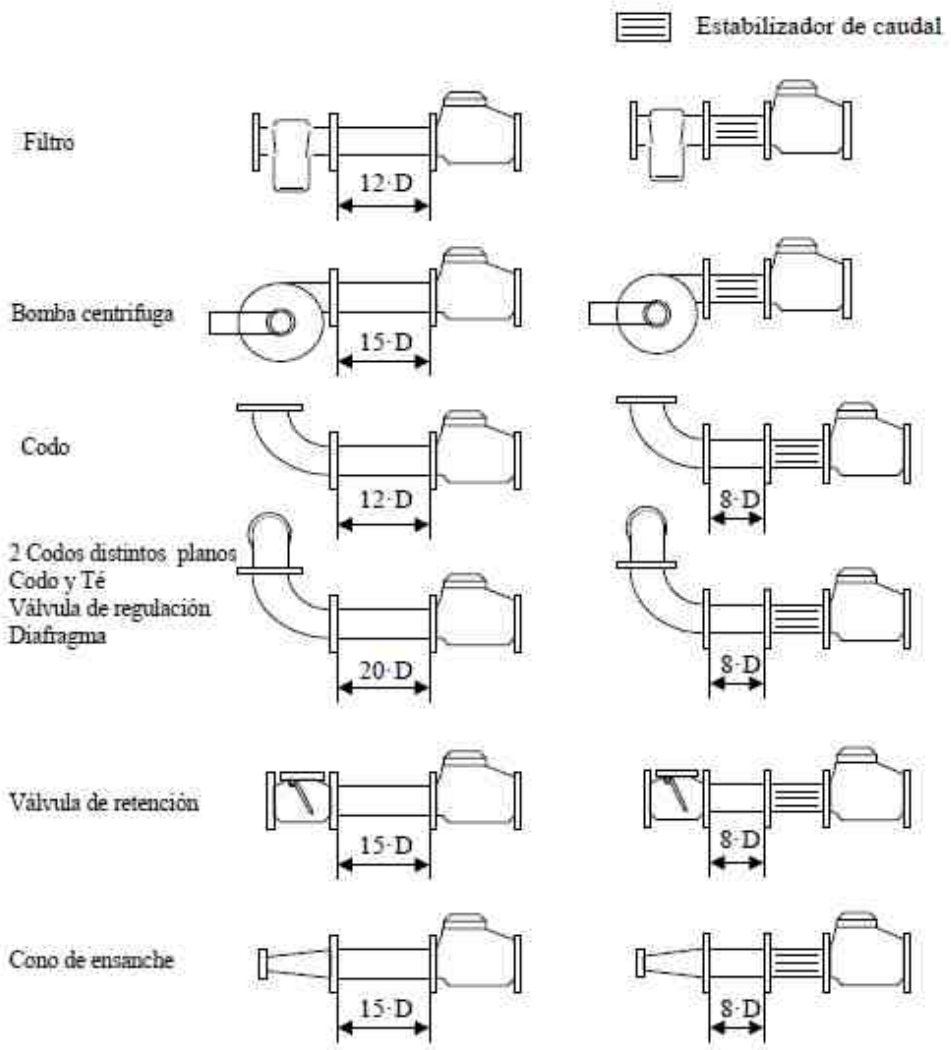
Los contadores Woltman con hélice horizontal se encuentran en diámetros comprendidos entre 50 y 800 mm, aunque estos últimos cambian ligeramente de diseño siendo lo habitual encontrarlos hasta 500 mm.





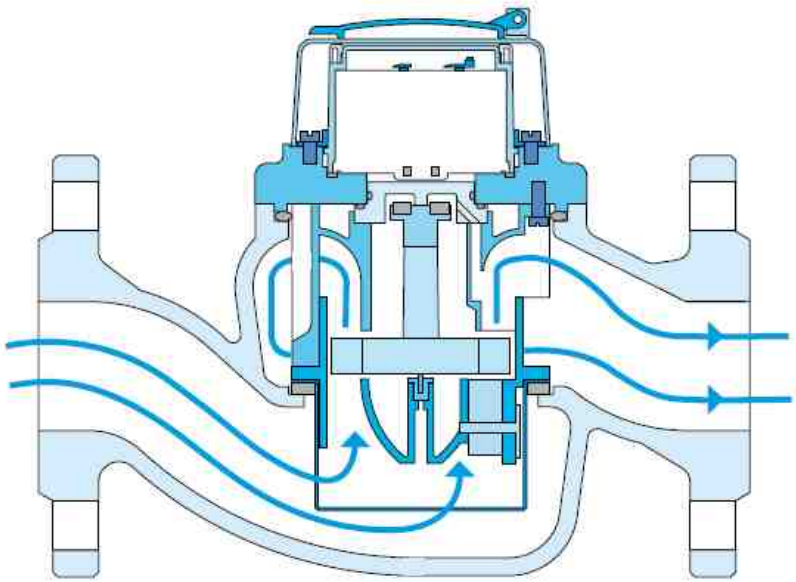
En los contadores de eje horizontal, el perfil de velocidades a la entrada desempeña un papel fundamental en la metrología del mismo. Dependiendo de la perturbación existente aguas arriba el número de tramos rectos necesarios para regularizarlo oscila entre 5 y 20 diámetros.

En los Woltman horizontales la posición de instalación puede ser prácticamente cualquiera. La única limitación es la inclinación sobre la horizontal del totalizador, que en ningún caso debe estar boca abajo.



2) *Contadores Woltman vertical* → A diferencia del contador Woltman horizontal, en el vertical, el giro de la hélice se produce alrededor de un eje perpendicular al eje de la conducción. Para lograrlo debe cambiar la dirección de avance del agua, es decir, desviarla y hacerla avanzar perpendicularmente al eje de la conducción.

Este diseño produce alteraciones en el perfil de velocidades. Por tanto, las distorsiones en el mismo, que se hubieran podido producir aguas arriba del contador, tienen una influencia sobre la curva de error más limitada que en un contador Woltman horizontal. Es decir, los contadores Woltman verticales son poco sensibles a las características del flujo de entrada, tal y como demuestra la menor necesidad de tramos rectos de tubería aguas arriba de los mismos.



La principal ventaja que aporta esta configuración de montaje de la hélice reside en el menor par resistente que presenta a la rotación, lo que permite una mayor sensibilidad de estos contadores, frente a los horizontales, a caudales bajos (tanto el eje de la hélice como los engranajes giran en la misma dirección, por lo que no se necesitanmecanismos que generan mayor rozamiento, como los engranajes cónicos o los tornillos sin fin).

El principal inconveniente de este diseño radica en el aumento de pérdida de carga (5 veces superior en el Woltman vertical que en el horizontal) ya que introduce un recorrido del fluido dentro del contador más sinuoso.

Además, el caudal máximo que puede soportar un contador Woltman con hélice vertical es inferior al que admite un contador del mismo calibre con hélice horizontal (en torno a la mitad en los caudales máximos, aunque se reduce bastante en caudales normales de operación).

Como conclusión cabe decir que los contadores Woltman con hélice vertical presentan una ligera ventaja en la medición de consumos a caudales bajos. Sin embargo, debido a la mayor capacidad de caudal de los horizontales, es posible escoger un calibre menor con lo que se resuelve en parte este inconveniente.

EJEMPLO

CONTADORES WOLTMAN

Zenner

Modelo WPH-N

Modelo WS-N

3) *Contadores Woltman en codo (o a 90º)* → Están pensados para la medición del agua extraída de pozos. Su principal característica es que la dirección de entrada y salida del agua forma un ángulo de 90°, por lo que el medidor permite ahorrar los costes de un codo.

El funcionamiento del mismo es muy similar al de un Woltmann con hélice vertical. De hecho, la turbina gira alrededor de un eje paralelo al eje de la conducción de entrada. El agua entra por la parte inferior del contador, donde atraviesa unos estabilizadores de flujo antes de llegar a la hélice. A continuación el agua es desviada de dirección y finalmente abandona el contador.

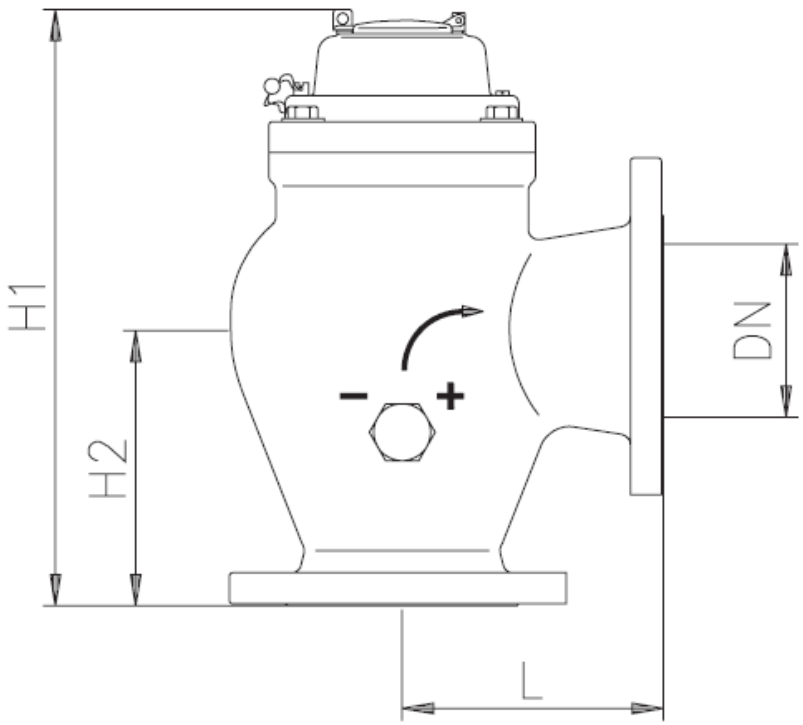
Un aspecto importante a tener presente es que el cuerpo del contador prácticamente no altera el flujo de agua antes de llegar a la hélice. Por tanto, la sensibilidad del error de medición de este tipo de contador al perfil de velocidades entrante es parecida a la de los contadores Woltmann horizontales y no a la de los Woltmann verticales.

Los contadores Woltmann en 90° no son de uso habitual por su elevado precio, por tanto, la gama de diámetros que se encuentra en el mercado es reducida y abarca contadores entre 80 y 200 mm.

EJEMPLO

CONTADOR WOLTMAN EN CODO

Zenner modelo WB-N



4. CONTADORES VOLUMÉTRICOS

Los contadores volumétricos se emplean principalmente en la medición del consumo de los usuarios domésticos. Son de uso común en muchos países, sobre todo del continente americano.

Este tipo de contador registra el consumo mediante la acumulación del número de llenados y vaciados de una o dos cámaras de volumen conocido. Este principio de funcionamiento, de los existentes hoy en día, es el que permite una mayor precisión en la medición de consumos.

Básicamente existen dos tipos de contadores volumétricos: los de pistón rotativo y los de disco nutante.

La diferencia entre ellos reside en la forma del elemento móvil que llena y vacía las cámaras. En los primeros, el elemento móvil lo constituye un pistón que gira excéntricamente mientras que en los segundos esta pieza es un disco.

El uso de los contadores volumétricos de disco nutante está limitado geográficamente a Norte América. Los contadores volumétricos de pistón rotativo son más comunes y se encuentran prácticamente en todo el mundo.

Contador volumétrico de pistón rotativo

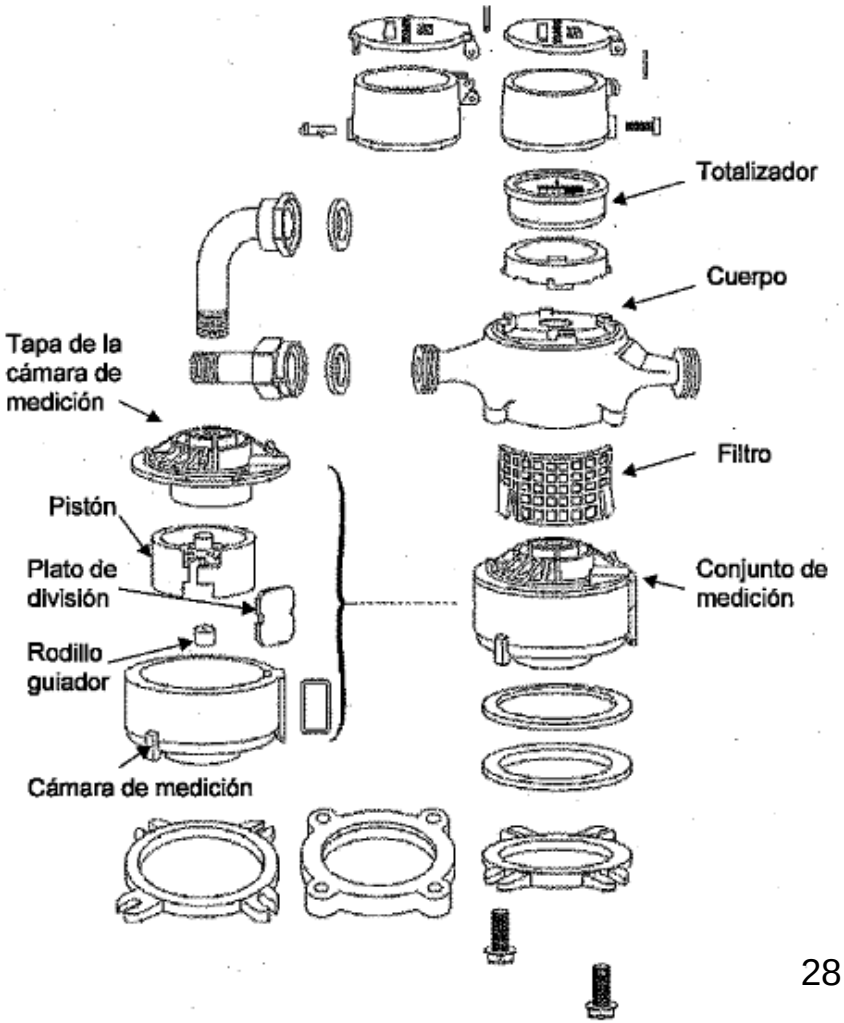
Básicamente el contador lo forma:

1) El conjunto de medición (cámara de medición, pistón y plato de división). Fabricado en plásticos o materiales metálicos (normalmente plásticos).

2) El cuerpo del contador, normalmente fabricado en latón o broce (también en plástico).

3) Filtro que impide que las partículas que arrastra el agua puedan penetrar en la cámara de medición impidiendo el movimiento de las piezas móviles (pistón o disco).

4) Totalizador. Puede ser mecánicos o electrónico.



En estos contadores el agua entra a la cámara de medición por un orificio, normalmente situado en la base de la misma.

En algunos casos, se recurre a dos orificios de entrada (uno en la parte superior y otro en la inferior) consiguiéndose así un mayor equilibrio hidráulico

Dicho orificio está situado a un lado del plato de división. Debido a la mayor presión aguas arriba, el pistón tiende a girar excéntricamente dirigido por el rodillo guiador y orientado por la presencia del plato de división (la abertura del pistón siempre está en la parte superior).

A la vez que se llena el compartimento de la derecha se vacía el compartimento situado a la izquierda. El agua abandona la cámara de medición normalmente por la parte superior.

En cada rotación del pistón siempre atraviesa la cámara de medición el mismo volumen (al menos teóricamente).

Algo muy importante a tener en cuenta es que el flujo de salida con este sistema es continuo y no pulsatorio como ocurría en los modelos más antiguos.

Funcionamiento

Posición 1
La circulación de un líquido a través del contador volumétrico COVOL, ejerce una fuerza sobre el pistón rotativo, iniciando el giro del ciclo de contaje.
En esta posición se inicia el llenado interno del pistón rotativo.

Posición 3
En este punto se ha llenado totalmente el interior del pistón y continua el llenado de la cámara entre el contador y la parte externa del pistón.

Posición 2
La entrada del líquido va llenando de forma progresiva el espacio entre cámara del contador y pistón, a la vez que continua llenándose la parte interna del pistón.

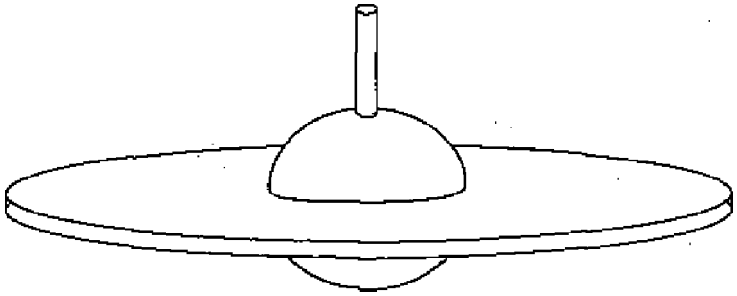
Posición 4
Se inicia el vaciado de la parte interna del pistón. Continua el llenado de la cámara entre el contador y la parte externa del pistón. También se inicia de nuevo el llenado de la parte interna de pistón.

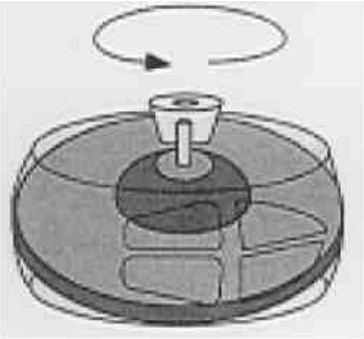
Contador volumétrico de disco nutante

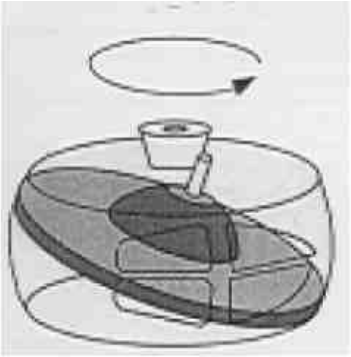
El segundo tipo de contador volumétrico utiliza un disco que gira excéntricamente alrededor de un eje. El elemento móvil lo forman una esfera, un disco y un vástago perpendicular a éste.

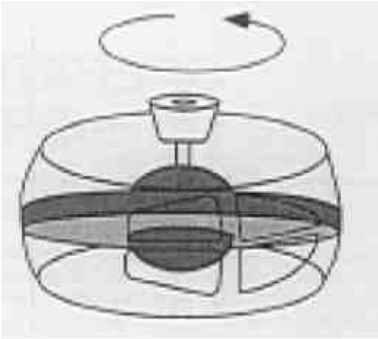
La pieza de la figura divide la cámara de medición en dos partes, situadas en la zona superior e inferior del disco. El agua entra por uno de los laterales de la cámara de medición rellenando uno de los compartimentos. Al girar excéntricamente este compartimiento se traslada gradualmente hacia la zona donde se encuentra el orificio de salida. En el momento en que el compartimiento deja de tener contacto con el orificio de entrada, la posición del disco es tal que el agua situada en dicho compartimiento puede escapar por la abertura de salida.

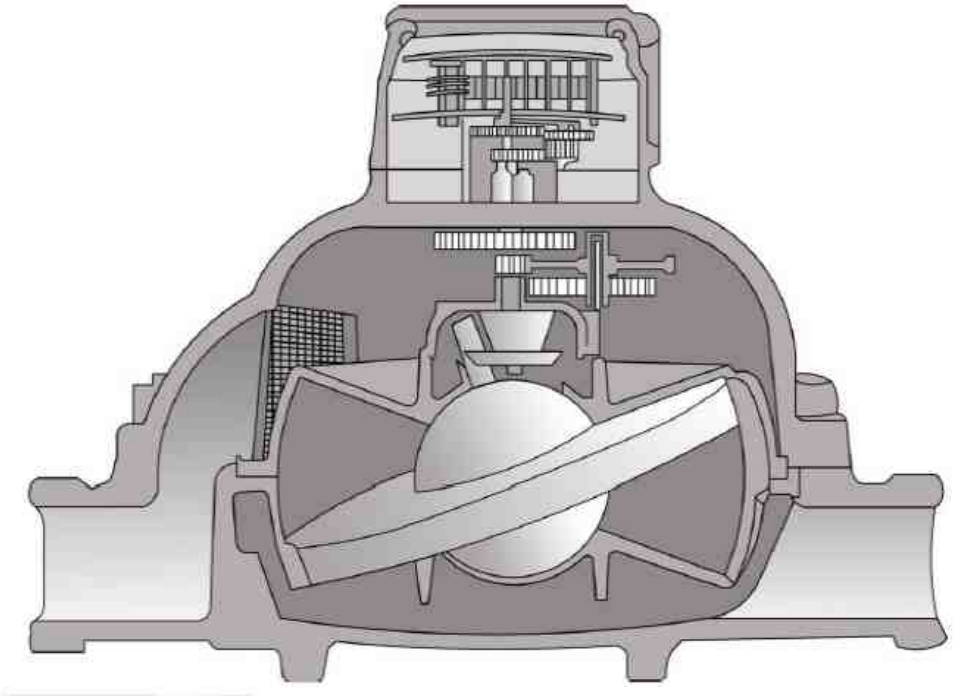
En ningún momento el mismo compartimiento tiene contacto con los orificios de entrada y salida simultáneamente, por lo que en cada rotación del disco se trasiega, desde la entrada a la salida, el mismo volumen de agua.











EJEMPLO

CONTADORES VOLUMÉTRICOS

Contador de disco nutante

Contador de pistón rotativo

5. BIBLIOGRAFÍA

CABRERA MARCET, E. *Evaluación y control de pérdidas en redes urbanas*. Valencia: Instituto Tecnológico del Agua (UPV), 2004. 377 p. Colección Formación. ISBN: 84 609 1473 9

HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. *Abastecimiento y distribución de aguas*. 4ª ed. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2000. 914 p. Colección Seinor nº 6. ISBN: 84-380-0165-3

SUAREZ LÓPEZ, J et al. *Manual de conducciones Uralita.* 1ª ed. Madrid: Thomson-paraninfo, 2004. 857 p. ISBN: 842832882X

VICENTE MÉNDEZ, M. *Tuberías a presión en los sistemas de abastecimiento de agua.* Caracas: Publicaciones UCAB, 2007. ISBN: 980-244-106-6

REFERENCIA DE IMÁGENES

DIAPOSITIVA PORTADA

“Contador” © Juan García Bermejo

DIAPOSITIVA página 4

[Imagen tomada de] “Productos y proyectos”. *Mondragón soluciones* [en línea]. Disponible en: <http://www.mondragonsoluciones.com/upload/images/valvula_web.jpg>. [Consulta: 7 de febrero de 2012]

DIAPOSITIVA página 5

“Caudalímetros electromagnéticos” [Imagen tomada de] “Medición e instrumentación”. *Instituto tecnológico del agua* [en línea]. Disponible en: <www.chil.org/download-doc/2090>. [Consulta: 7 de febrero de 2012]

DIAPOSITIVA página 7

“Despiece de un contador de chorro único” [Imagen tomada de] ARREGUI, F. et al. “Contadores de agua para riego. Medición y recomendaciones prácticas”. En*: Actas del XXI Congreso Nacional de Riegos* (Mérida, 6 al 8 de mayo de 2003) [en línea]. Disponible en: <http://www.ita.upv.es/idi/descargaarticulo.php?id=76>. [Consulta: 7 de febrero de 2012]

DIAPOSITIVA página 8

[Imágenes tomadas de] “Contadores de chorro único”. *ZENNER* [en línea]. Disponible en: <http://www.zenner.es/unico.htm>. [Consulta: 7 de febrero de 2012]

DIAPOSITIVA página 11

[Imágenes tomadas de] “Contadores agua uso en viviendas”. *B-METERS* [en línea]. Disponible en: <http://www.bmeters.com/Categoria.asp?CID=1>. [Consulta: 7 de febrero de 2012]

DIAPOSITIVA página 12

“Puntos de apoyo de la turbina en el pivote en función de la posición de instalación del contador” [Imagen tomada de] CABRERA MARCET, E. “Contadores de agua”. En: *Evaluación y control de pérdidas en redes urbanas*. Valencia: Instituto Tecnológico del Agua (UPV), 2004. 377 p. Colección Formación. ISBN: 84 609 1473 9. P. 20

DIAPOSITIVA página 14

“Despiece de un contador de chorro múltiple” [Imagen tomada de] ARREGUI, F. et al. “Contadores de agua para riego. Medición y recomendaciones prácticas”. En*: Actas del XXI Congreso Nacional de Riegos* (Mérida, 6 al 8 de mayo de 2003) [en línea]. Disponible en: <http://www.ita.upv.es/idi/descargaarticulo.php?id=76>. [Consulta: 7 de febrero de 2012]

DIAPOSITIVA página 15

[Imágenes tomadas de] “Contadores agua uso en viviendas”. *B-METERS* [en línea]. Disponible en: <http://www.bmeters.com/Categoria.asp?CID=1>. [Consulta: 7 de febrero de 2012]

DIAPOSITIVA página 16

“Esquema de funcionamiento de un contador de chorro múltiple” [Imagen tomada de] ARREGUI, F. et al. “Contadores de agua para riego. Medición y recomendaciones prácticas”. En*: Actas del XXI Congreso Nacional de Riegos* (Mérida, 6 al 8 de mayo de 2003) [en línea]. Disponible en: <http://www.ita.upv.es/idi/descargaarticulo.php?id=76>. [Consulta: 7 de febrero de 2012]

DIAPOSITIVA página 17

“Regulación de la curva de error en un contador de chorro múltiple” [Imagen tomada de] CABRERA MARCET, E. “Contadores de agua”. En: *Evaluación y control de pérdidas en redes urbanas*. Valencia: Instituto Tecnológico del Agua (UPV), 2004. 377 p. Colección Formación. ISBN: 84 609 1473 9. P. 29

DIAPOSITIVA página 19

“Tipos de contadores Woltman” [Imagen tomada de] ARREGUI, F. et al. “Contadores de agua para riego. Medición y recomendaciones prácticas”. En*: Actas del XXI Congreso Nacional de Riegos* (Mérida, 6 al 8 de mayo de 2003) [en línea]. Disponible en: <http://www.ita.upv.es/idi/descargaarticulo.php?id=76>. [Consulta: 7 de febrero de 2012]

DIAPOSITIVA página 20

[Imagen tomada de] “Contadores para grandes volúmenes de agua”. *ZENNER* [en línea]. Disponible en: <http://en.zenner.com/shared/files/kataloge/spanisch/GWZ_ES_080714_Web.pdf>. [Consulta: 7 de febrero de 2012]

“Caudalímetro de turbina, tipo Woltmann” [Imagen tomada de] LARREATEGUI, A. “Estado del arte en la medición de magnitudes hidráulicas (I): Medición de caudales en conducciones cerradas, en diámetros pequeños y medianos”. *Ingeniería del agua*. 1994, vol. 1, nº 2, p. 33 -68 [en línea]. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/4189/1/article3.pdf>. [Consulta: 7 de febrero de 2012]

DIAPOSITIVA página 21

“Tramos rectos recomendados para los contadores Woltmann de eje horizontal” [Imagen tomada de] ARREGUI, F. et al. “Contadores de agua para riego. Medición y recomendaciones prácticas”. En*: Actas del XXI Congreso Nacional de Riegos* (Mérida, 6 al 8 de mayo de 2003) [en línea]. Disponible en: <http://www.ita.upv.es/idi/descargaarticulo.php?id=76>. [Consulta: 7 de febrero de 2012]

DIAPOSITIVA página 22

[Imagen tomada de] “Contadores para grandes volúmenes de agua”. *ZENNER* [en línea]. Disponible en: <http://en.zenner.com/shared/files/kataloge/spanisch/GWZ_ES_080714_Web.pdf>. [Consulta: 7 de febrero de 2012]

DIAPOSITIVA página 24

“Woltman type WPH-N” [Imagen tomada de] “Products”. *ZENNER* [en línea]. Disponible en: <http://www.zenner.com/tl_files/content/bilder_produkte/wasserzaehler_WPH_600x630.jpg>. [Consulta: 7 de febrero de 2012]

“Woltman type WS-N” [Imagen tomada de] “Products”. *ZENNER* [en línea]. Disponible en: <http://www.zenner.com/tl_files/content/bilder_produkte/wasserzaehler_WS-N_600x531.jpg>. [Consulta: 7 de febrero de 2012]

DIAPOSITIVA página 26

[Imágenes tomadas de] “Contadores para grandes volúmenes de agua”. *ZENNER* [en línea]. Disponible en: <http://en.zenner.com/shared/files/kataloge/spanisch/GWZ_ES_080714_Web.pdf>. [Consulta: 7 de febrero de 2012]

DIAPOSITIVA página 28

“Despiece de un contador volumétrico de pistón rotativo” [Imagen tomada de] CABRERA MARCET, E. “Contadores de agua”. En: *Evaluación y control de pérdidas en redes urbanas*. Valencia: Instituto Tecnológico del Agua (UPV), 2004. 377 p. Colección Formación. ISBN: 84 609 1473 9. P. 50

DIAPOSITIVA página 30

[Imágenes tomadas de] “Contadores volumétricos serie COVOL”. *Techfluid* [en línea]. Disponible en: <http://80.36.188.130/Caudal/PISTONES%20Y%20RUEDAS%20OVALES/1.pdf>. [Consulta: 7 de febrero de 2012]

DIAPOSITIVA página 31

“Elemento móvil de un contador volumétrico de disco nutante” [Imagen tomada de] CABRERA MARCET, E. “Contadores de agua”. En: *Evaluación y control de pérdidas en redes urbanas*. Valencia: Instituto Tecnológico del Agua (UPV), 2004, 377 p. Colección Formación. ISBN: 84 609 1473 9. P. 54

DIAPOSITIVA página 32

“Nutaciones del disco” [Imagen tomada de] “Especificación técnica RD-T-5/8 2-01. Medidor volumétrico de disco nutante de 5/8’’ (15 mm)”. *Badgermeter* [en línea]. Disponible en: <http://www.urbaca.com.mx/catalogosesp/volum58.pdf>. [Consulta: 7 de febrero de 2012]

“Contador de disco nutante” [Imagen tomada de] “Medición e instrumentación”. *Instituto tecnológico del agua* [en línea]. Disponible en: <www.chil.org/download-doc/2090>. [Consulta: 7 de febrero de 2012]

DIAPOSITIVA página 33

“Contadores volumétricos” [Imagen tomada de] “Medición e instrumentación”. *Instituto tecnológico del agua* [en línea]. Disponible en: <www.chil.org/download-doc/2090>. [Consulta: 7 de febrero de 2012]