



UNAM.



FACULTAD DE INGENIERIA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO.

---

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
ESPECIALISTA EN INGENIERIA SANITARIA.

**computo**

INDICE

INTRODUCCION.....	03
I.- PROCEDIMIENTO PARA MEDIR EL CAUDAL DE AGUA POTABLE QUE DEMANDA UN CONJUNTO DE EDIFICIOS PARA OFICINAS.	
I.1 SISTEMA DE SUMINISTRO A LOS MUEBLES SANITARIOS.....	04



I.2 IDENTIFICAR LAS CARACTERISTICAS DE LOS MUEBLES SANITARIOS Y DE LOS DISPENSADORES.....	08
I.3 CARACTERISTICAS DE LOS FLUXOMETROS.....	09
I.4 CALIBRACION DE FLUXÓMETROS.....	13
I.5 IMPORTANCIA DE LA MEDICION DE LA DEMANDA POR SECTORES DEL CONJUNTO.....	15
II.- CARACTERISTICAS QUE DEBEN TENER LOS MEDIDORES DE AGUA PARA UN CONJUNTO DE EDIFICIOS.	
II.1.- DETERMINAR DIAMETRO DE LA TOMA.....	16
II.2 DEFINICIÓN DE LOS RANGOS DE CAUDAL DEL MEDIDOR.....	22
III.- TIPO DE MEDIDOR Y RANGOS ADECUADOS PARA OBTENER UNA MEDICION DE CONSUMO ADECUADA.	
III.1 TIPOS DE USUARIO.....	34
III.2 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA QUE SE DEBE ENTREGAR.....	37
III.3 TIPOS DE MEDIDORES ASI COMO SUS RESPECTIVOS RANGOS.....	37
IV.- PROCESO PARA MEDIR EL CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES DE UN CONJUNTO DE EDIFICIOS	
IV.1 MÉTODO DE SECCION VELOCIDAD.....	51
IV.2 MEDICION DE VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL Y TIEMPO.....	57
V. CONCLUSIONES.....	59
BIBLIOGRAFIA.....	63

## INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

El Instituto del Fondo Nacional de Vivienda para los Trabajadores INFONAVIT tiene como objetivo realizar un programa de protección al ambiente, y que mas protección al ambiente que cuidar el uso y consumo del agua, por ello busca acciones para controlar y eficientar el uso del agua, por esta razón es muy importante contar con una medición adecuada del consumo de agua; pero aquí tendremos que separar responsabilidades, como primer parte el municipio o delegación debe

“Selección de las tecnologías y procesos físicos adecuados para la correcta medición del gasto de agua potable y aguas residuales”.



colocar una toma y un medidor que sea capaz primero de abastecer la demanda de agua que requieren estos edificios, colocar un medidor que pueda registrar los consumos máximos y mínimos, segunda acción el INFONAVIT debe seccionar o sectorizar la medición del consumo de agua dentro de sus instalaciones, con la suma de las lecturas de los medidores colocados en puntos estratégicos en la red interna de suministro de agua, con la suma de las lecturas podemos compararlas con la lectura del medidor de la toma domiciliaria, logrando con esta comparación determinar si hay fugas de agua y así podemos elaborar un programa para reparar fugas de agua.

Objetivo.

Que los ingenieros puedan contar con un manual para determinar las dimensiones de una toma domiciliaria y así como poder seleccionar el medidor adecuado para cada consumidor de agua potable.

Alcances.

La determinaciones de campo se refieren únicamente a las instalaciones de suministro de agua potable y evacuación de aguas residuales, así como a sanitarios, jardines y otros espacios propios del inmueble, donde se consume agua potable y se descarga agua residual, incluyendo sus redes interiores secundarias o de alimentación al edificio, plantas de bombeo y albañales.

## I.- PROCEDIMIENTO PARA MEDIR EL CAUDAL DE AGUA POTABLE QUE DEMANDA UN CONJUNTO DE EDIFICIOS PARA OFICINAS

### I.1 SISTEMA DE SUMINISTRO A LOS MUEBLES SANITARIOS



Apoyándose en los planos y realizando un recorrido de campo se identifico primero las líneas de conducción de agua hasta las cisternas, posteriormente se identificaron las columnas y distribuidores, así como los ramales de alimentación a muebles y aparatos.

El sistema de suministro de agua potable del conjunto de edificios El Rosario está formado por los siguientes elementos principales: toma domiciliaria, almacenamiento y sistemas de distribución

### **Toma domiciliaria**

La toma domiciliaria es la parte del sistema de abastecimiento por medio de la cual el INFONAVIT dispone de agua en el predio ubicado en la Delegación Azcapotzalco. El adecuado funcionamiento depende de una selección cuidadosa de los materiales y dispositivos que se van a utilizar, de mano de obra calificada, de la observancia de las especificaciones de construcción y correcta supervisión de la ejecución de la obra.

Debido a que las tomas domiciliarias de agua combinan elementos de diferentes materiales, es necesario que todos sus componentes tengan una calidad comprobable respaldada por una norma de producto que armonice la compatibilidad de todos y cada uno de los elementos y que evite la contaminación y el desperdicio del recurso agua (Figura 1.1).



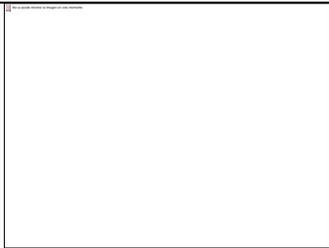
Figura 1.1 Toma domiciliaria del conjunto de edificios.

### **Almacenamiento**

El sistema de almacenamiento consta de tres cisternas, dos construidas en la parte posterior del edificio de Infonatel y la tercera dentro del edificio de Cartera (Cuadro 1.1).



Cuadro 1.1 Características del almacenamiento de agua en el conjunto.

Cisterna	Capacidad en litros	Registros
1.- Se ubica en área del edificio de Infonatel, detrás del cuarto de máquinas, al lado izquierdo del cuarto de bombas.	70,000	
2.- Se ubica en el área del edificio de Infonatel, detrás del cuarto de máquinas, al lado derecho del cuarto de bombas junto al medidor de consumo del edificio.	36,000	
3.- Se ubica dentro del edificio de Cartera, en el cuarto de bombas, al igual que el sistema contra incendio	25,000	

### Sistema de distribución

El sistema de distribución es a gravedad, a partir de tanques elevados, a excepción del edificio de Cartera, que se abastece por medio de un sistema de tanque hidroneumático (Cuadro 1. 2 y Figura 1.2).



Cuadro 1.2 Características del sistema de distribución.

EDIFICIO	TANQUES	CAPACIDAD (litros)	REGISTRO FOTOGRÁFICO
CARTERA	2 tanques hidroneumáticos		
INFONATEL	6 tanques de almacenamiento de polietileno de alta densidad	1100 c/u	
ANEC	2 tanques almacenamiento de polietileno de alta densidad	1100 c/u	



Figura 1.2. Bombeo y descarga a tanques elevados del sistema de distribución.

“Selección de las tecnologías y procesos físicos adecuados para la correcta medición del gasto de agua potable y aguas residuales”.



## I.2 IDENTIFICAR LAS CARACTERISTICAS DE LOS MUEBLES SANITARIOS Y DE LOS DISPENSADORES.

Taza enlongada, cerámica porcelanizada de alto brillo con superficie antimicrobial permanente Ever Clean, descarga de 4.8 litros, altura normal, spud de 38 mm, acción de sifoneo con jet, requiere presión mínima de 25 PSI = 1.4 kg/cm<sup>2</sup>, conexión superior incluida, no incluye fluxómetro

ni asiento, marca American Standard.





Fig. 1.3 Características de la wc American Estándar.

Mingitorio de cerámica porcelanizada de alto brillo, acción de sifoneo con jet, con spud de 19 mm con desagüe a pared, bajo nivel de ruido, capacidad de 3.8 litros por descarga, evita malos olores, no incluye fluxómetro, modelo Allbrook, marca American Standard.



Fig. 1.4 Mingitorio American Estándar.

### I.3 CARACTERISTICAS DE LOS FLUXOMETROS

Las principales ventajas de emplear fluxómetros automatizados para los sanitarios son la economía y la limpieza.

Las características principales de los equipos de acuerdo con el fabricante son:

1. Asegura limpieza e higiene.
2. Tecnología No Touch.
3. Acabado en cromo.
4. Funcionamiento automático.



5. Sensores ajustables.

Características

1. Fluxómetro automático
2. Incorpora un circuito electrónico y válvula solenoide, con luces indicadoras internas de autodiagnóstico.
3. Luz indicadora de baterías bajas. Botón manual de descarga independiente de las baterías.
4. Pistón principal con menos fricción. Filtro integrado auto lavable.
5. Cubierta metálica.
6. Ojos del sensor con inclinación variable. Montaje opcional para alimentación izquierda ó derecha.
7. Sellos de silicón resistente al cloro. Tiempo de descarga ajustable.
8. Descarga pre-programada, cada 24 horas para muebles sanitarios de poco uso. Demora de tiempo inicial de 4 a 8 segundos para prevenir descargas de agua en falso.

Fluxómetro MODELO HB-8000 C baterías

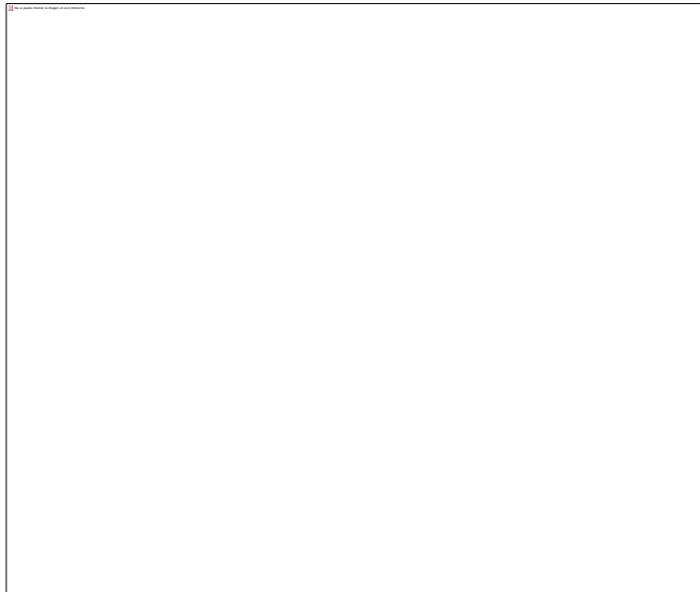


Fig.1.5 Tipo de Fluxómetro utilizando en los sanitarios

Aplicaciones.

**En instalaciones hidráulicas en edificios.**

La aplicación más común de los sifones es en los desagües de fregaderos, lavabos, inodoros, etc, para evitar que el mal olor de las cañerías ascienda por los desagües. Consiste en un tubo en forma de "S", de manera que, al desaguar, se llena la primera curva del tubo y la segunda actúa como un sifón, vaciando la primera hasta que el nivel de agua baja y entra algo de aire. En este momento, el sifón deja de funcionar y retrocede el agua que está en la parte ascendente entre las dos eses, llenando la primera curva del tubo y aislando el desagüe de los gases de la cañería.

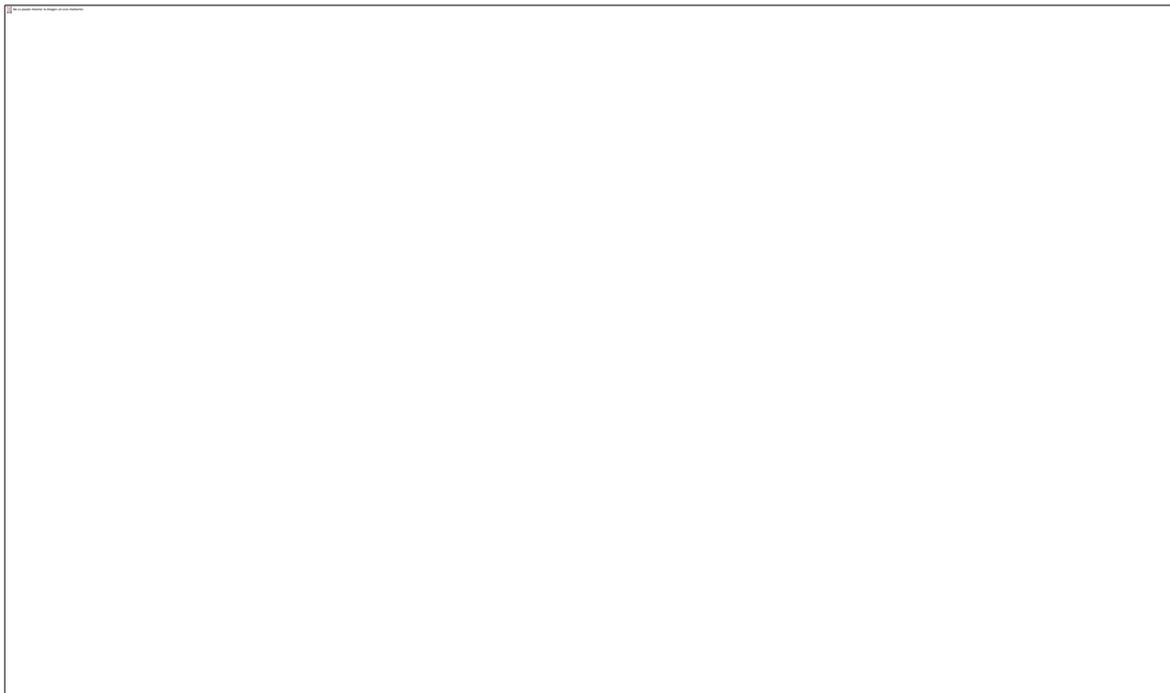
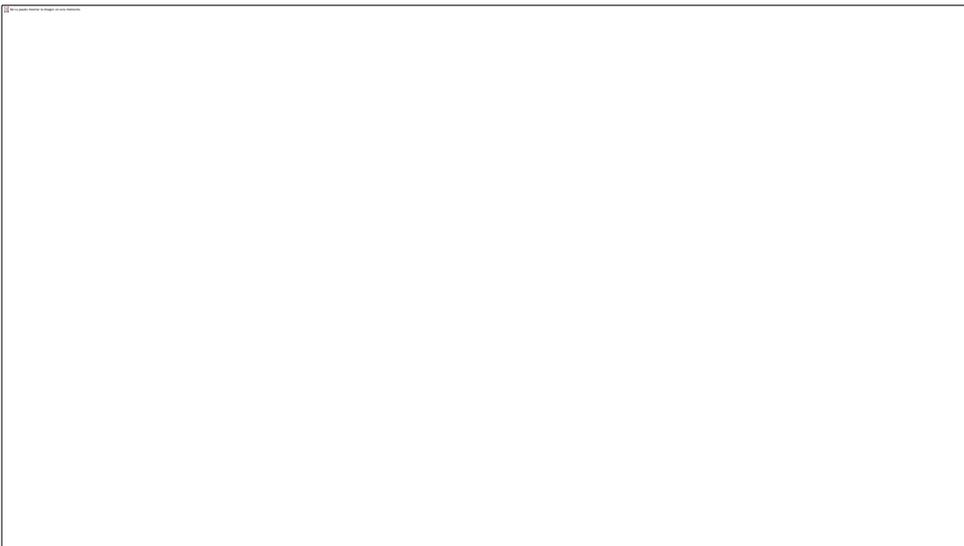


Fig.1.6 inodoro

Para entender que es el sifón daremos una pequeña reseña, Un **sifón** está formado por un tubo, en forma de "U" invertida, con uno de sus extremos sumergidos en un líquido, que asciende por el tubo a mayor altura que su superficie, desaguando por el otro extremo. Para que el sifón funcione debe estar lleno de líquido, ya que el volumen del líquido en la rama del desagüe ocasiona un vacío el cual es menor a la presión atmosférica que ocasiona el flujo de agua que se eleva y se descarga en la otra rama.



SIFON ELEMENTAL Fig 1.7



Desagüe Fig.1.8



### El sifón en el inodoro

Para comprender la importancia del sifón en el inodoro, hagamos la siguiente prueba:

Descarguemos parcialmente y lentamente 6 litros de agua o más dentro del inodoro y observemos que no pasa nada.

Ahora, descarguemos súbitamente esos mismos 6 litros. Observaremos que hemos llenado el sifón del inodoro y causamos que se active la descarga ocasionando el remolino que servirá para arrastrar los residuos corporales, dejando limpia la taza del inodoro.

Cuando usamos fluxómetros para esta operación, se requiere que el flujo de agua tenga presión y el volumen suficiente para efectuar la descarga y la limpieza completa del inodoro.

Características del servidor de agua fría y caliente marca blue point: Este servidor se conecta directamente a la instalación domiciliaria de agua potable en el punto donde se requiera su servicio; por ende implica que en su primer etapa funcional realiza una filtración al agua de consumo humano y posteriormente pasa por un dispositivo que enfría y calienta el agua según se requiera.



Fig.1.9 Servidor de agua fría y caliente

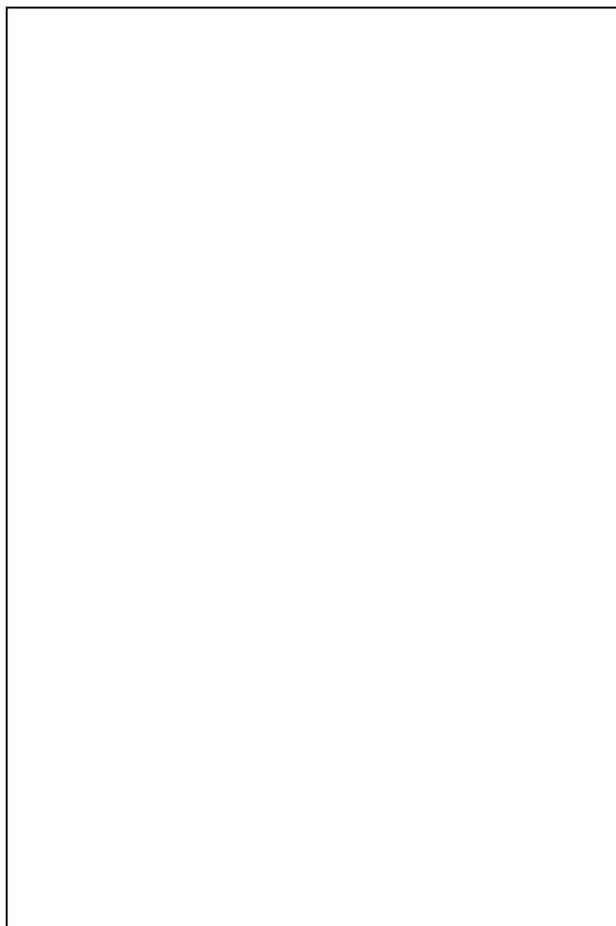


#### I.4 CALIBRACION DE FLUXÓMETROS

La calibración consiste en ajustar un sensor que está contenido en el fluxómetro el cual considera la distancia para que la descarga de agua pueda darse.

Calibración del sensor de distancia del fluxómetro automático eléctrico Hydrotek HB-8000C

La tubería de alimentación es de 25 mm y la presión mínima requerida es de 2 kg/cm<sup>2</sup>. La Figura 1.7 presenta el diagrama que describe las piezas que conforman el fluxómetro instalado en los edificios del Instituto.

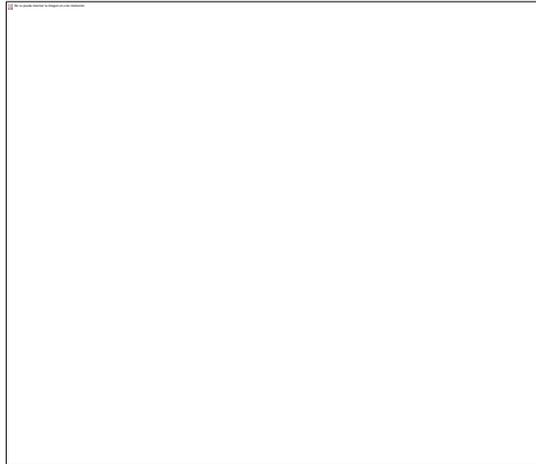


1. Cubierta superior
2. Porta Baterías
3. Prisoneros
4. Baterías AA
5. Circuito Electrónico (PCB)
6. Cubierta interior
7. O-Ring
8. Válvula angular
9. Ojos del sensor
10. Tuerca de unión
11. Cuerpo
12. Botón manual
13. Empaque de vacío
14. Tuerca de sujeción
15. Tubo de descarga
16. Tuerca inferior
17. Baterías AA
18. Circuito Electrónico (PCB)
19. Cubierta interior
20. O-Ring
21. Válvula angular
22. Ojos del sensor
23. Tuerca de unión
24. Cuerpo
25. Botón manual
26. Empaque de vacío
27. Tuerca de sujeción
28. Tubo de descarga
29. Tuerca inferior
30. Cubierta superior
31. Porta Baterías
32. Prisoneros

Figura 1.10 Esquema del fluxómetro hydrotek HB-8000C.



El módulo de control es una pieza fundamental, con éste se calibra la distancia de descarga del fluxómetro. Figura 1.11



1. Switch selector AC/DC
2. Conector de porta baterías (Rojo)
3. Micro interruptores
4. Botón restablecedor
5. Ajustador de distancia
6. Luz indicadora verde
7. Luz indicadora roja
8. Conector de válvula solenoide
9. Cable de los ojos del sensor
10. Conector para la corriente

Figura 1.11 Diagrama del módulo de control.

Para ajustar correctamente la distancia del sensor, se deben seguir los siguientes pasos:

1. El ajustador de distancia está identificado con el #5 en el diagrama de módulo de control.
2. La distancia aumenta ajustando el potenciómetro en el sentido del giro de las manecillas del reloj y viceversa.
3. Al terminar el ajuste de distancia, se presiona el botón restablecedor identificado con el #4 para memorizar el ajuste.



Se trata de implementar la colocación de medidores de agua, que estén distribuidos de forma estratégica entre el tanque de almacenamiento y los aparatos de consumo, con la intención de contar con varias mediciones del consumo de agua, así tendremos datos para comparar el registro de volumen a la entrada del conjunto de edificios y el registro del volumen en los lugares de consumo, con esta información nosotros podremos saber si existe fuga y podremos establecer un programa para racionalizar el consumo de recursos hídricos en el medios urbanos.



Fig. 1.12 sectorizar medición

## II.- CARACTERISTICAS QUE DEBEN TENER LOS MEDIDORES DE AGUA PARA UN CONJUNTO DE EDIFICIOS.



## II.1.- DETERMINAR DIAMETRO DE LA TOMA.

Determinar la demanda es estimar mediante la aplicación del método de Hunter el consumo promedio diario y el consumo máximo probable de agua para el conjunto de edificios. Es un dato básico ya que a partir de él se establece la capacidad o tamaño de todos los componentes del sistema de suministro de agua.

El Método de Hunter (número de unidades de gasto), ver tablas 1 y 2, es el método para el cálculo de la demanda máxima probable, que considera el cálculo de Picos Máximos en redes de agua y dimensionamiento de tuberías de la red y es importante aclarar que este método se aplica primordialmente en piezas sanitarias donde se usen fluxómetros.

Para edificaciones de uso residencial, este método tiende a dar valores 150% o más de los obtenidos por el método francés, alemán y método americano.

El método se le asigna a los muebles y aparatos, de acuerdo con su uso y tipo, un número el cual es llamado número de unidades de gasto.

### NÚMERO DE UNIDADES DE GASTO.

Procedimiento a seguir en este método.

- 1.- Elaborar un diagrama de las tuberías de distribución del sistema. Ver figura 9 y 10
- 2.- por cada tramo especifique el número y tipo de piezas a que servir por el mismo.
- 3.- multiplicar los totales de piezas de igual tipo, por su correspondiente número de unidades de gastos.
- 4.- Totalizar todos estos productos parciales.
- 5.- Con el número total de unidades de gastos que sirve la red, se busca la capacidad del sistema en lps.

“Selección de las tecnologías y procesos físicos adecuados para la correcta medición del gasto de agua potable y aguas residuales”.



	MUEBLE O APARATO			TOTAL DE UNIDADES MUEBLE	1.510	DIÁMETRO EN MIL IMETROS			VELOCIDAD
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD MUEBLE			TEÓRICO	NOMINAL	INTERIOR	
A - B	Mingitorio(flux)	1	5	5	1.510	35.801	38	38.785	1.278
B - C	Mingitorio(flux)	1	5						
	Mingitorio(flux)	1	5						
	Mingitorio(flux)	1	5						
				20	2.210	43.312	51	51.029	1.081
C - D	Mingitorio(flux)	1	5						
	Mingitorio(flux)	1	5						
	Mingitorio(flux)	1	5						
				35	2.745	48.270	51	51.029	1.342
E - F	Lavabo	1	2						
				2	1.510	35.801	38	38.785	1.278
F - D	Lavabo	1	2						
	Lavabo	1	2						
	Lavabo	1	2						
				8	1.670	37.650	38	38.785	1.414
D - Q	Mingitorios(flux)	7	5						
	Lavabo	4	2						
				43	2.995	50.421	64	63.373	0.950
H - I	WC Flux	1	10						
	WC Flux	1	10						
	WC Flux	1	10						
				30	2.590	46.888	51	51.029	1.266
I - J	WC Flux	1	10						
	WC Flux	1	10						
	WC Flux	1	10						
				60	3.470	54.272	64	63.373	1.100
K - L	WC Flux	1	10						
	WC Flux	1	10						
	WC Flux	1	10						
				30	2.590	46.888	51	51.029	1.266
L - J	WC Flux	1	10						
	WC Flux	1	10						
	WC Flux	1	10						
				60	3.470	54.272	51	51.029	1.697

“Selección de las tecnologías y procesos físicos adecuados para la correcta medición del gasto de agua potable y aguas residuales”.



J - Q	WC Flux	12	10	163	5.276	66.921	64	63.373	1.673
	Mingitorios(flux)	7	5						
	Lavabo	4	2						
M - N	Lavabo	1	2	6	1.560	36.389	38	38.785	1.320
	Lavabo	1	2						
	Lavabo	1	2						
N - Ñ	Lavabo	1	2	12	1.860	39.734	38	38.785	1.574
	Lavabo	1	2						
	Lavabo	1	2						
O - P	WC Flux	1	10	30	2.590	46.888	51	51.029	1.266
	WC Flux	1	10						
	WC Flux	8	10						
P - Ñ	WC Flux	1	10	50	3.220	52.280	64	63.373	1.021
	WC Flux	1	10						
Ñ - Q	WC Flux	6	10	72	3.708	56.102	76	79.38	0.749
	Lavabo	6	2						
COLOMNA Q - R	WC Flux	17	10	225	5.920	70.888	76	79.38	1.19
	Lavabo	10	2						
	Mingitorio(fluxo)	7	5						

Tabla 1. 1

“Selección de las tecnologías y procesos físicos adecuados para la correcta medición del gasto de agua potable y aguas residuales”.



Fig 1.10 distribución Wc

“Selección de las tecnologías y procesos físicos adecuados para la correcta medición del gasto de agua potable y aguas residuales”.



TRAMOS DE DERIVACIÓN	MUEBLE O APARATO			TOTAL DE UNIDADES MUEBLE	DIÁMETRO EN MILIMETROS			VELOCIDAD	
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD MUEBLE		TEÓRICO	NOMINAL	INTERIOR		
A - B	Lavabo	1	2	4	1.510	35.801	38	38.785	1.278
	Lavabo	1	2						
B - C	Lavabo	2	2	14	1.950	40.684	51	51.029	0.953
	Mingitorio(flux)	2	5						
C - D	Lavabo	2	2	34	2.710	47.962	51	51.029	1.325
	Mingitorio(flux)	2	5						
	WC Flux	2	10						
E - F	Lavabo	2	2	4	1.510	35.801	38	38.785	1.278
F - G	Lavabo	2	2	34	2.710	47.962	51	51.029	1.325
	WC Flux	3	10						
COLUMNA G - H	Lavabo	4	2	68	3.624	55.463	64	63.373	1.149
	Mingitorio(flux)	2	5						
	WC Flux	5	10						
COLUMNA H - I	Lavabo	8	2	136	4.872	64.308	64	63.373	1.545
	Mingitorio(flux)	4	5						
	WC Flux	10	10						
COLUMNA I - J	Lavabo	12	2	204	3.470	54.272	51	51.029	1.697
	Mingitorio(flux)	6	5						
	WC Flux	15	10						
COLUMNA J - Q	Lavabo	16	2	272	6.624	74.984	76	75.781	1.469
	Mingitorios(flux)	8	5						
	WC Flux	20	10						
DIAMETRO DE LA ACOMETIDA	Lavabo	26	2	497	8.822	86.535	101	102.3	1.073
	Mingitorios(flux)	15	5						
	WC Flux	37	10						

Tabla 1.2.

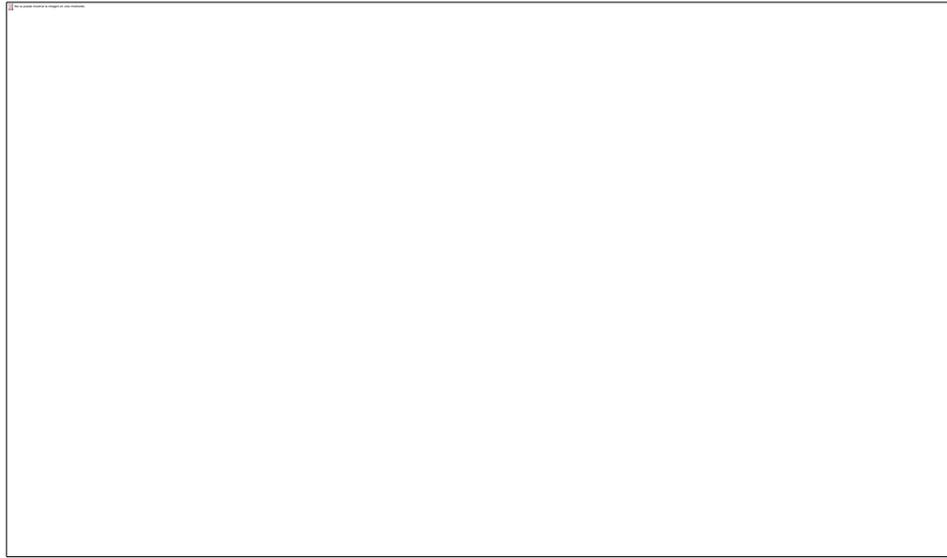


Fig. 1.11 distribución de wc



## II.2 DEFINICIÓN DE LOS RANGOS DE CAUDAL DEL MEDIDOR.

El dimensionamiento del medidor consiste en la selección de un medidor para una conexión específica. Esto ocurre cuando se desea medir una nueva conexión, una existente o hay un cambio del comportamiento del consumo en el edificio.

La elección de la capacidad de un medidor a instalar en una determinada conexión debe efectuarse de tal manera que los caudales sean registrados en los flujos más pequeños y que el medidor permita el mayor flujo previsto, garantizando las condiciones necesarias de presión para el consumo.

Se debe observar los límites de carga recomendados por los fabricantes, es decir, se debe tratar de seleccionar el medidor utilizando al máximo sus límites de carga, de los que resulte en la práctica el adoptar el medidor más pequeño posible que las condiciones de presión permitan.

### **Bases para dimensionamiento de medidores a conexiones domiciliarias**

En el dimensionamiento de medidores destinados a conexiones domiciliarias, se utilizan tres métodos:

1. Basado en el consumos diario y mensual atendido.
2. Basado en el método de dimensionamiento de canalizaciones
3. Basado en el número de departamento.

Las normas relativas a los medidores de agua establecen cuales son los límites de caudales recomendables por tiempo para cada tipo de medidor.

Estos límites están en función del diseño del aparato y de los materiales de la fabricación de sus diversas piezas.

La utilización del medidor, según los valores establecidos por las normas garantizan que los aparatos:

1. Funcionen con presión adecuada.
2. Tengan una pérdida de presión satisfactoria.
3. Tengan un largo periodo de servicio.

El empleo de un medidor que cause pérdida de carga excesiva, puede llevar a una reducción de la presión residual que sea insuficiente al consumo normal de la conexión; de ocurrir lo contrario habrá disminución de la precisión del medidor.

Por lo tanto, la elección de un medidor para una determinada conexión se hace partiendo de la base del consumo de la conexión y de los rangos de trabajo recomendados por las normas.

Para la elección del medidor, cuando se va a medir una conexión, es necesario que se conozca su consumo.

Existen varias formas de obtener este consumo.



Los diversos tipos y tamaños de medidores domiciliarios actualmente producidos se distinguen por cualidades específicas de tamaño, capacidad, precisión, etc, que son características definitorias del diseño, fabricación, selección y control de los aparatos.

La cantidad de agua que puede pasar por los medidores y las dimensiones de sus diferentes partes establecen el tamaño de los aparatos.

Tanto las dimensiones como la capacidad se determina y establecen por magnitudes llamadas nominales.

La capacidad indica la magnitud de los gastos que puede aforar un tipo de medidor en determinadas condiciones.

#### 1. Capacidad nominal o gasto característico.

Es el volumen de agua que debe pasar por un medidor en la unidad de tiempo determinado, con una pérdida de carga entre sus orificios de entrada y de salida igual a un valor convencional fijado por las especificaciones adoptadas.

De modo general, el valor de la pérdida de carga es de 10 metros de columna de agua para los medidores empleados en las conexiones domiciliarias de uso doméstico.

Para expresar la capacidad nominal se emplean las unidades de metros cúbicos por hora, en el sistema internacional, y la de galones por minuto en el sistema inglés.

#### 2. Capacidad real.

Es el volumen de agua que pasa por un medidor en la unidad de tiempo, con una pérdida de carga entre sus orificios de entrada y de salida de igual valor al convencional fijado para establecer la capacidad nominal, Por ejemplo, un medidor de 3 metros cúbicos por hora de capacidad nominal que con 10 metros de pérdida de carga deja pasar 4 metros cúbicos por hora, tiene una capacidad real de 4 metros cúbicos por hora.

Puede considerarse, por tanto, que la capacidad nominal se refiere a un tipo de medidor y la real a un aparato determinado. La nominal es el gasto que debe pasar, mientras que la real es el gasto que pasa efectivamente.

#### Gasto admisible.

Son los volúmenes de agua que pueden pasar por el medidor en un tiempo determinado sin afectar sus propiedades mecánicas y de medición. Esos límites de gasto suelen ser expresados en función de la capacidad nominal de acuerdo con la duración de los flujos; en la práctica pueden considerarse como valores que definen la capacidad real de los medidores.

En general, las recomendaciones acordadas por los fabricantes dan los siguientes límites:

#### Gasto instantáneo máximo.

Gasto que puede pasar por un medidor muy pocas veces por día y por períodos de sólo algunos minutos de duración, como se ve en la figura 1.12

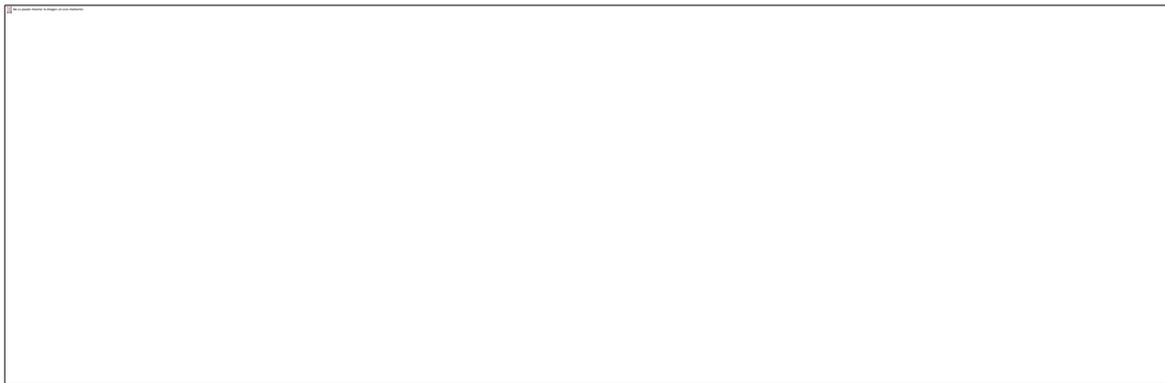


Fig. 1.12

Volumen admisible por hora o carga por hora.

Cantidad de agua que se permite pasar por el medidor durante periodos de una hora de duración. El número de estos períodos por día deben ser tal que no llegue a excederse la carga máxima admisible por día.

Recomendado: 0.5 de la capacidad nominal, para medidores de velocidad, 0.6 de la capacidad nominal, para medidores de disco nutativo.

Volumen admisible por 10 horas continuas o carga por 10 horas.

Se aplica principalmente en instalaciones de tipo industrial y de grandes consumidores, como carga máxima diaria.

Se recomienda entre 0.20 y 0.25 de la capacidad nominal.

Volumen admisible por día o carga máxima diaria.

Volumen que se permite pasar por el medidor durante un día. El número de días por mes debe ser tal que no llegue a excederse la carga máxima admisible por mes.

Volumen admisible por mes o carga máxima mensual.

Cantidad de agua que puede pasar por el medidor durante un mes. Es el más factible de conocer y de controlar y por eso se le toma como base para la selección del tamaño de medidor adecuado al consumo de una instalación domiciliaria. Lo recomendado es 30 veces la capacidad nominal o gasto característico.

En la práctica norteamericana se recomienda que los medidores volumétricos fabricados de acuerdo con la norma AWWA no se trabajen en forma continua a flujos superiores a 1/3 de su capacidad nominal.

Las diferentes normas establecen designaciones distintas. Indica el tipo de designación que emplea cada una y la correspondencia entre diámetros y capacidades.



En general, el tamaño de los medidores se designa por su diámetro nominal, o por su capacidad nominal; y más conveniente, para evitar confusiones surgidas de la existencia de medidores con diámetros de varias capacidades, se utilizan el diámetro y la capacidad conjuntamente. Las series estándar adoptadas por cada una de las especificaciones, son las siguientes. Ver tabla 3

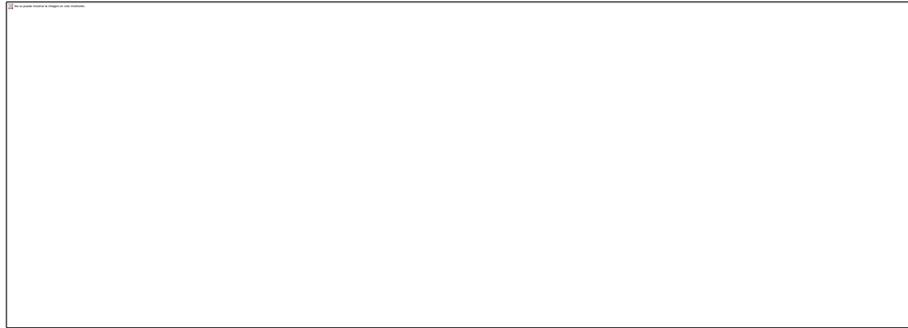
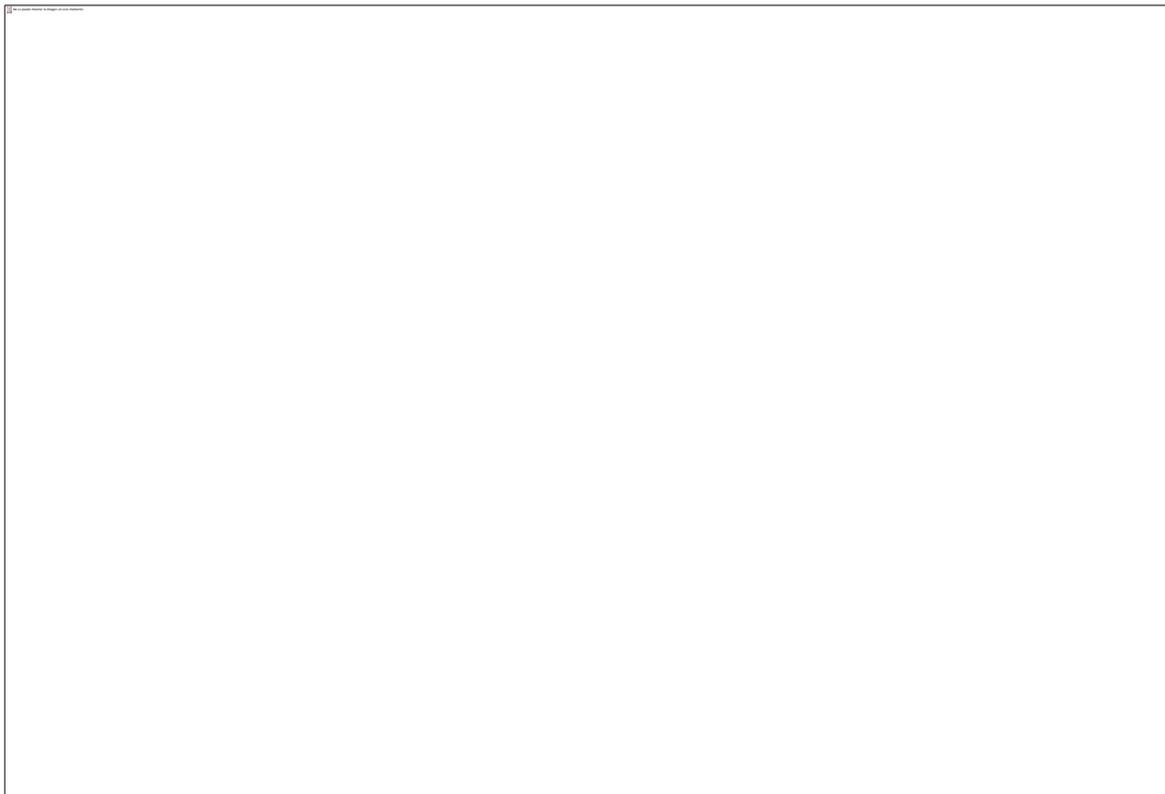


Tabla 1.3.

El diámetro nominal es el del conducto para el cual se diseñó el medidor. En la práctica, este valor generalmente concuerda con el del diámetro interior de los orificios de entrada y de salida del aparato, y se expresa en pulgadas o en milímetros. Además de servir para designar el tamaño, establece las distintas dimensiones de sus conexiones y de las piezas de acople.

En el cuadro 1.3 da una idea de los métodos empleados en la práctica para indicar la designación de los medidores, además de la capacidad y del diámetro nominal, el tamaño del medidor lo establecen también sus dimensiones, y de éstas la más interesante es la longitud que da la distancia entre los extremos roscados.



cuadro 1.3

Presión de prueba y de trabajo.

Como complemento a las características de capacidad y tamaño, se consideran las presiones del agua a que pueden ser sometidos los medidores; en general, son las de trabajo y la de prueba.

Presión de trabajo.

Es la suma de la presión estática y la sobrepresión que pueden presentarse en el sitio en donde se encuentran instalados los medidores. Se le denomina también “presión nominal”.

Generalmente, la máxima presión estática es de 60 a 70 metros de columna de agua; la sobre presión, de un 50% de la estática; o sea que la presión de trabajo puede estimarse en unos 105 metros de columna de agua (que equivalen a una de 150 lbs/pulg. cuadrada), valor muy común en los diseños de tuberías accesorios etc, según las normas que usa AWWA.



#### Designación de los medidores.

Las normas DIN y las de Brasil fijan una presión de trabajo (presión nominal) de 10 kg/cm<sup>2</sup> (142 psi); las de México, estipulan 12 kg/cm<sup>2</sup>.

#### Presión de prueba.

Es la presión a la cual se deben someter los medidores, antes de salir de la fábrica y durante un periodo de tiempo suficiente para advertir que no se presenten fugas de agua ni se produzcan alteraciones o daños.

La presión de prueba es igual a la de trabajo, multiplicada por un coeficiente de seguridad. Generalmente el coeficiente se toma igual a un valor entre 1.5 y 2.

Las normas DIN fijan una presión de prueba de 16 kg/cm<sup>2</sup> (227 psi), es decir que emplean un coeficiente de seguridad de 1.6. En Brasil, las normas establecen 10 kg/cm<sup>2</sup>, o sea con un coeficiente de seguridad de 2.0.

#### Características hidráulicas.

Las características hidráulicas pueden ser definidas por la relación entre el gasto (volumen de agua que pasa a través del medidor en la unidad de tiempo) y su respectiva pérdida de carga (diferencia de presiones entre los orificios de entrada y de salida cuando el agua pasa por el medidor).

De modo general, la relación entre la pérdida de carga y el gasto en un medidor se expresa por la fórmula  $J=KQ$ , en el cual J representa la pérdida de carga en metros, Q el gasto en m<sup>3</sup>/h, y K un coeficiente.

En la práctica, se consideran dos pérdidas: la nominal, que es la que debe tener un medidor al pasar el agua; y la real, que es la obtenida midiendo directamente la diferencia de presiones ocurridas entre la entrada y la salida.

Puede decirse que la pérdida de carga real mide el comportamiento hidráulico de un aparato determinado y la nominal la de un tipo de medidores.

Para un mismo aparato, la pérdida de presión está en función del gasto.

Para que los aparatos no sean restrictivos del consumo, deben ser escogidos aquellos que presenten una pérdida de carga mínima.

La pérdida de carga nominal se aplica para la selección del tipo más apropiado de medidor para una capacidad requerida, ya que esta es fijada en función de la máxima pérdida admitida para un



determinado gasto. La real sirve para verificar el estado de un aparato en relación con su pérdida nominal y es de gran importancia para el control de calidad.

#### Características de medición.

La calidad de las mediciones que un medidor puede hacer es función de dos magnitudes denominadas sensibilidad y precisión.

Sensibilidad: es el gasto mínimo que registra un medidor e indica el momento en que comienza a efectuarse el registro del flujo de agua.

El valor de la sensibilidad puede expresarse en unidades absolutas o en porcentaje de la capacidad nominal. Por ejemplo, se dice que la sensibilidad de un medidor de  $3\text{m}^3/\text{h}$  es de  $15\text{ l/h}$ , o también del 0.5% de la capacidad nominal.

La sensibilidad varía con el tipo de aparato. Se considera que es mejor en los medidores volumétricos que en los de velocidad, o sea que éstos empiezan a registrar con flujos mayores que los correspondientes a aquellos.

Como índice se emplea el límite de sensibilidad, que es el gasto horario o prefijado sobre el cual el medidor debe estar registrado.

Precisión: Es la relación porcentual entre el volumen de agua registrado y el volumen que pasa a través del medidor. Por ejemplo: si el volumen pasado fue de  $80\text{ m}^3$ , y el del medidor registro  $40\text{ m}^3$ , su precisión es el 50%, si hubiera registrado 90, se tendría una precisión del 112.5%.

En la práctica se emplea más el concepto de error que es la diferencia expresada en porcentaje entre el agua pasada y el agua registrada por el medidor. Si el error es negativo, el aparato registra menos de lo que pasa; y es positivo, cuando sobre registra.

$$\text{Error \% (+-)} = \frac{\text{Volumen registrado} - \text{Volumen que pasó}}{\text{Volumen que pasó}} * 100$$

Los medidores son fabricados para funcionar dentro de ciertos límites de error, previamente fijados por las normas.



### Curvas características.

El error de registro de un medidor no es una cantidad constante, sino que varía de acuerdo con cada intensidad de flujo. Igualmente, el agua al pasar por el medidor sufre una pérdida de carga, que es característica de cada tipo de aparato.

La representación gráfica de estos fenómenos da forma a las curvas características de sus medidores, las cuales sirven para comprobar por medio de pruebas en el taller si los aparatos están trabajando dentro de los límites de error debido.

### Curvas de errores.

Si se hace pasar por un medidor un flujo de agua, inicialmente muy pequeño y luego aumentado hasta alcanzar su capacidad nominal, y en un sistema de ejes coordenados, se representan en el eje horizontal los valores del  $Q$  de los flujos y en el vertical los errores  $E$  de registro que corresponde a cada uno de ellos, resultara una curva similar a la mostrada, en la figura 1.13.

3. La curva no empieza con un flujo cero; existe un valor  $Q$  del gasto por debajo del cual el agua al fluir no puede vencer la resistencia del mecanismo. En estas condiciones, el mecanismo no registra el paso del agua y en consecuencia el error es del 100%.
4. A partir del gasto  $Q$ , son vencidas las resistencias y la inercia, y entonces se inicia el movimiento del mecanismo, pero sin suministrar indicaciones continuas de consumo. A medida que el gasto aumenta, el error (negativo) disminuye rápidamente, hasta volverse cero en el punto A correspondiente al gasto  $Q$ .
5. Al continuar el aumento del gasto, el error pasa a positivo y crece hasta alcanzar un máximo B con un gasto  $Q_3$ ; luego, tiende a disminuir y llegar nuevamente a cero en C, cuando pasa el gasto  $Q_4$ .
6. Después del punto C, con el aumento del gasto la curva se mantiene horizontalmente oscilando ligeramente alrededor del cero, hasta el gasto máximo  $Q_6$ .

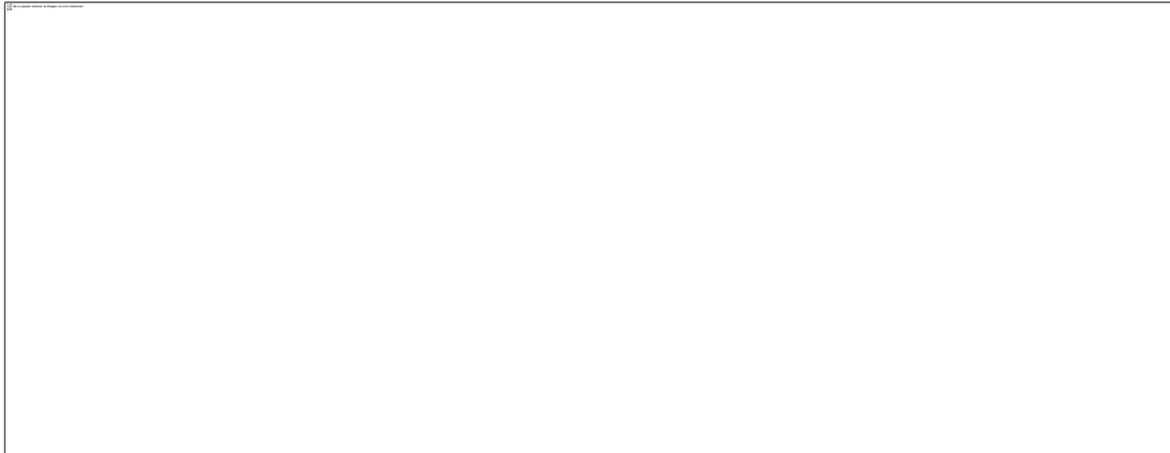


Figura 1.13 curva de errores

#### Elementos de la curva.

Las desviaciones positivas y negativas con relación a cero, dentro de las cuales pueden variar la magnitud de los errores, son las líneas de tolerancia, positiva y negativa. (Las normas brasileñas admiten errores de  $\pm 2\%$  para gastos inferiores al límite de separación, y de  $\pm 5\%$  para gastos superiores a ese límite).

Los gastos en los cuales cambian los valores de las tolerancias se les llaman puntos singulares y son:

1. Puntos donde se inicia el movimiento ( $Q_1$ )  
Se le llama:
  1. Punto de arranque o de sensibilidad - Colombia.
  2. Inicio del movimiento - Brasil.
  3. Límite de sensibilidad - México.
4. Punto donde empieza el registro dentro de las tolerancias establecidas ( $Q_2$ ).  
Se le llama:
  1. Límite inferior de exactitud - Colombia, Brasil, México.
  2. Flujo límite mínimo de prueba - AWWA.
  3. Límite inferior del campo de medición - DIN.



5. Punto donde cambian los valores de las tolerancias (Q<sub>4</sub>)

Se le llama:

1. Límite de separación - Colombia.
2. Gasto separador o de transición. - Brasil.
3. Límite superior de exactitud - México.
4. Límite inferior del flujo normal de prueba - AWWA.
5. Línea divisoria. - DIN.

6. Puntos que corresponden al gasto máximo aceptado (Q<sub>6</sub>)

Se les llama:

1. Límite superior del campo de medición - Colombia, DIN.
2. Gasto característico o nominal - Brasil, México.
3. Límite superior del flujo normal de prueba. - AWWA.

7. Campo de precisión o de medida.

La forma de la curva y las tolerancias definen tres campos de precisión.

1. “campo inicial” – comprendido entre los gastos cero y Q<sub>2</sub>, donde el medidor no registra o lo hace con errores muy grandes.
2. “Campo inferior de precisión” – Comprendido entre el gasto Q<sub>2</sub> y el gasto Q<sub>4</sub> donde cambia el valor de las tolerancias. En este campo los errores son mayores y el medidor tiende a sobregistrar.
3. “Campo superior de precisión” – que corresponde al sector de la curva comprendido entre el gasto Q<sub>4</sub> y el gasto máximo Q<sub>6</sub> admisible. Es la zona de los menores errores.

8. Campo de servicio.

En la práctica, dentro de la curva de error, debe considerarse tres campos de servicio (medición):

1. El de “inexactitud”, para los flujos comprendidos entre el punto de sensibilidad (Q<sub>1</sub>) y el límite interior de exactitud (Q<sub>2</sub>).
2. El de “servicio continuo”, o campo práctico de medición, para los flujos comprendidos entre el límite Q<sub>2</sub> y el 50% del gasto máximo admisible (gasto Q<sub>5</sub>) o “gasto normal”.
3. El de “servicio discontinuo”, comprendido entre el gasto normal Q<sub>5</sub> y el gasto máximo Q<sub>6</sub>.



### Modalidades de las curvas de errores.

La precisión de los registros en los medidores volumétricos, depende principalmente de la separación o juego que exista entre las paredes del órgano móvil de medición y las de la cámara de medida correspondiente. Por consiguiente, la curva de errores variará de acuerdo con el grado de ajuste que tengan entre sí las piezas del órgano de medición.

En los medidores de velocidad, la precisión depende del efecto resultante de los esfuerzos producidos por el flujo de agua sobre el rotor y las correspondientes secciones.

La tendencia que muestran en su forma general las curvas de errores, es diferente según se trate de medidores volumétricos o de velocidad. La figura 1.14 da una idea de esas tendencias e indica las tolerancias admitidas en las normas AWWA las cuales reflejan esta modalidad.

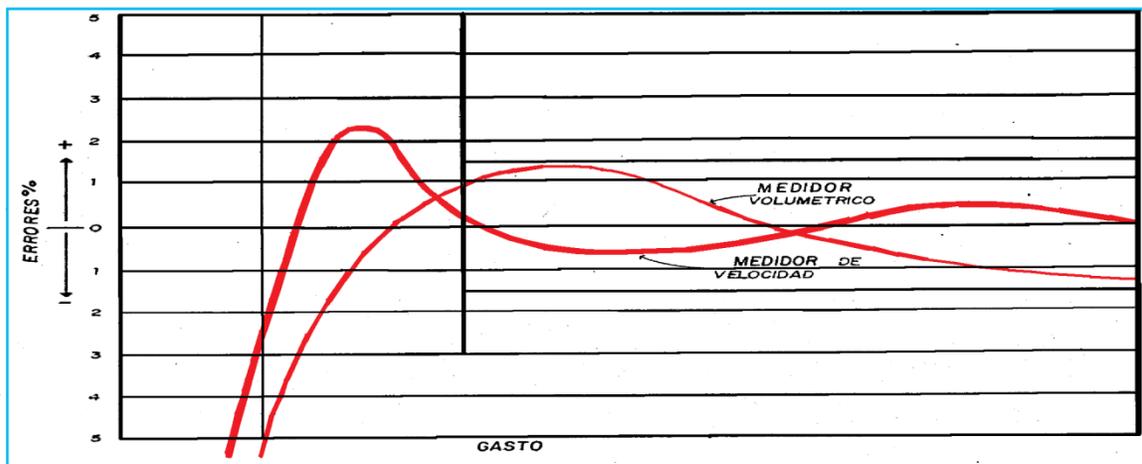


Figura 1.14 curva de errores

### Regulación.

Los medidores de velocidad están provistos de un dispositivo de regulación que permite ajustar los valores de la curva de errores, dentro de ciertos márgenes. También algunos fabricantes dan la posibilidad de regular los aparatos, permitiendo la variación de posición de los nervios radiales colocados en el fondo y en la tapa de la cámara de medida y que definen la forma de la curva de errores.



La diferencia entre los errores presentados con un flujo determinado, correspondiente a las posiciones extremas del regulador, constituyen el “campo de regulación del medidor.

Para cada flujo y cada medidor pueden obtenerse experimentalmente “curvas de regulación”, determinando el error del aparato correspondiente a las posiciones del dispositivo regulador. La forma de las curvas varía de acuerdo con la red de flujo. Esas curvas facilitan el trabajo de regulación, reparación y ajuste por los operarios del taller.

#### Curvas de pérdida de carga.

El agua, al atravesar el medidor, pierde parte de su energía por causa del accionamiento de sus órganos móviles y de las resistencias ofrecidas a su paso por los diversos conductos.

La pérdida de carga en un medidor está en función del tipo de aparato, de su tamaño y de los flujos que lo atraviesan. Siendo función del gasto, la pérdida de carga se puede representar gráficamente por una curva de fórmula  $J=KQ^2$  (J es la pérdida de carga en metros, Q el gasto en metros cúbicos por hora y k un coeficiente), como se muestra en la figura 1.15

La curva es aproximadamente igual a una parábola que pasa por el origen del sistema de coordenadas. Se obtiene midiendo puntos determinados por la pérdida de carga (diferencia entre las presiones marcadas por los manómetros colocados uno a la entrada y otro a la salida del medidor) para cada gasto que se haga pasar.

Se acostumbra presentar la curva de pérdida de carga y la curva de errores en un solo grafico, para cada tipo y tamaño del medidor.

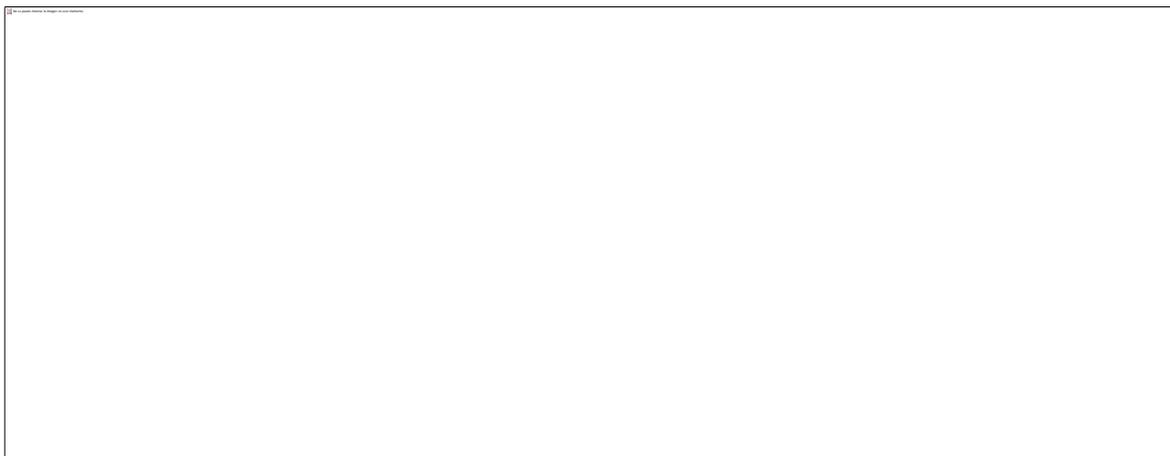


Fig. 1.15 curva de pérdida de carga



### III.- TIPO DE MEDIDOR Y RANGOS ADECUADOS PARA OBTENER UNA MEDICION DE CONSUMO ADECUADA.

#### III.1 TIPOS DE USUARIO.

La Ciudad de México, la segunda ciudad más grande del mundo, con una población muy cercana a los 20 millones de habitantes, tiene un muy alto grado de presión sobre el recurso del agua potable, con solo 3008 millones de metros cúbicos de agua dulce renovable contra 4 665 millones de metros cúbicos concesionados para distintos usos consuntivos. LA CONAGUA está encabezando los esfuerzos para tratar este problema de manera coherente y holística, a través del Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México. Desde 1982, el sistema Cutzamala, uno de los sistemas de abastecimiento de agua potable más grandes del mundo, ha suministrado a 11 delegaciones del Distrito Federal y 11 municipios del Estado de México 480 millones de metros cúbicos anualmente.

En el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), se tienen registrados los volúmenes concesionados (o asignados) a los usuarios de aguas nacionales.

En dicho registro se tienen clasificados los usos del agua en 12 rubros, mismos que para fines prácticos se han agrupado en cinco grandes grupos; cuatro que corresponden a usos consuntivos, el agrícola, el abastecimiento público, la industria autoabastecida y las termoeléctricas, y el hidroeléctrico, que se contabiliza aparte por corresponder a un uso no-consuntivo.

El mayor volumen concesionado para usos consuntivos del agua es el que corresponde a las actividades agrícolas, debido a que México es uno de los países con mayor infraestructura de riego en el mundo.

Los usos del agua pueden ser divididos en tres grandes categorías: agua para uso doméstico (bebida saneamiento, hogar), para uso comercial y para uso industrial.

#### Uso agrícola

El principal uso del agua en México es el agrícola, el cual se refiere principalmente al agua utilizada para el riego de cultivos. La superficie dedicada a las labores agrícolas en México varía entre los 20 y 25 millones de hectáreas, con una superficie cosechada de entre 18 a 22 millones de hectáreas por año. El valor de la producción directa equivale al 6.5% del PIB nacional. Por otra parte, la población ocupada en este rubro oscila entre los 4 y 5 millones de personas y se estima que dependen directamente de la actividad entre 20 y 25 millones de mexicanos, en su mayoría población rural.

México ocupa el sexto lugar mundial en términos de superficie con infraestructura de riego con 6.46 millones de hectáreas. El 54% de la superficie bajo riego corresponde a 85 Distritos de Riego y el 46% restante a más de 39 mil Unidades de Riego, figura 1.16



Fig. 1.16 riego por aspersión

#### Uso para abastecimiento público

El uso para abastecimiento público incluye la totalidad del agua entregada a través de las redes de agua potable, las cuales abastecen a los usuarios domésticos (domicilios), así como a las diversas industrias y servicios conectados a dichas redes.

De acuerdo con los Censos de Captación, Tratamiento y Suministro de Agua realizados por el INEGI a los organismos operadores del país, se determinó que en el 2003 el 82% del agua suministrada por las redes de agua potable fue para uso doméstico y el 18% restante para industrias y servicios. Por otro lado, comparando los datos de 1998 con los de 2003 de los Censos, se observa que en estos cinco años el volumen de agua empleada por los organismos operadores se incrementó en 22%. Otro dato relevante es que en el año 2003 el porcentaje de agua facturada respecto al total de agua empleada por los organismos operadores fue del 49%, lo que indica que el restante 51% del volumen se perdió en fugas, fue objeto de tomas clandestinas o bien correspondió a deficiencias en el padrón de usuarios, figura 1.17.

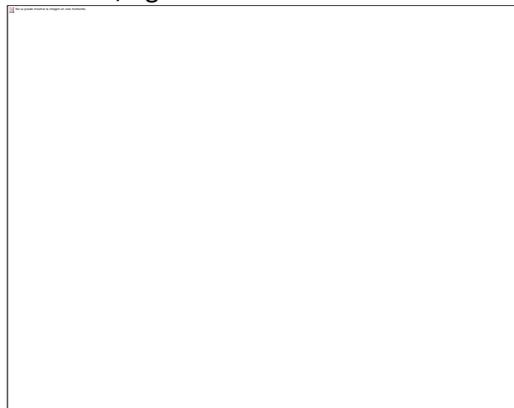


Figura 1.17 abastecimiento publico

#### Uso en industria autoabastecida



En este rubro, se incluye la industria que toma su agua directamente de los ríos, arroyos, lagos o acuíferos del país.

Los principales giros industriales son los que corresponden a la industria química y la producción de azúcar, petróleo, celulosa y papel.

#### Uso en termoeléctricas

El agua incluida en este rubro se refiere a la utilizada en centrales de vapor, duales, carboeléctricas, de ciclo combinado, de turbogás y de combustión interna.

En el año 2007, las centrales termoeléctricas generaron 198.79 TWh, lo que representó el 87.0% del total de energía eléctrica producida en el país. En las plantas correspondientes existe una capacidad instalada de 38 799 MW, es decir el 77.8% del total del país.

Cabe aclarar que el 76% del agua concesionada a termoeléctricas en el país corresponde a la planta carboeléctrica de Petacalco, ubicada en las costas de Guerrero, muy cerca de la desembocadura del río Balsas, figura 1.18



Fig. 1.18 termoeléctrica

#### Uso en hidroeléctricas

Los usos anteriormente descritos se conocen como consuntivos, ya que se consume agua para llevar a cabo una actividad específica de acuerdo al tipo de uso. Por otra parte, para la generación de energía hidroeléctrica, es un uso no consuntivo, debido a que no se consume el agua utilizada. A nivel nacional, las Regiones Hidrológico-Administrativas XI Frontera Sur y IV Balsas son las que tienen una concesión de agua más importante en este uso, ya que en estas regiones se encuentran los ríos más caudalosos y por tanto las centrales hidroeléctricas más grandes del país. Cabe destacar que la región, XII Península de Yucatán, no cuenta con centrales hidroeléctricas.

En el año 2007, las plantas hidroeléctricas emplearon un volumen de agua de 122.8 miles de millones de metros cúbicos, lo que permitió generar 29.70 TWh de energía eléctrica, o el 13.0% de la generación total del país. La capacidad instalada en las centrales hidroeléctricas es de 11 055 MW, que corresponde al 22.2% de la total instalada en el país, figura 1.19.



Fig. 1.19 Hidroeléctrica.



### III.2 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA QUE SE DEBE ENTREGAR.

Del capítulo II.I, tomamos el valor de la tabla 1 Y 2 que surgió del método de Hunter, donde el gasto probable es.  $Q= 8.822l/s$ .

### III.3 TIPOS DE MEDIDORES ASI COMO SUS RESPECTIVOS RANGOS.

El medidor domiciliario es un aparato destinado a medir y registrar el consumo de agua efectuado en una instalación domiciliaria.

Con el propósito de dar conocimiento general sobre los medidores domiciliarios, que sirva de base para facilitar el entendimiento de conceptos, políticas y determinaciones referentes a la micro medición, a continuación se da una noción de los elementos componentes y características de los aparatos más comunes empleados y se definen los principales términos utilizados en su manejo.

Partes y componentes.

Los medidores comúnmente empleados son definidos fundamentalmente por las características de sus tres elementos componentes esenciales, como se muestra en la figura 1.20

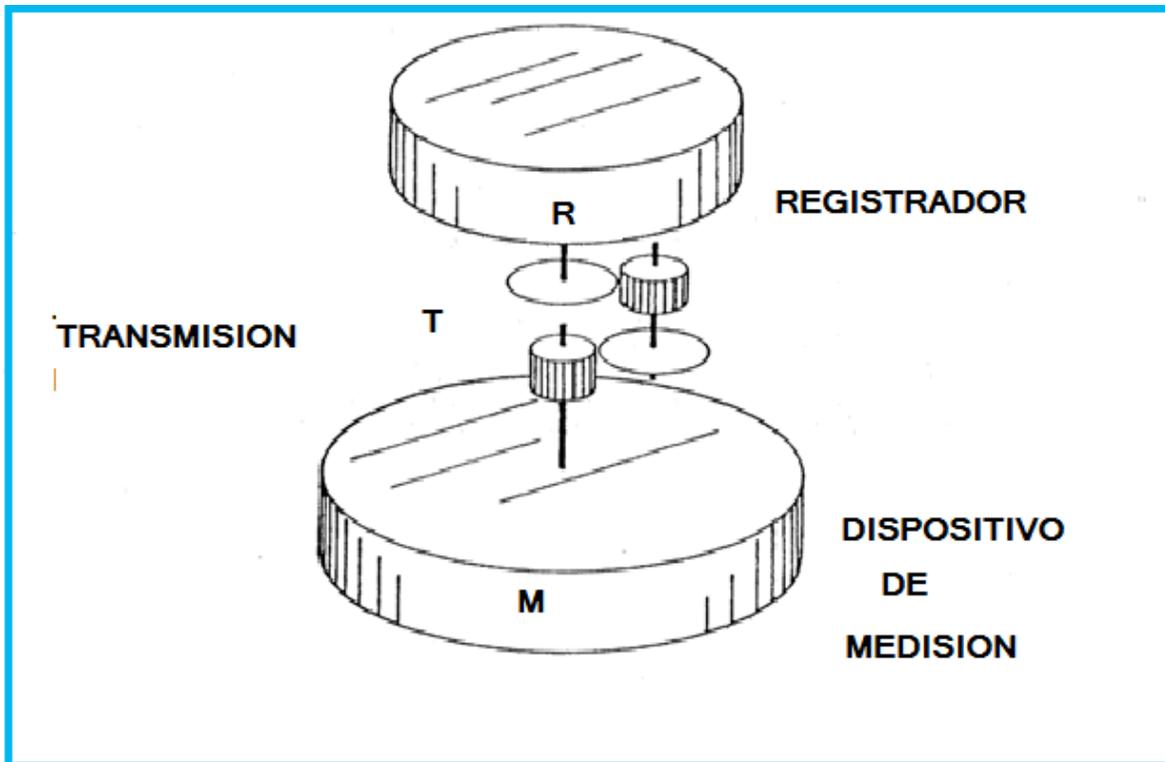


Fig. 1.20 elementos del medidor

Partes de un medidor.

Un dispositivo de medida (M) cámara de medición, el cual mediante un sistema, produce continuamente un movimiento en función de la cantidad de agua que pasa por el medidor.



Una transmisión (T), constituida por un tren de engranajes que transmite a un registrador el movimiento producido en el dispositivo de medida.

Un registrador (R), que registra acumulativamente los consumos determinados por el dispositivo de medida y transmitidos por el tren reductor.

Las tres partes componentes determinan el tipo del medidor. No siempre se les encuentra perfectamente diferenciadas; cada uno de los fabricantes las integra de acuerdo con sus principios y diseños específicos.

Dispositivos de medida.

Los dispositivos de medida se han constituido según dos principios de medición de líquidos: el volumétrico y el inferencial. El primero da origen a los medidores denominados “desplazamiento positivo”, o “volumétrico”; el segundo, a los denominados “inferenciales” o “velocidad”.

Medidores Volumétricos.

El principio de medida volumétrica se basa en el empleo de una cámara de forma cilíndrica con un elemento móvil dentro de ella, el cual al pasar el agua adquiere un movimiento periódico que ocasiona el llenado y el vaciado de la cámara, continuamente. El flujo del agua sigue el mismo sentido en que se sucede el movimiento del elemento móvil, o sea tiene un desplazamiento positivo.

El movimiento adquirido por el elemento, transforma en rotaciones, es transmitido al sistema registrador que acumula el número de periodos sucedidos.

Los sistemas de medida volumétrica, más conocidos son:

1. Disco Nutativo, figura 1.21

El dispositivo está constituido por una cámara y un disco. El disco (plano o cónico) adquiere un movimiento nutativo (Movimiento nutativo o de nutación es el que adquiere un disco circular cuando un eje perpendicular a su plano y solidario con él, se mueve en tal forma que el punto correspondiente al centro del disco permanece fijo, mientras el otro extremo gira describiendo un círculo).

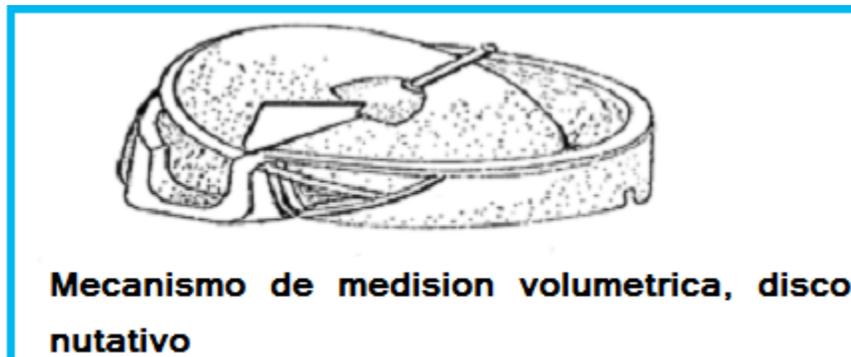


Fig. 1.21



2. Pistón Oscilante, figura 1.22.

El dispositivo de medida está constituido básicamente por una cámara y un pistón. La cámara de medida es un cilindro cerrado en sus dos bases por dos planos, con dos aberturas: una en el fondo para entrada del agua y otra en la etapa para salida. En su interior, otro cilindro de diámetro menor, el pistón provisto interiormente de una lámina transversal perforada localizada a la mitad de su altura, se mueve como una biela deslizándose a lo largo de un tabique radial que le sirve de guía para su movimiento. En cada oscilación del pistón se barre el volumen de la cámara y la barra cilíndrica que le sirve de eje gira a manera de manivela y produce un movimiento circular que es transmitido al sistema de registro.



Fig. 1.22

3. Pistón Alternativo, figura 1.23

La cámara de medida es un cilindro cerrado que se llena y desocupa con el movimiento alternativo de un pistón que corre en su interior. El movimiento de vaivén del pistón se transforma en una rotación por medio de un sistema de biela y manivela.

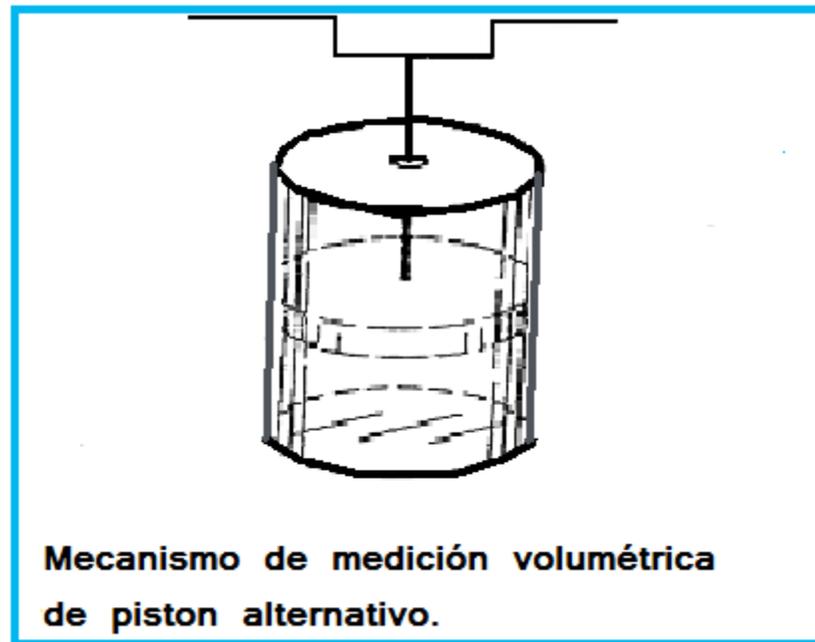


Fig. 1.23

4. Cilindro Rotativo, figura 1.24.

La cámara de medida es un cilindro y el órgano móvil es una rueda en forma de tambor cilíndrico, colocado excéntricamente dentro de la cámara y provisto de aspas que se desalojan radialmente. El desplazamiento del agua produce al cilindro un movimiento de rotación.



Fig. 1.24

De estos cuatro mecanismos, solamente los discos nutativos y de pistón oscilante se emplean actualmente, figura 1.25 y 1.26; los otros dos son cada día menos utilizados. Los dos primeros son



muy similares en cuanto a precisión y sensibilidad de medida. La diferencia fundamental entre ellos radica en la conformación de las piezas que lo integran y en la pérdida de carga causada por el paso del agua.

Los mecanismos volumétricos tienen como características el desplazamiento de la pieza móvil simultáneamente con el paso del agua, de tal forma que si esta no se mueve, el agua no puede fluir. Teóricamente, con cualquier flujo debe entrar en funcionamiento el elemento móvil, lo cual da origen a la precisión y sensibilidad de la medida, incluso a flujos bajos, que distinguen a los medidores volumétricos.

#### Medidores Inferenciales

El principio inferencial consiste en deducir o inferir el volumen de agua que pasa por el tubo en que está instalado el medidor, del número de revoluciones que da un rotor o tubería accionado por el flujo de agua. Para un determinado orificio y un determinado rotor, el número de revoluciones producido durante cierto tiempo es proporcional a la velocidad del paso del agua a través de la sección.

A los medidores que utilizan el principio inferencial se les denomina “Medidores de Velocidad”, y también por funcionar como pequeñas turbinas hidráulicas, se les designa como “medidor dinámico”.

Los medidores de velocidad están constituidos fundamentalmente por una cámara, un rotor y un orificio (simple o múltiple) que admite el agua. De acuerdo con la forma cómo actúa el flujo y la disposición de su entrada, resultan cuatro tipos de medidores:

1. De chorro único
2. De chorro múltiple
3. Woltman
4. De Hélice

Los dos primeros pueden agruparse en un solo conjunto bajo la denominación de “tangenciales”, caracterizándose porque el agua fluye en el interior del respectivo mecanismo perpendicular al eje y por eso se les llama “axiales”.

La diferencia entre las dos variedades de chorro consiste en que el primero tiene únicamente un orificio de entrada y uno de salida del agua, en cuanto que el segundo trabaja en base de múltiples perforaciones, tanto a la entrada como a la salida del agua. De ahí la denominación de chorro único”, para aquél, y de “chorro múltiple”, para éste.

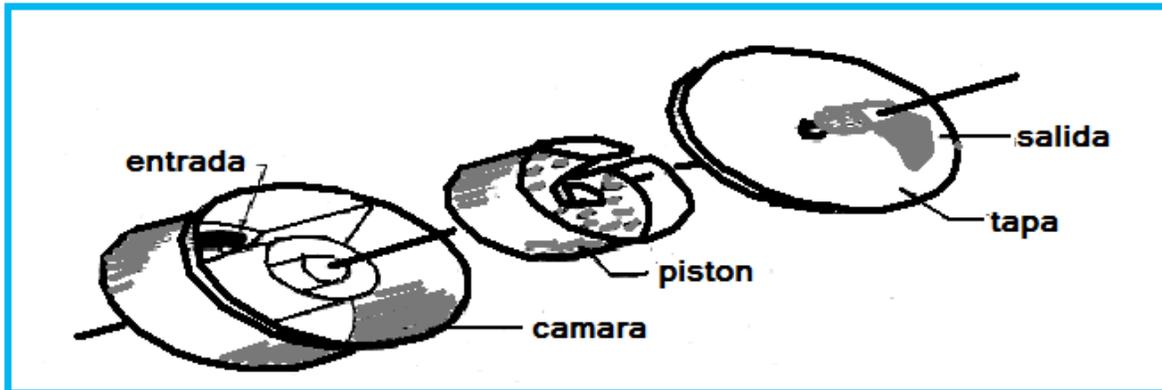
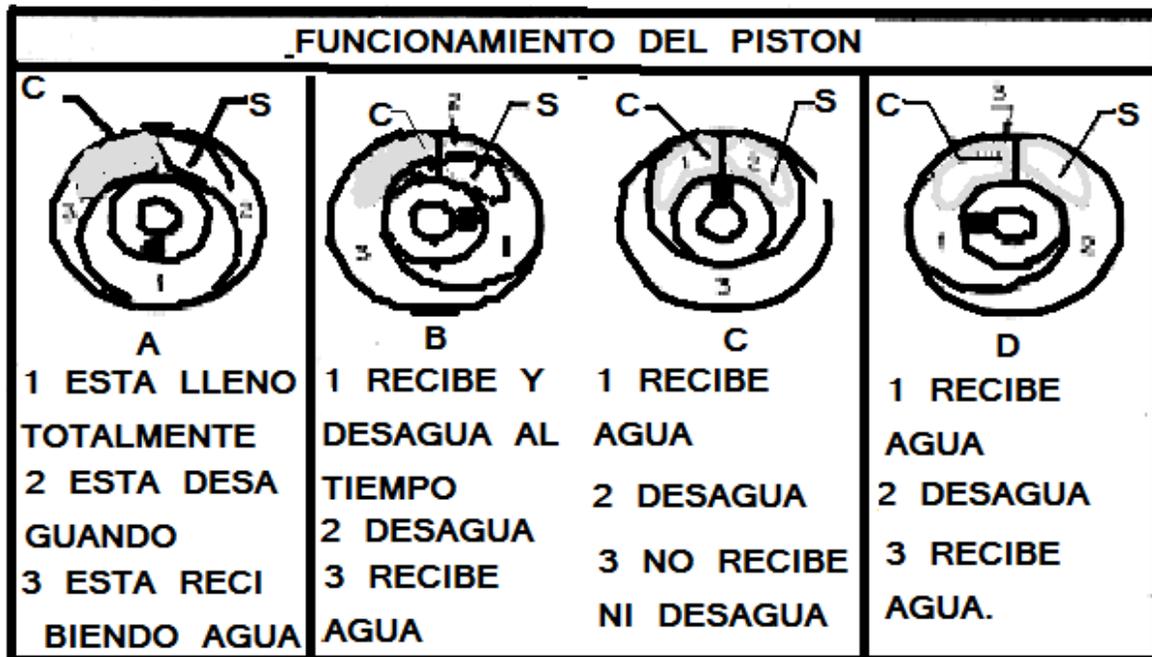


Fig. 1.25



### ELEMENTOS DEL PISTON OSCILANTE

Fig. 1.26

Chorro Único.

El dispositivo de medida está formado por un rotor de eje vertical, colocado dentro de una cámara provista de un orificio de área determinada, por el cual entra el agua tangencialmente a la rueda, como se ve en la figura 1.27. Siendo constante la sección del orificio, la cantidad de agua que pasa será proporcional a su velocidad, y por tanto, el número de revoluciones de la turbina. Conociendo el área del orificio, se puede deducir o inferir el consumo, a partir del número de revoluciones que dé el rotor.



La cámara de medida va maquinada en la parte inferior de la carcasa y en ella va alojada el conjunto de rotor y pivote. El rotor o turbina recibe el impacto del flujo siempre en una misma dirección, por lo cual el cojinete de apoyo está sujeto a desgaste muy rápido. El medidor de chorro único requiere cuidadoso maquinado de la cámara; trabaja bien con agua de alta turbidez; en general, su costo es relativamente bajo.

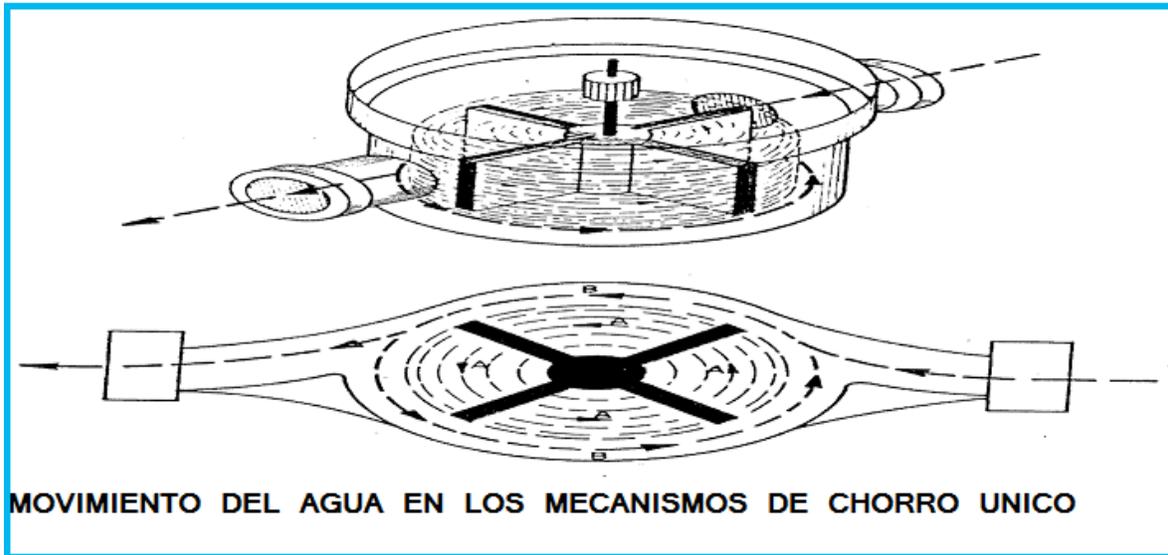


Fig. 1.27

Chorro Múltiple.

Su elemento básico es una turbina que va dentro de una cámara de medida de plástico. La cámara tiene en toda su periferia dos filas de perforaciones dirigidas tangencialmente al rotor, una superior, por donde es admitida el agua y otra inferior, por donde sale. En este medidor, los chorros líquidos penetran por los orificios inferiores, describen una hélice alrededor del perímetro del rotor y pasan por los orificios superiores a la salida, ver figura 1.28. La distribución del agua por múltiples chorros golpea equilibradamente el rotor en todas direcciones y, consecuentemente, se ocasiona menor desgaste del cojinete y del pivote y menor caída del índice de precisión que en el chorro único.

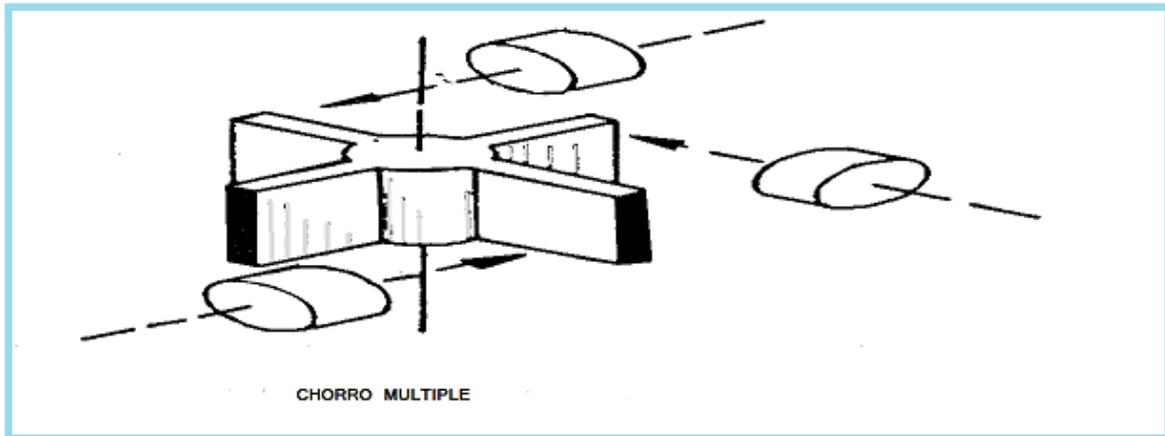


Fig.1.28

El medidor de chorro múltiple, por su construcción más compleja que la del chorro único, tiene más costo de adquisición y de mantenimiento.



### Woltman.

El dispositivo de medida está constituido de una carcaza cilíndrica dentro de la cual va una turbina provista de varias paletas helicoidales que actúa con su eje en dirección del flujo de agua. A los medidores Woltman se les conoce como “medidores de turbina alemanes”, y pueden ser horizontales o verticales, figura 1.29.

Los medidores Woltman horizontales tienen la turbina con el eje horizontal y su mecanismo está localizado en una caja cilíndrica de eje vertical.

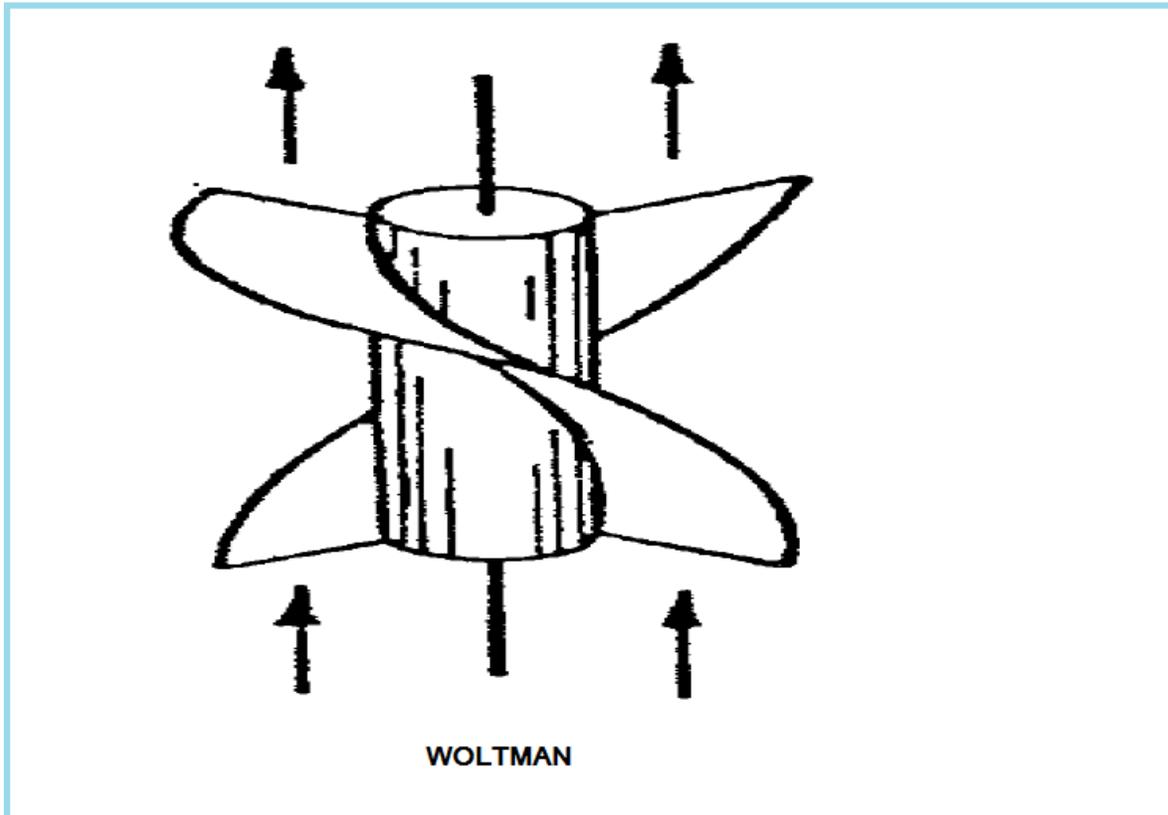


Fig. 1.29

El agua entra a la cámara a través de una rejilla, ejerce presión sobre la superficie curva de la turbina y la pone a girar. La velocidad de la turbina es proporcional a la velocidad medida del flujo y depende del ángulo de inclinación de las paletas figura 1.30

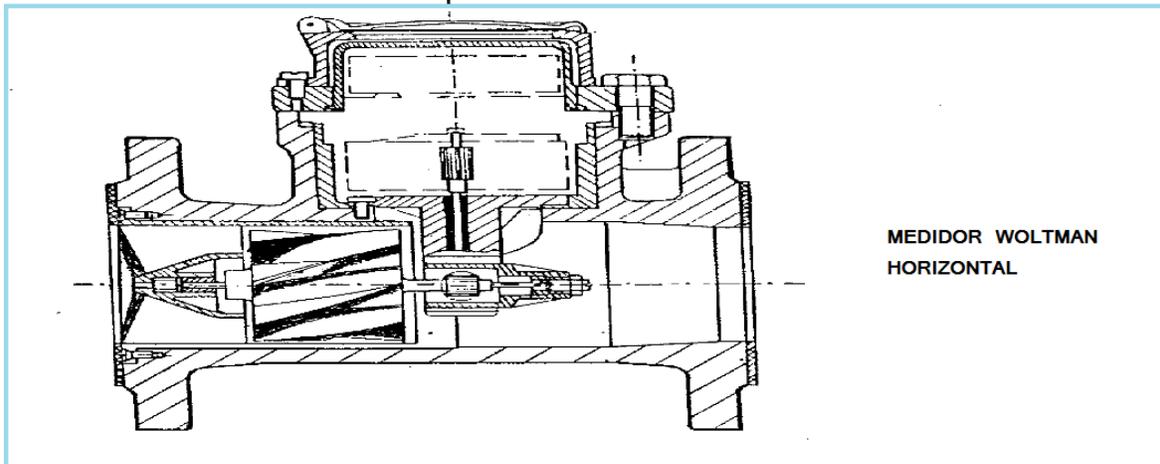


Fig. 1.30

Los medidores verticales (figura 1.31) tienen la turbina montada un eje vertical. El agua entra por una boca horizontal, fluye hacia arriba y, después de pasar por una rejilla rectificadora de la dirección de los chorros líquidos, impulsa las paletas del rotor.

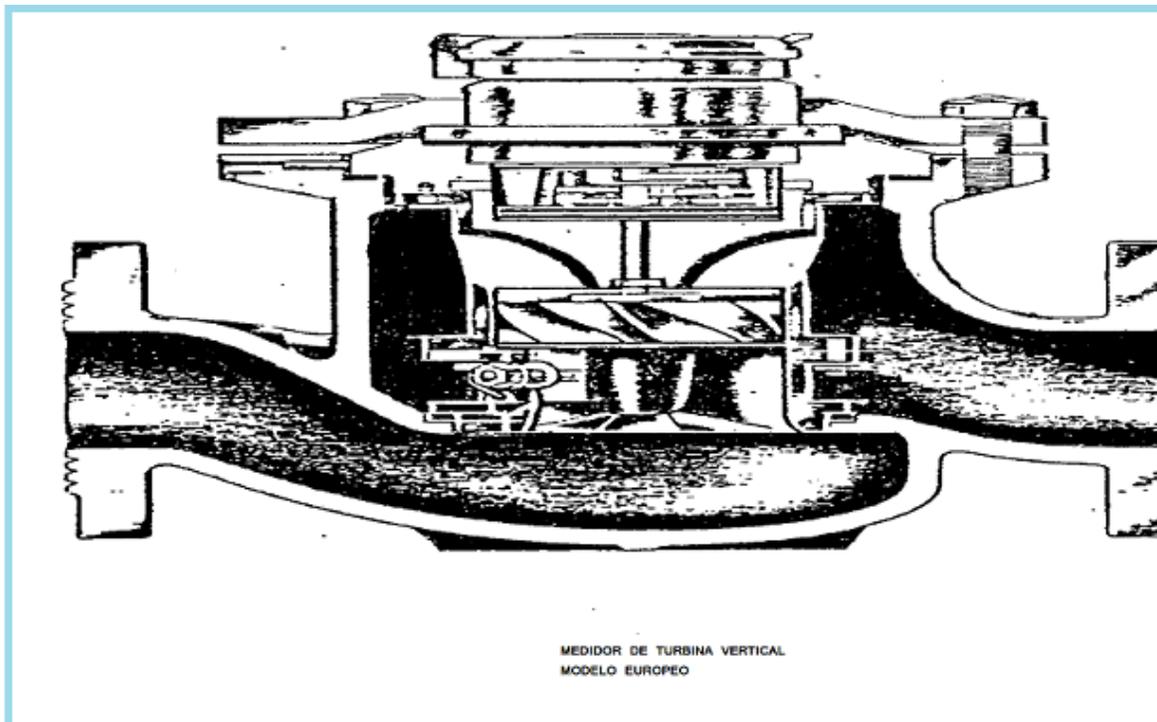


Fig. 1.31

Los medidores woltman presentan una baja pérdida de presión y son muy utilizados para la medición de grandes consumos.

Hélice.



Los medidores de hélice son semejantes a los de turbina, diferenciándose en el rotor, que es una hélice en vez de una turbina, ver figura 1.32. Tienen baja pérdida de presión y alta presión dentro del campo de trabajo recomendados para grandes consumos. En general estos medidores no se emplean en conexiones domiciliarias, si no principalmente en tuberías de distribución y de conducción, en descarga de pozos, etc.; puede ser utilizado para medir aguas turbias.

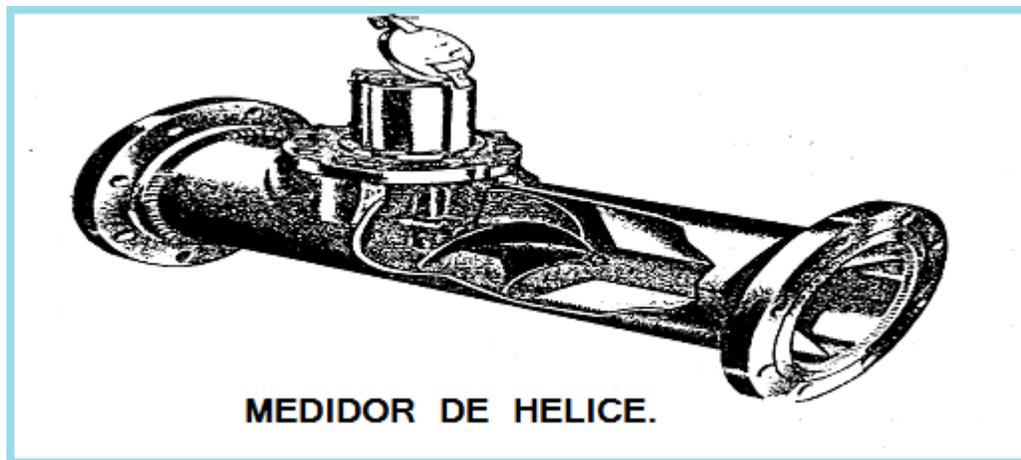
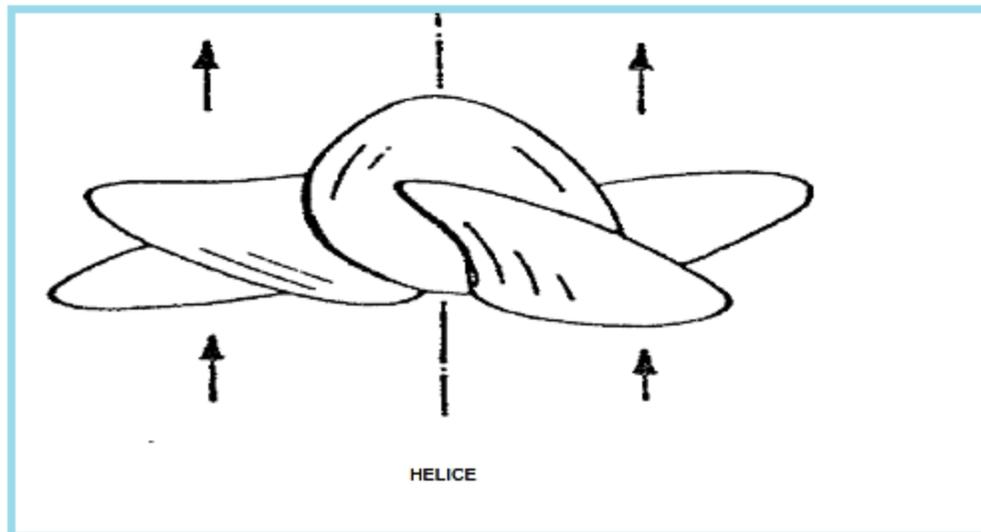


Fig. 1.32

En las grandes instalaciones industriales, el flujo del agua está sometido a grandes fluctuaciones por la variación en las demandas de los diversos procesos, que exceden los rangos de medida de los medidores sencillos.

La necesidad de medir con precisión los grandes y los pequeños caudales, dio lugar al desarrollo de combinaciones de medidores grandes con pequeños que aumentasen el campo de medición y



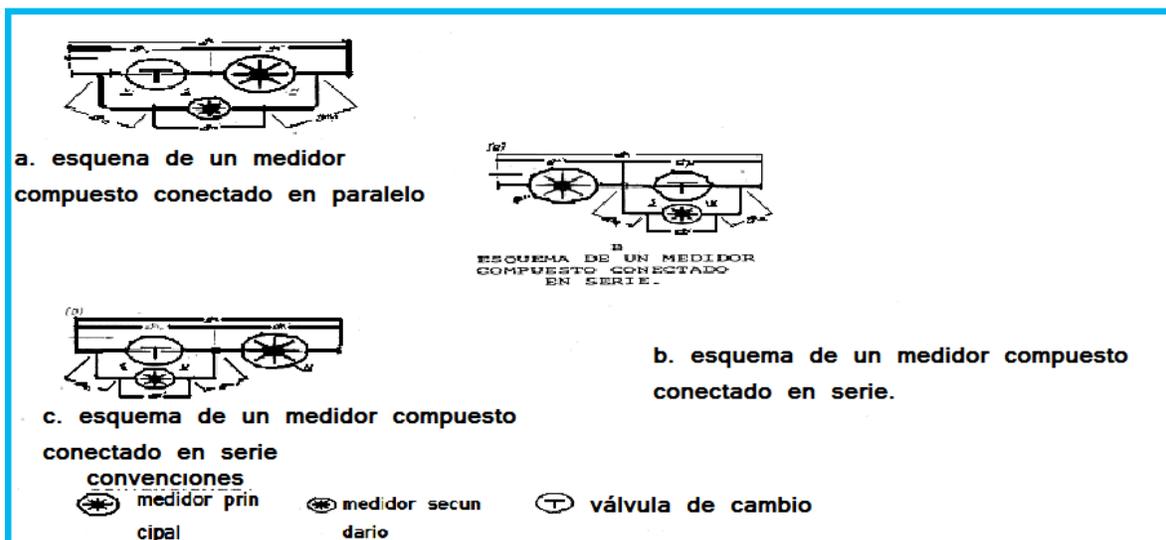
se comportasen eficientemente con grandes y con pequeños flujos de agua. Así se originaron los medidores compuestos.

Los medidores compuestos están formados por dos medidores de diferente capacidad: un medidor grande (generalmente de turbina) en la tubería principal, uno pequeño en derivación (bypass), y una válvula para dirigir el flujo automáticamente a uno u otro medidor.

Los dos medidores pueden conectarse en serie o en paralelo. El medidor de mayor capacidad se denomina “Medidor principal” o “Medidor Shunt”. En el conjunto se dispone una válvula automática de control de flujos de modo que los grandes flujos sean registrados en el medidor principal y los pequeños en el medidor secundario de acuerdo con el campo de medición específico del medidor respectivo.

La capacidad nominal de un medidor compuesto conectado en serie es igual a la capacidad del medidor principal; la de un medidor compuesto conectado en paralelo, es igual a algo mayor que la del medidor principal.

Los medidores compuestos pueden formarse combinando un medidor de turbina de gran capacidad con un medidor pequeño volumétrico o con uno de velocidad (de chorro múltiple), figura 1.33. La práctica se hace, como fue dicho, en serie o en paralelo. La válvula de desviación del flujo se conecta en serie con el medidor principal y en paralelo con el medidor secundario. Se muestra un esquema de los montajes comúnmente empleados; y en un esquema de un medidor compuesto.



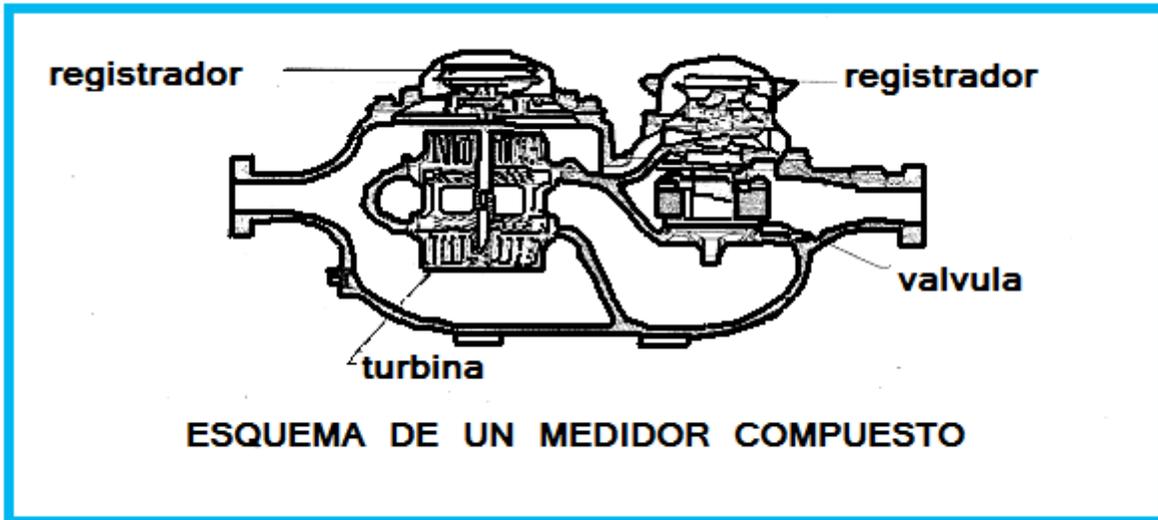


Fig. 1.33



#### IV.- PROCESO PARA MEDIR EL CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES DE UN CONJUNTO DE EDIFICIOS

##### IV.1 MÉTODO DE SECCION VELOCIDAD.

###### Fuentes del escurrimiento

Los escurrimientos en una cuenca se dividen en tres componentes: Superficial, subsuperficial y subterráneo.

El superficial es el que se manifiesta por encima del terreno para este caso de edificios en azoteas, estacionamientos y áreas jardinadas, el escurrimiento es laminar hasta que luego se va concentrando en las bajadas pluviales, y sale finalmente al drenaje que está en patios y va al drenaje municipal. Se lo denomina rápido, por el tiempo es el primer escurrimiento que se manifiesta en las zonas expuestas a la lluvia.

El subsuperficial es aquél que luego de infiltrada una determinada cantidad en las área que no están cubiertas con concreto asfáltico o concreto hidráulico del suelo, en la profundidad donde la humedad es aprovechable por las raíces, se manifiesta escurriendo en esa primera capa del suelo, y en algunos casos, vuelve a aparecer en superficie, sumándose al superficial. La cantidad depende de las características texturales del suelo. Se da preferentemente en zonas con subsuelos rocosos cubiertos por suelo más franco, y es en este sector donde se produce. El escurrimiento tiene una velocidad de conducción lento.

El subterráneo es el escurrimiento que se da en las capas saturadas del suelo, ya sea en lo que se considera acuífero freático, como en los acuíferos cautivos o profundos. Los primeros aportan a los cauces del río, en especial en épocas de estiaje, drenando las capas subterráneas. Por el proceso que tiene el agua desde la precipitación, infiltración profunda a las napas, y de éstas al cauce, el escurrimiento es muy lento, este escurrimiento depende de la estratigrafía del suelo de la delegación Azcapotzalco.

Fuentes del escurrimiento: Para comprender la marcha del agua en el ciclo hidrológico de una cuenca, se recurre a la visualización del siguiente diagrama de bloque: ecuación  $Q = S * V$  (caudal = sección \* velocidad).

Para realizar el aforo debe tenerse una estación de aforos, que contiene una sección de medición donde se materializa el aforo, una escala hidrométrica para relacionar las alturas de agua en el momento del aforo, y un control de que esa estación de aforo sea una sección donde se asegure que la relación altura – caudal sea directa, y no que para una misma altura se manifiesten dos caudales, posibilitando la relación H – Q en todas las alturas de agua del río.

El cálculo de caudal se llega midiendo la sección haciendo una batimetría, y subdividiendo la sección en áreas parciales donde se mide la profundidad en tramos separados un 10 % del ancho total. Para cada profundidad se asigna la superficie de escurrimiento equidistante con las demás profundidades, y la suma de todas da el área transversal total de escurrimiento.

En los mismos sitios de medición de profundidades a través de un molinete, se mide la velocidad de escurrimiento del agua con el molinete paralelo al escurrimiento y perpendicular a la sección de paso, a distintas profundidades que en su modo más completo implica medir en superficie, a 0,2 h, 0,6 h, 0,8 h y en el fondo, siendo h la profundidad de la vertical. El gráfico de la profundidad con las velocidades citadas se llama curva de velocidades de la vertical. Luego se calcula la



velocidad promedio de cada vertical y los caudales parciales multiplicando la velocidad media de cada vertical por el área parcial, y sumando todas, da el caudal total de escurrimiento por la sección donde se realiza el aforo.

El molinete está compuesto por un cuerpo principal que en su parte delantera tiene a la hélice, elemento que gira con la oposición que le genera la velocidad del agua y debe ser contada la cantidad de vueltas que registra en un plazo determinado de tiempo, con un contador digital.

Previamente el fabricante ha entregado las ecuaciones que calculan la velocidad en base al número de revoluciones de la hélice.

El aforo por molinete requiere del siguiente instrumental de campaña: Molinete, cuyo elemento medidor de la velocidad es una hélice o una cazoleta, puede estar suspendido en el agua por cable accionado por un torno, o si la profundidad es menor por una barra fija apoyada en el fondo de la sección. En el primer caso es un aforo por pasarela y el segundo por vadeo. Según sea el caso y la sección de aforo se requiere una alcantarilla o un puente, vagonetas colgadas de un cable entre torres a ambos márgenes del río, o una embarcación.

En el caso de altas velocidades de escurrimiento y profundidades importantes, el molinete es arrastrado por la corriente, y como la medición de la velocidad debe realizarse sobre una profundidad perfectamente vertical, se requiere el auxilio de contrapesos o escandallos de distintos pesos, variables entre 5 y 50 kilos. Cuando aún así la velocidad del agua arrastra el molinete se debe hacer una corrección de la medición de la profundidad teniendo en cuenta el ángulo de arrastre.

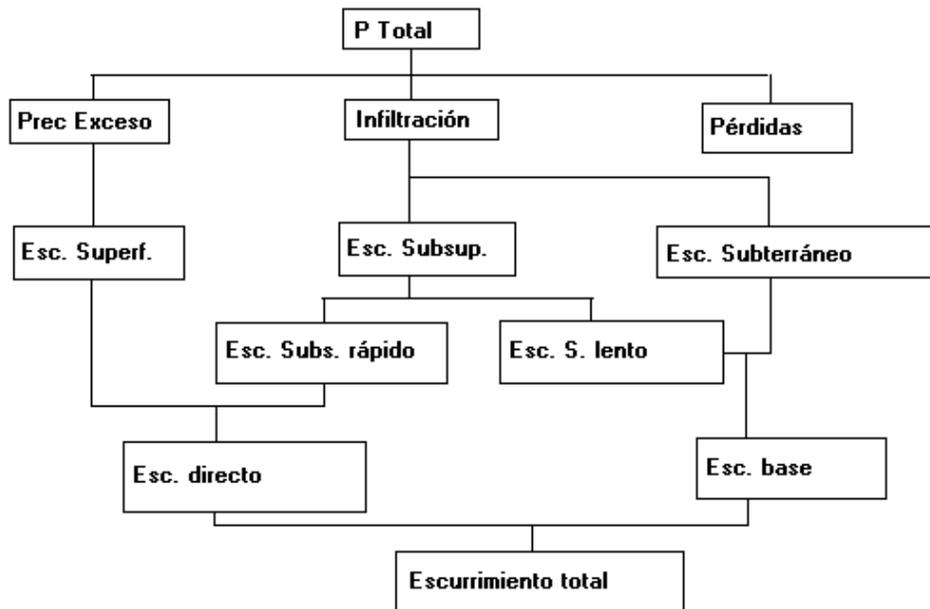


Fig. 1.37



#### Descripción del proceso de escurrimiento

La precipitación que cae sobre la cuenca, se descompone en tres componentes: a) Aquella parte que es interceptada por la vegetación, b) la que llegada al suelo se infiltra alimentando la humedad del suelo, y c) la que se almacena en las depresiones superficiales.

Cuando las depresiones, tales como esteros, lagunas, lagos, etc., comienzan a llenarse y la intensidad de precipitación es superior que la capacidad de infiltración, aparece la precipitación en exceso, que 1) fluye como escurrimiento laminar y luego como 2) escurrimiento en cauce, constituyendo el escurrimiento superficial.

La cantidad de precipitación infiltrada tiene dos destinos: 1) Abastecer la humedad del suelo, y 2) superados ciertos niveles de humedad, recargar el nivel freático. La diferencia entre el nivel de humedad capacidad de campo –CC- y la humedad existente en el suelo, es la deficiencia de humedad del suelo –DHS-. Primero se abastece la DHS y luego es superada la CC, se produce la recarga de nivel de aguas freáticas. El escurrimiento subterráneo se produce por descarga de la napa en el cauce, en época de estiaje del arroyo o río.

El escurrimiento que se produce en la sección de salida o control de la cuenca, se divide en escurrimiento directo o superficial, y el escurrimiento base, compuesto por el escurrimiento subterráneo. El problema es detectar cuál es uno y otro, ya que vienen mezclados, y las fuentes de alimentación de los dos son distintos, y los tiempos de propagación también.

Hidrograma: Es la representación del caudal en función del tiempo, expresando las variaciones temporales de los caudales o los aportes de un río en una sección determinada. figura 1.35

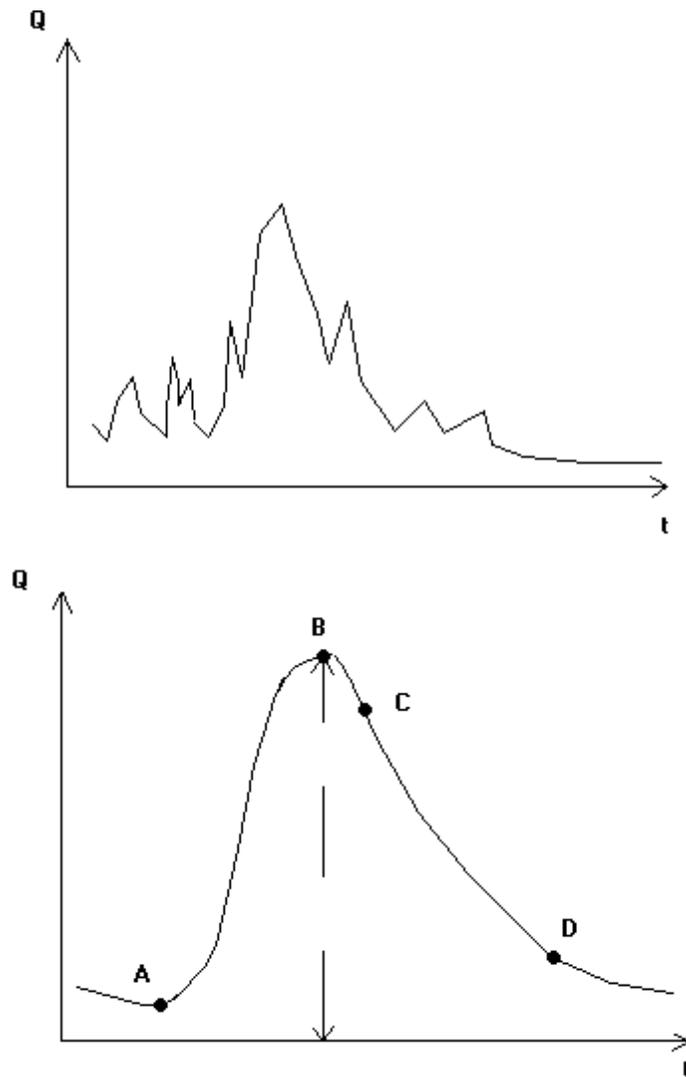


Fig. 1.35

#### Relación sección – pendiente:

Parte el análisis de la fórmula de velocidad propuesta por Manning:  $V = 1/n * R^{2/3} * S^{1/2}$ , donde  $n$  es el coeficiente de rugosidad de Manning,  $R$  radio hidráulico y  $S$  pendiente del pelo de agua. Requiere de un tramo del río lo más recto posible, uniforme en la conformación de la sección de escurrimiento, dos secciones específicas y la medición de la altura hidrométrica del río en el lugar. Con el promedio de las 2 secciones y los 2 radios hidráulicos, calculando la pendiente con el desnivel de agua dividido la longitud de separación entre secciones, y considerando que el delta  $h$  es la suma de la altura de agua mas altura de velocidad mas la altura de turbulencia, despreciando estas últimas por poca significación, se puede calcular el caudal multiplicando la sección de escurrimiento promedio por la velocidad según Manning. La precisión se obtiene con la seguridad de definición del coeficiente de rugosidad  $n$ .



#### Relación sección – velocidad:

Es el más usado de los métodos de aforos. El análisis parte de la ecuación  $Q = S * V$  (caudal = sección \* velocidad).

Para realizar el aforo debe tenerse una **estación de aforos**, que contiene una sección de medición donde se materializa el aforo, una escala hidrométrica para relacionar las alturas de agua en el momento del aforo, y un control de que esa estación de aforo sea una sección donde se asegure que la relación altura – caudal sea directa, y no que para una misma altura se manifiesten dos caudales, posibilitando la relación  $H - Q$  en todas las alturas de agua del río, figura 1.36.

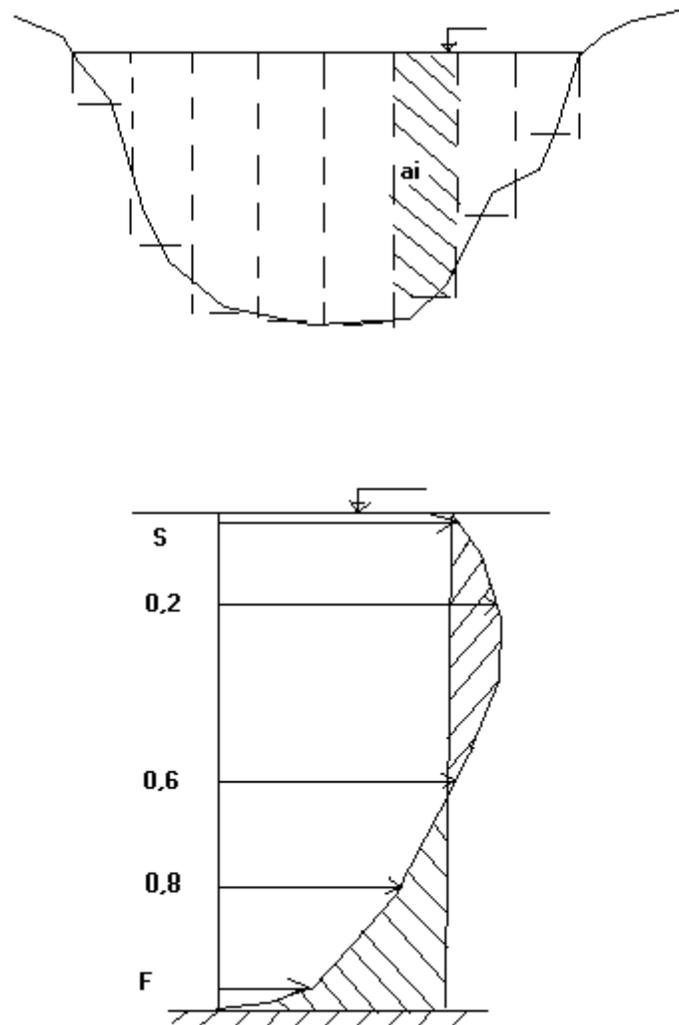


Fig. 1.36



El cálculo de caudal se llega midiendo la sección haciendo una batimetría, y subdividiendo la sección en áreas parciales donde se mide la profundidad en tramos separados un 10 % del ancho total. Para cada profundidad se asigna la superficie de escurrimiento equidistante con las demás profundidades, y la suma de todas da el área transversal total de escurrimiento.

En los mismos sitios de medición de profundidades a través de un molinete, se mide la velocidad de escurrimiento del agua con el molinete paralelo al escurrimiento y perpendicular a la sección de paso, a distintas profundidades que en su modo más completo implica medir en superficie, a 0,2 h, 0,6 h, 0,8 h y en el fondo, siendo h la profundidad de la vertical. El gráfico de la profundidad con las velocidades citadas se llama curva de velocidades de la vertical. Luego se calcula la velocidad promedio de cada vertical y los caudales parciales multiplicando la velocidad media de cada vertical por el área parcial, y sumando todas, da el caudal total de escurrimiento por la sección donde se realiza el aforo.

El molinete está compuesto por un cuerpo principal que en su parte delantera tiene a la hélice, elemento que gira con la oposición que le genera la velocidad del agua y debe ser contada la cantidad de vueltas que registra en un plazo determinado de tiempo, con un contador digital.

Previamente el fabricante ha entregado las ecuaciones que calculan la velocidad en base al número de revoluciones de la hélice.



## IV.2 MEDICION DE VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL Y TIEMPO.

### Métodos volumétricos

La forma más sencilla de calcular los caudales pequeños es la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido. En este caso particular se introdujo una cubeta (figura 1.37) donde existe un desnivel del alcantarillado permitiendo así llenar el recipiente y se midió el tiempo que demora su llenado se mide por medio de un cronómetro, posteriormente se mide el volumen de agua con una probeta figura 1.38. El tiempo que se tarda en llenarlo se medirá con precisión, especialmente cuando sea de sólo unos pocos segundos. La variación entre diversas mediciones efectuadas sucesivamente dará una indicación de la precisión de los resultados, ver tablas 4 y 5



Fig. 1.37



Fig. 1.38



### CARTERA

HORA (h)	VOLUMEN (ml)	TIEMPO (s)	VOLUMEN M3	GASTO M3/H
08:00	610	8.94	0.00061	0.040939597
09:00	630	2.65	0.00063	0.142641509
10:00	600	9.61	0.0006	0.037460978
11:00	735	6.49	0.000735	0.067950693
12:00	580	3.15	0.00058	0.11047619
13:00	640	3.7	0.00064	0.103783784
14:00	785	6.04	0.000785	0.077980132
15:00	550	6.04	0.00055	0.054635762
16:00	760	5.08	0.00076	0.08976378
17:00	800	11.38	0.0008	0.042179262
18:00	805	6.43	0.000805	0.075116641
19:00	770	28.68	0.00077	0.016108787

Tabla 1.4

### INFONATEL-ANEC

HORA (h)	VOLUMEN (ml)	TIEMPO (s)	VOLUMEN M3	GASTO M3/H
08:00	605	4.93	0.000605	0.073630832
09:00	730	1.44	0.00073	0.304166667
10:00	745	18.76	0.000745	0.023827292
11:00	530	12.09	0.00053	0.02630273
12:00	650	2.24	0.00065	0.174107143
13:00	780	2.66	0.00078	0.17593985
14:00	800	4.94	0.0008	0.097165992
15:00	720	3.98	0.00072	0.108542714
16:00	790	13.24	0.00079	0.035800604
17:00	685	19.42	0.000685	0.021163749
18:00	830	38.71	0.00083	0.012864893
19:00	687	17.04	0.000687	0.024190141

Tabla 1.5



#### V.-CONCLUSIONES.

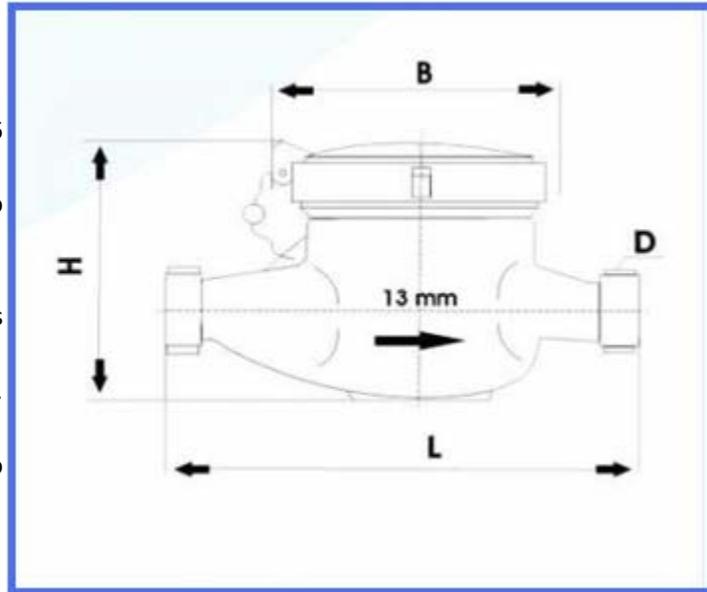
El principio de medición es de desplazamiento positivo por disco nutante colocado en una cámara. El volumen de agua que pasa a través del medidor es contabilizado en base al número de ciclos. Cada ciclo del disco nutante conduce un volumen fijo de agua, medición precisa en amplio rango de caudales, equipado con estrella giratoria sensible a caudales mínimo que permite detectar fugas por mínimas que sean.





**CARACTERISTICAS**

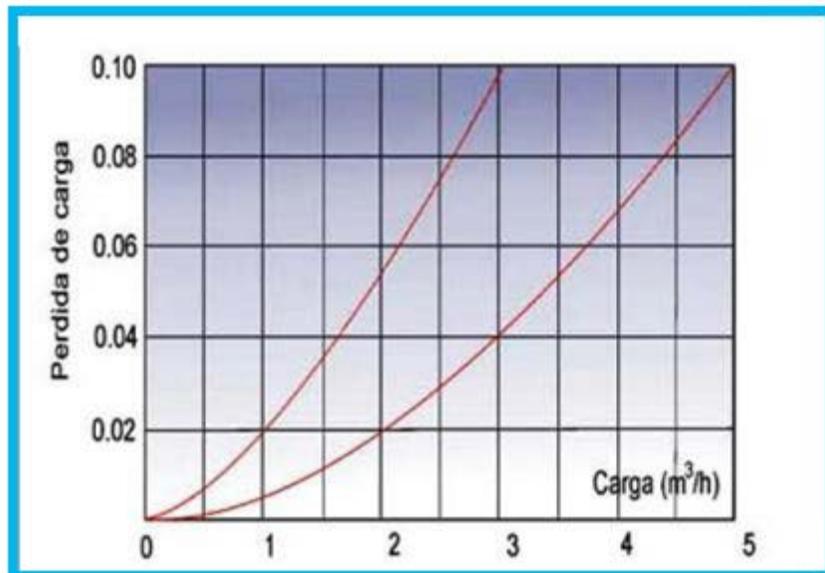
1. Carcaza de Bronce.
2. Registro sellado al vacío.
3. Temperatura máxima 50°C.
4. Máxima presión de trabajo 16 BAR.
5. Recubrimiento externo apóxico.
6. Filtro interno.
7. Niples y conectores incluidos NPT.
8. Cumple con la norma ISO 4064.
9. Válvula antirretorno opcional.
10. El medidor está preparado para la emisión de pulsos de lectura remota.
11. Protección magnética.
12. Clase Metrológica: C
13. NOM-012-SCFI-1994.



Modelo	DN	Clase	Q <sub>max</sub> m <sup>3</sup> /h	Q <sub>n</sub> m <sup>3</sup> /h	Q <sub>t</sub> L/h	Q <sub>min</sub> L/h	Lectura mínima
DVM-A-13	13	C	3	1.5	22.5	15	0.0001
DVM-A-16	16	C	3	1.5	22.5	15	0.0001
DVM-A-20	20	C	5	2.5	37.5	25	0.0001



## CURVAS DE PÉRDIDA DE CARGA



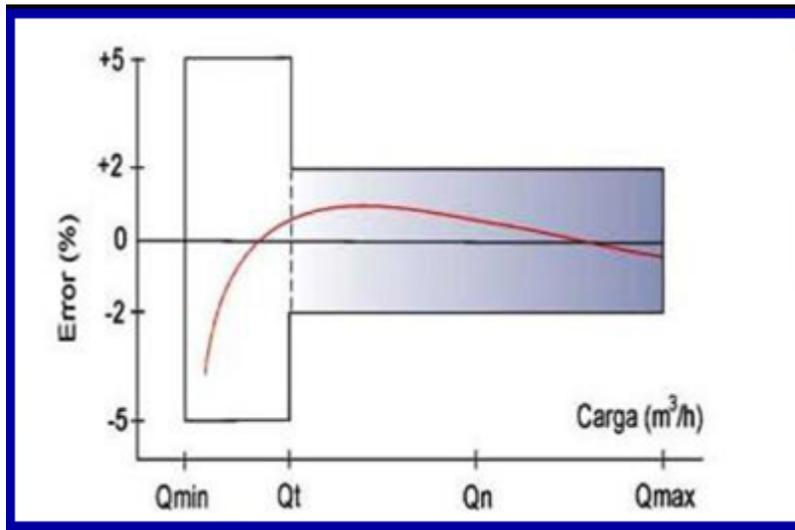
### Rango de Exactitud

$Q_{max}$	$\pm 2\%$
$Q_n$	$\pm 2\%$
$Q_t$	$\pm 2\%$
$Q_{min}$	$\pm 2\%$

### Dimensiones y Pesos.

Modelo	DN	Longitud (mm)L	Ancho (mm)B	Alto	Peso Kg	Rosca D
DVM-A	13	165/190	95	115	1.7/2	G3/4
DVM-A	16	190	95	115	2	G3/4
DVM-A	20	190	100	126	2	G1

## Curva de Exactitud



En México no se tiene cuidado con la elección de un medidor adecuado, ya que los límites máximos de registro quedan rebasados o los mínimos no se registran.

En México en algunos municipios o delegaciones no se colocan medidores, ya que se cobra una tarifa fija, esto provoca que los usuarios no cuiden el vital líquido.

En México más del 70% del agua se usa para la agricultura, pero este líquido no se cobra, y se utilizan métodos de riego deficientes.

Al iniciar mi investigación sobre este sencillo caso, me di cuenta que la gestión del agua esta centralizada en una institución, la cual conocemos como CONAGUA y esta a subes delega responsabilidades a los organismo operadores, los cuales están facultados en el artículo 115 constitucional que dice: La responsabilidad de prestar los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento corresponde al municipio, estos órganos operadores se apoyan en La Ley Federal de Derechos para recaudar las tarifas por estos servicios prestados a la sociedad, pero debido a las fugas, a las mediciones inadecuadas.

La recaudación no recupera lo suficiente para que se pueda renovar la infraestructura para el suministro de agua potable, alcantarillado y saneamiento.



#### BIBLIOGRAFIA.

1. AWWA. Water meters. Manual M6. USA. 1962.
2. AWWA. Sizing lines and meters. Manual M22. USA. 1975
3. ABNT. Hidrómetros domiciliarios. PEB-147 Brasil 1968.
4. Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) – Estadística del Agua en México 2008.
5. Castelán, E. 2000. “Análisis y Perspectiva del Recurso Hídrico en México”. Third World Center for Water Management. Mexico City.
6. Comisión de Agua del Distrito Federal. 1995. “Agua una Nueva Estrategia para el Distrito Federal”. Comisión de agua del Distrito Federal. México.
7. Sánchez, M 2000. “El servicio de Agua en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México”. Cuadernos de
8. Sotelo, L 1994.” Hidráulica General”. Fundamentos México. Limusa.
9. Sotelo, “Apuntes de Hidráulica II” Facultad de Ingeniería, UNAM
10. César E, 1997 “Instalaciones Sanitarias para Edificios” Facultad de Ingeniería, UNAM.
11. <http://www.agua.org.mx>
12. <http://www.unu.edu>.
13. <http://www.conagua.gob.mx>