

## SERIE AUTODIDÁCTICA DE MEDICIÓN DEL AGUA



# MEDIDOR ELECTROMAGNÉTICO

Autor: Buenfil R. M..

Revisor: Juárez N. R.

Editor: Ochoa A. L.



SUBDIRECCIÓN GENERAL DE ADMINISTRACIÓN DEL AGUA

COORDINACIÓN DE TECNOLOGÍA HIDRÁULICA

© Comisión Nacional del Agua, CNA  
© Instituto Mexicano de Tecnología del  
Agua, IMTA

Edita:

Comisión Nacional del Agua,  
Subdirección  
General de Administración del Agua  
Gerencia de Recaudación y control  
Subgerencia de Inspección y Medición

Instituto Mexicano de Tecnología del  
Agua  
Coordinación de Tecnología Hidráulica  
Subcoordinación de Hidráulica Rural y  
Urbana

Elabora:

Grupo de Hidráulica Rural y Urbana del  
IMTA  
Grupo de Inspección y Medición de la  
CNA

Imprime:

Instituto Mexicano de Tecnología del  
Agua

ISBN 968-7417-68-4

## PARTICIPANTES

En la realización de este documento ,  
colaboraron: Especialistas del Instituto  
Mexicano de Tecnología del Agua (1), y  
de la Subdirección General de  
Administración del Agua de la Comisión  
Nacional del Agua, CNA (2).

**Autor:** Mario Buenfil Rodríguez

**Revisores:** Raúl Juárez Nájera

**Editor:** Leonel H. Ochoa Alejo

Para mayor información dirigirse a:

SUBGERENCIA DE INSPECCIÓN Y  
MEDICIÓN  
GERENCIA DE RECAUDACIÓN Y  
CONTROL  
Subdirección General de Administración  
del Agua  
Insurgentes Sur # 1969, 1er piso, Colonia  
Florida CP. 01030, México D.F.  
Tel. (01) 56-61-83-81, Fax. (01) 56-61-71-  
49, Email: [merino@sgaa.cna.gob.mx](mailto:merino@sgaa.cna.gob.mx)

SUBCOORDINACIÓN DE HIDRÁULICA  
RURAL Y URBANA  
COORDINACIÓN DE TECNOLOGÍA  
HIDRÁULICA  
Paseo Cuauhnáhuac # 8532, Colonia  
Progreso, CP. 62550, Jiutepec, Morelos  
Tel. y Fax (017) 3-19-40-12, Email:  
[nahung@tlaloc.imta.mx](mailto:nahung@tlaloc.imta.mx)

*Derechos reservados por: Comisión  
Nacional del Agua, Insurgentes Sur #  
2140, ermita San Angel, CP. 01070,  
México D.F. e Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua, Paseo  
Cuauhnáhuac # 8532, Colonia Progreso,  
CP. 62550, Jiutepec, Morelos. Esta  
edición y sus características son  
propiedad de la Comisión Nacional del  
Agua y del Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua.*

## PREFACIO

El 1° de diciembre de 1992 se publicó en el Diario Oficial de la Federación, La Ley de Aguas Nacionales, en donde se exponen los artículos 7-VIII, 26-II, 29-V-VI, 119-VII-X-XI, relacionados con la medición del agua.

Con base en esta Ley de Aguas Nacionales, la Comisión Nacional del Agua, CNA, a través de la Subdirección General de Administración del Agua, desarrolla continuamente campañas de instrumentación y medición de caudales, con el fin de controlar y verificar las cantidades de agua asignadas en las concesiones a los diversos usuarios de las fuentes de abastecimiento.

Ante esta situación y a la dificultad que representa el uso de los diferentes aparatos de aforo, la CNA y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA, han elaborado esta serie de documentos autodidácticos, para que el personal técnico de dicha dependencia se capacite en el manejo de las técnicas existentes de medición de gasto, así como en el manejo de equipos y en los procedimientos de adquisición y análisis de datos.

La serie autodidáctica está enfocada a las prácticas operativas y equipos medidores que cotidianamente utiliza la CNA en sus actividades de verificación de los equipos de medición instalados en los aprovechamientos de los usuarios del agua y muestra las técnicas modernas sobre: a) inspección de sitios donde se explota el agua nacional; b) verificación de medidores de gasto instalados en las diversas fuentes de suministro o descarga de agua; c) procedimientos y especificaciones de instalación de equipos; d) realización de aforos comparativos con los reportados por los usuarios; e) cuidados, calibración y mantenimiento de los aparatos.

En general, cada documento de la serie está compuesto por dos partes: a) un documento escrito, que describe los principios de operación de un medidor particular, cómo se instala físicamente, qué pruebas de precisión se requieren, cómo se hace el registro e interpretación de lecturas y procesamiento de información, de qué manera hay que efectuar el mantenimiento básico, cuáles son sus ventajas y desventajas, y que proveedores existen en el mercado; b) un disco compacto, CD, elaborado en el paquete *"Power Point de Microsoft"*, construido con hipervínculos, diagramas, fotografías, ilustraciones, según lo requiera cada tema.

Con estos serie de documentos se pretende agilizar el proceso de capacitación a los técnicos que realizan dichas actividades de medición.

# **CONTENIDO**

	<b>Página</b>
<b>1. ¿PARA QUIÉN Y POR QUÉ? Y EVALÚA SI SABES</b>	<b>1</b>
<b>2. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN Y DESCRIPCION DE COMPONENTES</b>	<b>2</b>
<b>3. REQUERIMIENTOS DE INSTALACION FISICA</b>	<b>8</b>
<b>4. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE INSTALACION</b>	<b>10</b>
<b>5. PRUEBAS DE PRECISION Y CALIBRACION</b>	<b>14</b>
<b>6. REGISTRO E INTERPRETACION DE LECTURAS Y PROCESAMIENTO DE INFORMACION</b>	<b>17</b>
<b>7. MANTENIMIENTO BASICO</b>	<b>19</b>
<b>8. VENTAJAS Y DESVENTAJAS</b>	<b>21</b>
<b>9. LISTADO DE PRINCIPALES PROVEEDORES</b>	<b>22</b>

# 1. ¿PARA QUIÉN Y PARA QUÉ? EVALÚA SI SABES

## ¿ PARA QUIÉN?

Para toda persona interesada o responsable de interpretar las señales o registros de medidores de agua, cuyo funcionamiento se base en inducción electromagnética. Especialmente deben conocerlo quienes trabajen para la CNA (Comisión Nacional del Agua) en rutinas de inspección y verificación a quienes tienen registro de derechos de agua y cuenten con ese tipo de medidores.

## ¿ PARA QUÉ?

Para que los datos interpretados sean confiables y se les anote en algún formato apropiado, en unidades convenientes, y sean canalizados a quien sea oportuno.

## EVALÚA SI SABES:

- ¿ Si el medidor tiene alguna falla importante ?
- ¿Si Todos los medidores electromagnéticos requieren electricidad de corriente alterna?
- ¿ Si va el tubo parcialmente lleno de agua puedo medir los volúmenes de agua ?
- ¿ Si en un medidor electromagnético hay piezas en contacto con el agua?
- ¿Puede ser portátil un medidor electromagnético ?
- ¿Influye en las lecturas si hay líneas de alta tensión o campos magnéticos cercanos ?
- Si el agua trae partículas metálicas, ¿ se afectan las mediciones ?
- Si algún día hubo flujo invertido en el medidor, ¿ que sucede a las mediciones?, ¿son incorrectas?
- ¿ Se debe colocar siempre el medidor en posición horizontal ?
- ¿ A que distancia debe estar el medidor de cualquier codo u obstáculo parecido ?
- ¿ Como influye en las mediciones el que el aparato se ubique muy cerca de un cambio de dirección de flujo ? (e.g. un codo cercano, sin cumplir recomendaciones del fabricante, ¿ mide de más, o de menos ?)

## 2.- PRINCIPIOS DE OPERACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES

### 2.1 LA INDUCCIÓN MAGNÉTICA Y EL PRINCIPIO DE FARADAY

Los medidores de agua que vas a estudiar en este folleto son los denominados "ELECTROMAGNÉTICOS".

Se llaman así porque adentro de estos medidores van algunos ingeniosos dispositivos que, aprovechando el principio de inducción electromagnética, calculan la velocidad del agua en una tubería y el volumen de agua que pasa por ahí durante un determinado tiempo, y luego mandan una señal digital que puedes fácilmente leer en el panel ("display") del aparato.

#### a) Descubrimiento de la inducción magnética

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

El fenómeno físico de la inducción magnética lo aprovechamos en múltiples aplicaciones, pero quizá las más importantes son en los **generadores** de electricidad rotatorios (*generadores de corriente alterna*), los cuales convierten un movimiento mecánico en electricidad; y en los **motores** que usan electricidad para mover algo (*exactamente lo inverso de los generadores*).

La inducción magnética ha existido desde que existe el universo. Los griegos hace unos 2,600 años empezaron a interesarse en por qué al frotar objetos de ámbar estos podían atraer a otros cuerpos pequeños. Así, poco a poco, se fue sabiendo algo más de la electricidad y del magnetismo. El fenómeno de la inducción magnética fue apenas estudiado y explicado por el Señor Michael Faraday (1791-1867), en Inglaterra hace casi 200 años. Por eso decimos que él lo descubrió, y alguien bautizó a ese fenómeno en honor a tan ilustre científico.



Solo, como pequeño honor a Faraday conviene conocer que a pesar de haber tenido una infancia difícil y sin estudios formales (*hijo de un herrero*), aprendió después, de manera autodidacta muchas cosas, y con esfuerzo llegó a ser un destacado y respetado científico, ocupando algunos cargos académicos importantes en su tiempo. Él hizo varias contribuciones a la química y a la física. Incluso existe una unidad de medida en su honor, el "farad" o "faradio", que en el sistema internacional de unidades se usa para medir la "capacidad eléctrica". Por lo que Faraday es más famoso es precisamente por la inducción magnética. Algo tan importante que los humanos aun terminamos de descubrirle nuevas aplicaciones.

Incluso existe una unidad de medida en su honor, el "farad" o "faradio", que en el sistema internacional de unidades se usa para medir la "capacidad eléctrica".

Por lo que Faraday es más famoso es precisamente por la inducción magnética. Algo tan importante que los humanos aun terminamos de descubrirle nuevas aplicaciones.

En la vida contemporánea estamos a diario rodeados de inventos que emplean la inducción magnética, tales como: licuadoras, arrancadores de coches, timbres eléctricos, computadoras, discos magnéticos, televisión, detectores de metales o de cables enterrados, etc. En este folleto nos interesa su aplicación como **medidor de agua**.

Las **unidades** de medida que establece el "sistema internacional de unidades", relacionadas a la inducción magnética son:

- Para el "flujo magnético" se usa el "**weber**": **Wb**
- Para la inducción magnética o "densidad del flujo magnético" el **tesla**, que es equivalente a un **weber/m<sup>2</sup>**.
- Para la "inductancia" el **henry**, que equivale a un **Wb / A** (A = ampere)
- Para la "conductancia" el **siemens**, que equivale a un **A / V** (V = volt)

- Para la "capacitancia" (capacidad de almacenar electricidad) se usa el **farad**, que equivale a un **1 coulomb** de carga almacenada por cada **volt** de diferencia de potencial aplicado

Para que funcionen esos medidores debe haber lo siguiente:

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



Y desde luego: tuberías, alguien que lea el aparato, o algo que registre la señal, estructura de protección al equipo, etc.

## b) Experimentos para comprobar ese principio

Existen algunos sencillos que puedes hacer para entender mejor el fenómeno de inducción magnética. ¡ Pero debes tener mucho **cuidado** con la electricidad ! . Algunos experimentos que no presentan riesgo, ya que la única electricidad que se genera es la que tu mismo logres crear aprovechando el magnetismo de un imán, pueden consultarse en estos sitios internet:

<http://www.towson.edu/~physics/demo/em/5k10.html>

[http://guernsey.uoregon.edu/~phdemo/demo/Electricity\\_and\\_Magnetism/EM-Inductance.html](http://guernsey.uoregon.edu/~phdemo/demo/Electricity_and_Magnetism/EM-Inductance.html)

Se demuestra la conductividad del agua empleándola para cerrar un circuito eléctrico, como si fuese un tramo de cable. Simplemente coloca los extremos de un circuito, dentro de un vaso. El efecto

aumenta con la cantidad de sales disueltas en el agua.

También puede comprobarse el **agua al moverse** cerca de donde hay un campo magnético, induce una corriente eléctrica en sí misma. ¡ Eso precisamente es lo que logran registrar los medidores electromagnéticos, de los cuales se ocupa este manual!

## 2.2 LOS MEDIDORES ELECTROMAGNÉTICOS PARA AGUA

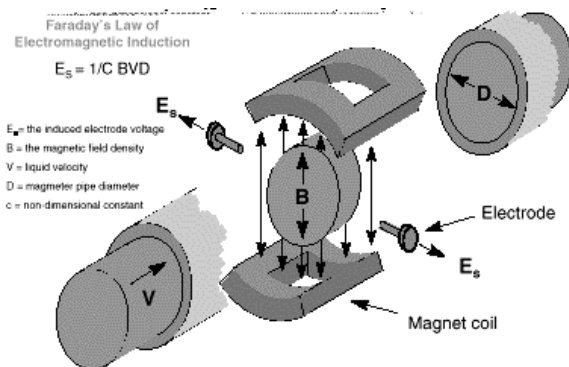
### a) Midiendo el flujo de agua por inducción electromagnética

Esta es la ecuación de Faraday para la inducción electromagnética:

$$E_s = 1/c \ B \ v \ D$$

Las variables en la ecuación significan:

**$E_s$**  = voltaje inducido hacia los electrodos (por el agua que se mueve dentro del campo magnético del aparato).



- $B$**  = densidad del campo magnético.
- $v$**  = velocidad del líquido.
- $D$**  = diámetro interno del equipo (usualmente similar al del tubo que se mide).
- $c$**  = constante adimensional.

El volumen instantáneo o "gasto" de agua que circula por ahí es igual a la velocidad promedio del agua multiplicada por el área de la sección transversal del tubo, es decir:  **$Q = A \ v$**

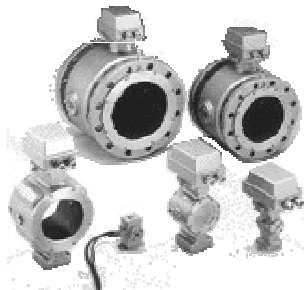
Entonces, mientras mas voltaje sea inducido en el aparato registrador, significa que está circulando mas agua.

**Importante:** no conviene usar medidores electromagnéticos cuando el líquido pueda llevar partículas magnéticas, ya que afectarían la precisión del equipo.

## b) Diferencias principales respecto a otros tipos de medidores de flujo

El medidor electromagnético es diferente de otros aparatos precisamente por su principio de funcionamiento, ya explicado antes. Además, es distinto de los ultrasónicos, pues el electromagnético requiere una instalación fija, y contacto de los electrodos con el agua, cosa que no sucede con aquellos. Para contrarrestar la desventaja de instalación fija, el electromagnético suele tener mejor precisión.

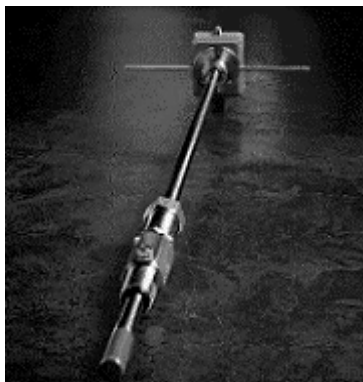
El medidor electromagnético es más robusto y pesado que otros medidores, y generalmente es bastante más caro (*del orden de 10 veces*). Sin embargo, eso no es necesariamente cierto en todos los casos, además continuamente en el mercado salen nuevos modelos, con diferentes características y aplicaciones. La figuras adjuntas muestran algunos modelos de medidores electromagnéticos, de diferentes marcas:



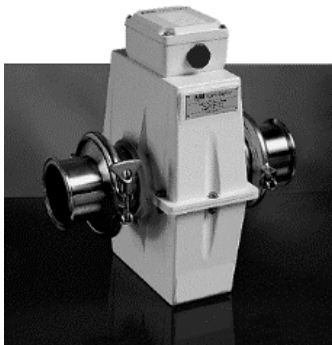
Algunos medidores electromagnéticos son como los que se muestran

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





Los dispositivos secundarios de los medidores pueden ser de diversos tipos



### c) Posibles causas de fallas en los medidores electromagnéticos

Una de las cosas que debes aprender aquí es a verificar cuando esos medidores están registrando bien, y cuando, por alguna circunstancia, pueden estar dando malos registros. Posibles causas de malos registros: Influencia de campos magnéticos cercanos (*líneas de alta tensión, etc.*) que influyan en el equipo; variaciones en la conductividad del agua (*cantidad de sales*), tubos parcialmente llenos en ocasiones o acarreo de aire junto con el agua (*en caso de probabilidad de eso convendrá colocar al medidor en una tubería vertical, ascendente*)..

Evidentemente la manera más clara de decir que hay datos poco confiables es si se observa que el medidor o sus conexiones están instalados de forma incorrecta o sin atender a las especificaciones del fabricante. Habrá que indagar desde cuando y porqué ocurre eso, y desde luego hacer las anotaciones pertinentes, en una bitácora del aparato, para que se corrija de inmediato.

Otro buen método para revisar si hay datos incorrectos, es comparar contra registros previos en ese mismo sitio, y ver si no existen oscilaciones extrañas o inexplicables que llamen la atención. Usualmente un consumidor debe tener comportamientos parecidos a lo largo del año, a excepción quizá de extracciones mayores en temporada de sequía y menores durante lluvias.

En la sección 5 de este manual te damos algunos otros consejos y procedimientos para verificar que el medidor opere bien, y sus datos sean correctos.

## 2.3 CARACTERÍSTICAS USUALES DE LOS MEDIDORES EN EL MERCADO

Aquí queremos dar algunas características de los aparatos; pero hay que advertir que éstas pueden variar rápidamente, puesto que cada vez existen más proveedores en el mercado. El auge y la importancia de la medición genera una alta competencia entre proveedores, que los impulsa a innovar sus productos para satisfacer nuevos deseos de los clientes, así como a ofrecer mercancías o servicios originales; y equipos más versátiles, completos, resistentes y sencillos de emplear.

Los medidores electromagnéticos generalmente deben tener una instalación permanente, aunque también los hay portátiles.

Puede trabajar con flujos en **ambas direcciones**. Cuando alguno está mal instalado respecto al flujo normal, y si es costoso desmontarlo y reinstalarlo, basta con invertir los cables de corriente.

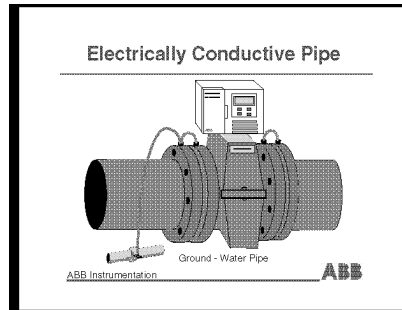
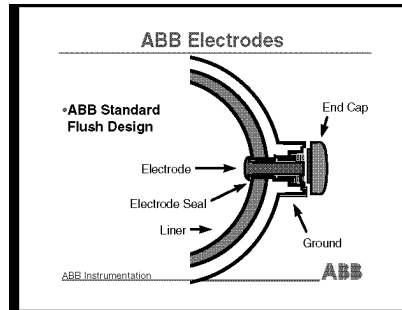
Existen medidores magnéticos tanto para tuberías de **diámetros** muy pequeños: por ejemplo **3 mm** hasta **12 mm** ( $1/8''$  hasta  $15/32''$ ), hasta diámetros relativamente grandes: de **15 mm** hasta **2200 mm** ( $1/2''$  a  $88''$ ).

## 2.4 COMPONENTES DE LOS EQUIPOS

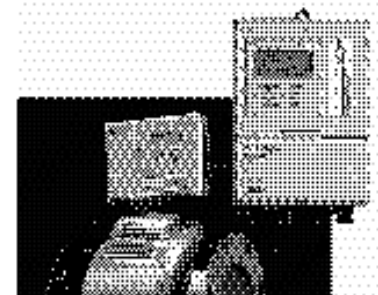
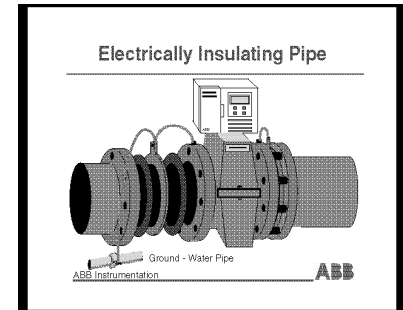
El medidor electromagnético típico consta de dos componentes principales: el **cuerpo del medidor**, que va montado directamente sobre la tubería, y los **accesorios electrónicos**, los cuales dependiendo del modelo pueden estar unidos al medidor o estar alejados de él.

Una posible lista de partes puede ser ésta (*aunque es mejor ver directamente los manuales de cada equipo*):

- carcasa y recubrimiento interior
- fuente de energía
- unidad magnética
- unidad sensora (*electrodos, galvanómetro, voltímetro*)
- acoplamiento al tubo de agua
- pantalla (*display*),
- controles de mando y programación
- cables y conexiones
- bridas o uniones entre tubos



El medidor electromagnético consta de dos componentes



## 2.5 ADAPTACIONES PARA TELEMETRÍA Y REGISTRO CONTINUO

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

Similarmenete, y aun para alguna extracción de agua que requiera monitoreo minucioso y

frecuente, no es necesario que alguien esté visitando el sitio, leyendo y anotando varias veces al día, o varios días a la semana. El problema se simplifica empleando “*data-loggers*”, que son dispositivos electrónicos que pueden adosarse al medidor, o ser los que reciben las señales en el sitio de lectura remota, para ir almacenando los datos.

Para evitar tener que invertir en personal especializado, o en equipo costoso, para monitorear y tomar registros a distancia, se puede recurrir a compañías especializadas que ofrecen tales servicios (*por ejemplo ver monitoreo Sentinel, en <http://www.sentinelssystem.com.mx>*).

### 3. REQUERIMIENTOS DE INSTALACIÓN FÍSICA

#### 3.1 REQUISITOS O CONOCIMIENTOS NECESARIOS DEL INSTALADOR

La instalación de medidores electromagnéticos debe ser hecha por personal especializado, y de preferencia quedar a cargo del mismo proveedor, bajo la supervisión de quien hará uso del

Quien lo instale deberá tener conocimientos, de plomería, electricidad y electrónica. Igualmente deberá contar con todas las herramientas del caso, incluidos los planos, manuales y diagramas correspondientes. Los equipos deberán quedar bien protegidos y ensayados antes de que sea aprobada y recibida la instalación.

medidor.



Es obligación del fabricante entregar copia del manual de servicio y del manual de operación. Quien adquiere el equipo deberá asegurarse de conservarlo en un sitio

apropiado. Adicionalmente deberá tener en un lugar visible y siempre a la mano (*etiqueta o cartel adosado al medidor, y en una agenda*), los teléfonos, correo electrónico o sitio Internet, de servicio o asesoría del proveedor. De preferencia también es conveniente tener dos o tres copias y respaldos magnéticos de los manuales anteriores, conservados en distintos lugares, por seguridad, y facilidad de encontrarlos cuando se les necesite.

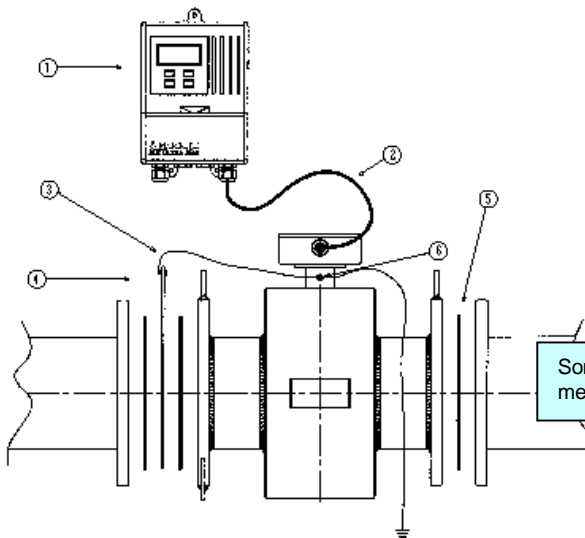


Será muy importante que el instalador y el supervisor, antes de cualquier instalación y recepción, lean cabalmente los manuales y diagramas detallados aportados por el proveedor.

#### 3.2 FAMILIARIZÁNDOSE CON EL MEDIDOR

La siguiente lista y diagrama, muestran las partes principales de un medidor electromagnético típico:

- 1 Convertidor
- 2 Cable, (*estándar*)
- 2 Cable, (*sumergible*)
- 3 Ensamble de cable de tierra
- 4 Anillo aterrizador, de acero inoxidable
- 5 Empaques
- 6 Rosca (*cabeza*)
- Juego para acoplamiento (*especificar longitud y tipo de cable*)



Son seis las partes de un medidor electromagnético

### 3.3 PROCEDIMIENTOS PARA ARMARLO O DESARMARLO, Y REVISIÓN DE PARTES.

**Desempacado e inspección.** Usualmente el proveedor entrega el equipo bien embalado, en un recipiente apropiado del cual debe extraerse cuidadosamente. Cuando se observe algún daño en la caja o empaque hay que tener especial cuidado, para el caso de que proceda alguna devolución o reclamación al proveedor. Los pasos a seguir son:

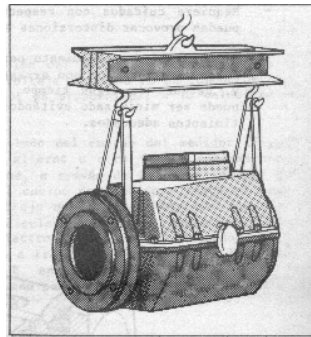
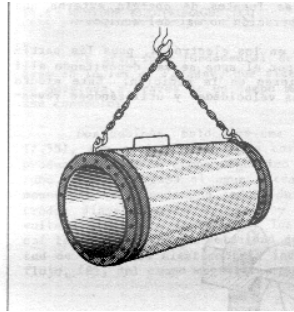
- A.- Abrir el empaque de envío, siguiendo cualquier instrucción marcada en la caja. Remover cualquier material de amortiguamiento, levantar el medidor. Conservar los empaques para caso de reenvío o almacenaje.
- B.- Haga una inspección visual del medidor, detectando daños físicos como abolladuras, rasguños; o partes sueltas o rotas.

**Nota:** si observa algún daño, solicite la presencia del transportista en un plazo no mayor a 48 horas de que fue entregado, y llene el correspondiente formato de reclamación, en presencia de él.

### 3.4 RECOMENDACIONES PARA TRANSPORTE O ALMACENAJE

**Transporte.-** El proveedor debe encargarse del envío al destino final, y debe aportar los seguros, protecciones y empaques apropiados. Tratándose de cambios de sitio o reubicación del medidor debe realizarse el desmontaje, preparación

y transporte conforme a las indicaciones escritas en los manuales del fabricante.



**Almacenaje.-** Si el medidor no se instalará de inmediato, almacénalo en el mismo contenedor de envío *(toda vez que se haya revisado que se recibió en buen estado físico y se hayan realizado algunas pruebas de funcionamiento)*, en un sitio seco y sombreado, a una temperatura que no sobrepase los:

3.

#### PROVEEDOR

Los fabricantes del equipo normalmente deben garantizar un periodo óptimo de funcionamiento *(uno o dos años)*, con precisiones dentro de los rangos

estipulados en sus folletos y manuales descriptivos.

Similarmente deben garantizar resistencia al clima, intemperismo, corrosión interna o externa, etc. Siempre y cuando el usuario respete las condiciones de instalación y aplicación establecidas.

Una de las mejores garantías será que el producto y los servicios del proveedor cumplan con las normas nacionales o internacionales que existan para medidores electromagnéticos, o equipos electrónicos de medición, local o remota. En la sección 9.2 se verá algo sobre normas y estándares.

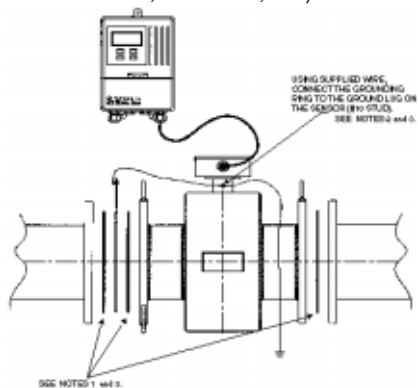
Por otra parte cada fabricante debe entregar por escrito las **especificaciones** físicas y de operación **particulares** de su equipo, y debe garantizar que se cumple con ellas

## 4.ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE INSTALACIÓN

### 4.1 RECOMENDACIONES PARA INSTALAR UN MEDIDOR PERMANENTE

Aparte de que deben seguirse cuidadosamente todas las indicaciones del proveedor para instalar un medidor electromagnético, al terminar la instalación debe usted elaborar un reporte, escrito con claridad, que incluya croquis de ubicación y foto del aparato.

Lo anterior servirá para integrar el indispensable expediente o ficha de registro, simultáneamente a crear el registro en el inventario de equipo de la industria o del propietario del medidor (*para su correspondiente programación de lecturas, mantenimientos, calibración, etc.*).

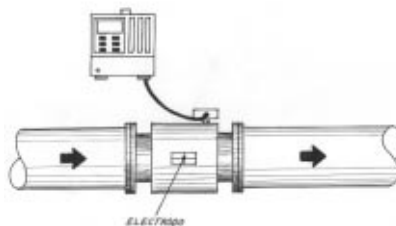


Las instrucciones de **instalación** de un medidor pueden tener algunas diferencias según el modelo, tamaño y marca del medidor; sin embargo a manera de ejemplo

se presenta la siguiente lista de recomendaciones usuales:

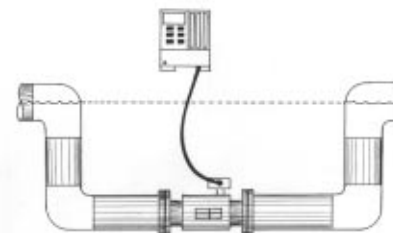
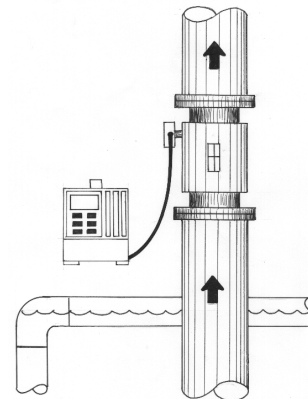
- A. Posicionamiento del sensor:** Los fabricantes generalmente entregan medidores ya calibrados para el tipo de sensor suministrado.

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



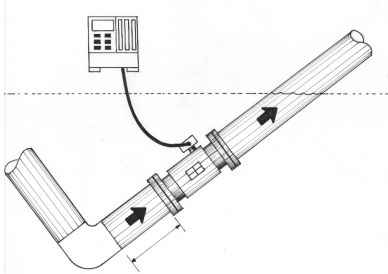
Es necesario asegurarse que el sensor siempre quede totalmente cubierto con el líquido.

En tramos verticales de tuberías, el flujo debe ser ascendente. Para aplicaciones donde habrá que medir fluidos muy espesos o mezclas de líquidos y sólidos (e.g. *aguas residuales*), la posición vertical asegura una óptima distribución de los sólidos en las condiciones de escurrimiento.





Para lograr precisiones apropiadas, cualquier codo de 90 o 45 grados, estrechamientos, válvulas parcialmente abiertas, etc. Deben ubicarse a no menos de 10 diámetros aguas arriba, y a dos diámetros aguas abajo.



El sentido del flujo debe corresponder con el indicado por la flecha del sensor

**B. Sensor y ruido eléctrico:** Para que al medir no ocurra interferencia por ruido eléctrico, el cuerpo sensor debe tener un contacto eléctrico con el fluido transportado. Esto generalmente se logra con un anillo aterrizado.

**C. Conductividad del fluido:** Para eliminar rápidos cambios en la conductividad del fluido, cualquier adición o inyección de químicos o sustancias al fluido deben estar bastante alejadas del medidor para lograr antes su cabal mezcla.

**D. Instalación de la línea sensora.** La tubería contigua debe estar perfectamente soportada, y debe haber buen drenaje alrededor del sensor, para evitar anegamiento del convertidor o de los cables. El sitio debe elegirse

cuidadosamente, con espacio suficiente para leer la pantalla, y estar libre de interferencias eléctricas por equipos cercanos, o cables, radio emisores, etc. El convertidor de señales no debe estar sometido a luz solar intensa, goteos de fluidos, derrames o vibraciones. Igualmente la unidad debe estar protegida del calor.

**E. Montaje remoto del convertidor de señales.** El receptor remoto puede estar en cualquier sitio deseado, con tal que exista acceso libre para poder leer la pantalla. La unidad puede ir montada en la pared, o dentro de un panel adosado a la mampostería, o unido mediante tornillos, tuercas y taquetes en los hoyos que para el caso se proveen. La distancia máxima desde el sensor es de unos 90 metros.

**F. Anillo de tierra y empaques.** Deben emplearse para asegurar un sello hermético en las bridas y para que el fluido se aterrice adecuadamente al sensor.

**G. Conexiones convertidor/transmisor.** Las conexiones al sensor deben hacerse precisamente con el cable suministrado por el proveedor. Igualmente si hay que hacer uniones entre cables, deben emplearse los juegos de partes aprobados por el fabricante. Se deben seguir también, al pie de la letra, las indicaciones de corriente y voltaje. Un cuidado importante será sellar las entradas del conducto hacia la caja, para prevenir que entre humedad a la terminal.

## 4.2. PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIÓN

La instalación comprende varios aspectos y etapas, que van desde el acoplamiento y alineación del tramo del medidor con el resto de la tubería, el junteo o sellado de

bridas, las conexiones a tierra, los cableados eléctricos y conexiones al transmisor o a la pantalla de monitoreo. Puede haber también programación de instrucciones al equipo, por ejemplo para establecer las unidades de medida para reportar las lecturas o las frecuencias de envío de señales.

El equipo debe levantarse usando las bridas u orejas para izar provista en equipos nuevos. Nunca hay que introducir cables o vigas dentro del tubo para izarlo, ya que dañarían el recubrimiento interior. Nunca soportar el equipo en su caja de control.



## 4.3 SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El suministro de energía al convertidor debe ser monofásico, calibrado a no mas de 240 volts. La entrada debe equiparse con algún interruptor para desconexión y tener un

fusible apropiado al tipo de cable empleado, pero sin exceder los 35 amps.

Debe mantenerse la clasificación de recubrimiento NEMA (*National Electrical Manufacturers Association*).

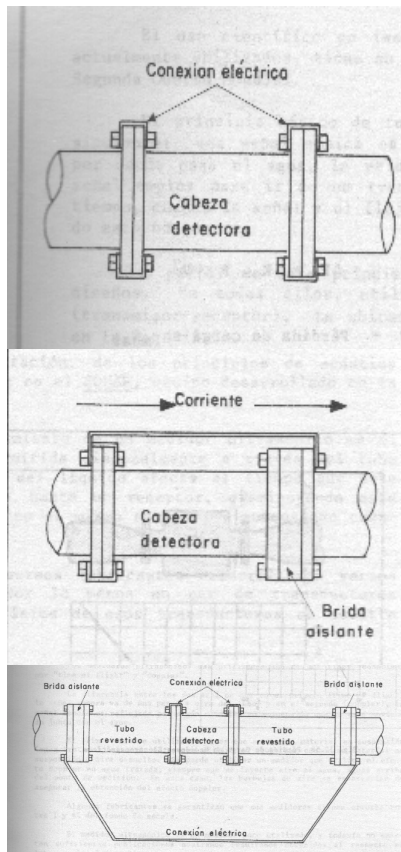
Deberá sellarse la entrada del conducto para evitar la entrada de humedad a la caja terminal.

#### POWER SUPPLY\*: (SUMINISTRO de ENERGÍA\*.)

Voltage Type (tipo de voltaje)	Voltage Range (V) Absolute Rating	Frequency (frecuencia)	VA with Sensor
a.c.	85 to 266	46 to 440	<20
d.c.	11 to 40	—	<20

\*Power supply fully isolated (\* suministro energético totalmente aislado)

Si existe probabilidad de daños mecánicos al cable, únicamente deberá emplearse cable o conducto blindado. Deberán siempre respetarse las especificaciones nacionales y locales relativas a cableados.

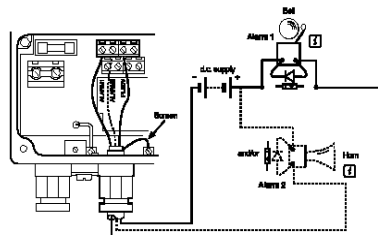


Precauciones contra interferencia eléctrica en los medidores electromagnéticos

## 4.4 INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS, DE SEGURIDAD Y TRANSMISIÓN DE SEÑALES

Los aforadores electromagnéticos pueden tener muy diversas funciones y utilerías, extras a la propia de medir caudales y totalizar volúmenes. Por ejemplo envío de alarmas (*sonido, alarma, mensaje vía correo electrónico, etc.*), encendido de aparatos de control, almacenaje de datos, etc. Ya antes se comentó que cada fabricante trata de ganar mercado agregando nuevas artillugios, ya sea de manera integral, o como accesorios o adiciones.

**i** Information: Bell and Horn shown for example only. Use any suitable alarm device, e.g. lamp, siren, buzzer etc.



Dependiendo de que se quiere y del tipo de aparato adquirido las conexiones requeridas serán diversas. Lo mejor será leer el manual y diagramas específicos del medidor, aquí solo se muestra un ejemplo de diagrama.



## AUTOEVALUACIÓN No. 1

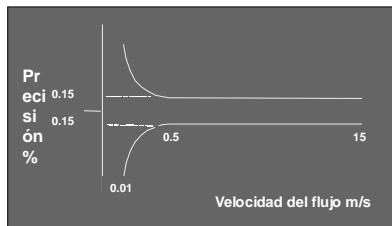


- A) ¿ los medidores electromagnéticos tienen partes móviles en contacto con el agua ?  
1) *si*                      2) *no*                      3) *a veces*
- B) ¿ como se genera el magnetismo en estos medidores ?  
1) *imanes*                      2) *reacciones químicas*                      3) *corriente circulando en cables*
- C) ¿ a mayor velocidad del agua el gasto es:?  
1) *mayor*                      2) *menor*                      3) *no influye*
- D) ¿ los medidores electromagnéticos siempre deben estar fijos ?  
1) *si*                      2) *no*                      3) *según el modelo*
- E) ¿ El monitor o pantalla del medidor siempre va encima del tubo de agua?  
1) *siempre*                      2) *nunca*                      3) *según modelo y deseo del usuario*
- F) ¿ Quien debe responsabilizarse y encargarse de la correcta instalación de un medidor ?  
1) *el fabricante*                      2) *el usuario*                      3) *la CNA*
- G) ¿ Que papel tiene la CNA en la selección e instalación del medidor ?  
1) *ejecutor*                      2) *aprobación o rechazo*                      3) *asesor y supervisor*

## 5. PRUEBAS DE PRECISIÓN Y CALIBRACIÓN

### 5.1 REPORTE DEL ESTADO FÍSICO O DE INSTALACIÓN DEL MEDIDOR

El medidor electromagnético está expuesto a tener fallas o sufrir daños, ya sea por inestabilidad en la corriente, influencias magnéticas externas, descargas eléctricas, golpes, acción de químicos o efectos del clima y la intemperie, o por simple envejecimiento o descompostura de algún componente.



Pueden ocurrir variaciones en los caudales y caer dentro de rangos donde el medidor pierde precisión (ver gráfica, donde se indica que alcanza precisiones de  $\pm 0.15\%$  cuando la velocidad del agua es  $0.00075 \text{ m/s}$  o mayor).

Similarmente pudo haber sido mal instalado, sin respetar las especificaciones del fabricante. Incluso puede ser que simplemente la carátula o la caja receptora de señales, esté instalada en algún sitio o

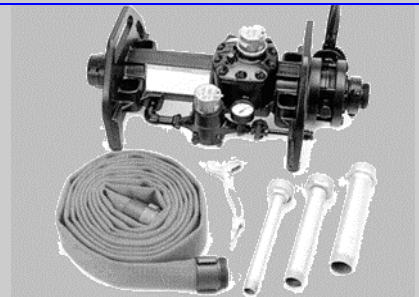
posición donde resulta incómoda la lectura; o que por algún motivo conviene cambiarla de lugar. Otras situación posible es que el medidor haya sido alterado en su programación intencionalmente (*trucado, amañado*), para que registre menos o más de lo real. Estos casos se pueden sospechar al comparar contra consumos históricos y se nota algún cambio brusco del comportamiento (ver sección 6.4 de este manual).

Independientemente de los reportes escritos que llene y entregue el lectorista, es importante que rutinariamente todo medidor tenga alguna calibración contra un patrón, en laboratorio, o mediante pruebas de campo, cada año, o al menos cada dos años. Es decir, el propietario debe tener la precaución de registrar y calendarizar esa tarea, para ese elemento particular, dentro del programa de mantenimiento preventivo general de la empresa.

### 5.2 COMPROBACIÓN O COMPARACIÓN CON ALGÚN EQUIPO AUXILIAR

La mejor manera para comprobar si un medidor electromagnético está bien calibrado e instalado, es haciendo alguna comparación en campo de lo que registra ese medidor contra lo que indique otro medidor del cual se tiene la certeza de que marca acertadamente. Existen algunos medidores portátiles que pueden usarse para el caso.

Por ejemplo el probador portátil ejemplificado en la figura permite comprobar macromedidores sin remover el medidor de la línea.



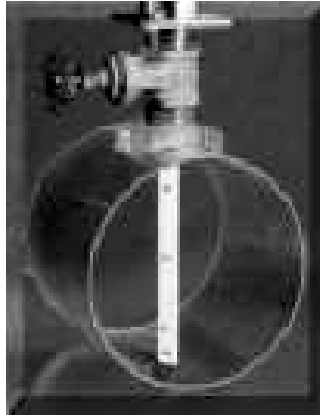
Es compacto, sencillo de manejar, pesa 40 kilos y viene con todos los accesorios necesarios para probar en campo virtualmente todos los medidores de 40 mm (1 1/2") y mayores, hasta 400 mm (16") de diámetro.

El ensamble del probador incluye un medidor de 16 mm para flujo bajo y un turbomedidor para flujos altos. Ambos medidores pueden equiparse con registro electrónico. La pantalla muestra un rango de flujo bajo hasta de 3.8 lts./min. Los flujos bajos son fácilmente controlados por dos válvulas. Incluye un sensor para medir la presión de la línea. Mangueras de incendio, adaptadores y accesorios.

Para juzgar o comprobar la confiabilidad de los registros del contador electromagnético, pueden emplearse métodos o equipos como los de:

- cubicación **volumétrica** directa  
(comprobar variación del volumen almacenado en un tanque o cisterna, de geometría conocida, observando los cambios de niveles del agua en el tiempo).
- aforador **ultrasónico**.
- **pitometría** (midiendo presión diferenciales del agua).
- modelos **electromagnéticos portátiles**, como por ejemplo el "Multi-mag", el "Aqua-Probe", o el "Aquaprobe med de MagMaster".
- modelos de **caudalímetros portátiles** que emplean otros principios de funcionamiento. Por ejemplo "Quadrina Probeflo" (turbina insertable), o el "Quadrina Paddle-meter" (turbina insertable para agua no limpia).

Los dos primeros tipos no requieren hacer ninguna instalación especial en la tubería, mientras que los mencionados al último, requieren de tener alguna perforación y preparación apropiada en la tubería, para poder insertar temporalmente, durante las pruebas, los equipos auxiliares de medición.



Aunque existen diversos equipos para comprobar la confiabilidad del medidor electromagnético, siempre será mejor la calibración en un banco de pruebas certificado en laboratorio

La mejor forma de todas, pero quizá la más costosa y laboriosa, es la **comprobación en laboratorio**, mediante algún banco de pruebas. Los fabricantes de medidores obviamente deben poseer tales instalaciones y ahí calibran cualquier aparato nuevo (ver ejemplo de gráficas de pruebas de precisión en sección 7.5), o bien existen algunas unidades de servicio para pruebas, como por ejemplo en el IMTA.

### 5.3 FALLAS FRECUENTES O POSIBLES, Y QUE HACER

En la sección anterior se mencionaron varias de las causas de falla o de posible imprecisión; así como las razones por las que puede convenir hacer alguna mejora en la instalación o programación de un medidor electromagnético.

Puesto que los medidores electromecánicos suelen ser equipos caros y requieren mano de obra especializada, **no es recomendable que el lectorista trate de hacer algún ajuste** por si mismo, a menos que cumpla todos los siguientes requisitos:

- a) tenga los conocimientos y habilidades apropiados.
- b) porte consigo todo el instrumental, manuales y diagramas necesarios.

## 6. REGISTRO E INTERPRETACIÓN DE LECTURAS Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

### 6.1 LECTURA DIRECTA DEL INDICADOR O DE LA PANTALLA

En muchos equipos los datos se despliegan en una pantalla o carátula de cristal líquido, con dos líneas. Está iluminado y cada línea consta de 16 dígitos. La línea superior despliega el totalizador, mientras que la inferior muestra el flujo instantáneo. En cada línea las unidades de medida aparecen a la izquierda, mientras que los datos de consumo total y flujo aparecen a la derecha como cifras de 8 dígitos. Justamente enfrente del número totalizador aparece el símbolo ">" o "<". El símbolo > señala que el caudal va en dirección hacia adelante y muestra el acumulado en tal dirección. Puede desplegarse el total en flujo contrario (*reversa*), al oprimir la tecla > y seguirá el total <R en la línea inferior. En caso de que exista flujo inverso en el medidor en ese momento, entonces se mostrará el signo < frente al dato acumulado (*totalizado*), y se mostrará el volumen acumulado en tal dirección. Al oprimir la tecla > se mostrará el flujo hacia adelante, acompañado de >F **total** en la línea del fondo.



En algunos equipos los datos se despliegan en pantalla

### 6.2 FRECUENCIA Y PERIODICIDAD DE LECTURAS

La cantidad de lecturas a efectuar durante el año a un mismo medidor, depende de circunstancias y preferencias propias de la organización y mecanismos de facturación. Sus políticas a ese respecto pueden evolucionar dependiendo del personal disponible y de los equipos de apoyo aprovechables (*computadoras, radios, vehículos*). Sin embargo es importante que las lecturas se tomen con la mayor frecuencia posible, a fin de ir calibrando y mejorando la estadística. La veracidad de las lecturas se debe corroborar directamente en campo como mínimo cada 4 meses.

Es recomendable que la frecuencia de lecturas sea cuando menos una cada mes. Adicionalmente pueden implantarse mecanismos, por ejemplo mediante telemetría, o con apoyo de almacenaje electrónico (*data-loggers, ver sección 6.6*), que facilitan y economizan el acortar tales periodos.

### 6.3 EXTRACCIÓN DE LECTURAS DE ALMACENAJES ELECTRÓNICOS

Los medidores electrónicos pueden tener, incorporados de fábrica o como accesorio adicionado posteriormente, algún mecanismo de almacenaje digital que permita registrar (*grabar*) por varias semanas, o incluso meses, múltiples eventos de variaciones de flujos, fechas, horas, etc. En inglés tales equipos suelen llamarse *data-loggers*.



Una labor esencial de quien visita y toma lecturas a un medidor electromagnético con tales aditamentos será saber desmontar el registrador ya cargado con datos, y reemplazarlo por otro preparado para recibir nuevos datos, para otro periodo



De manera equivalente, pueden vaciarse los datos del data-logger directamente, en ese momento, a una computadora portátil

## 6.4 COMPARACIÓN CONTRA HISTORIALES DE MEDICIONES PREVIAS

El lectorista puede dedicarse únicamente a observar y anotar los dígitos que señale la carátula del aparato, hacer inspección visual de los equipos y llenar los reportes e informes correspondientes. Sin embargo puede también comparar los datos contra registros históricos, y con tal sustento determinar si hay o no confiabilidad en los datos recién adquiridos.

Asimismo esa labor puede hacerse o complementarse con mayores detalles posteriormente en oficina, empleando

algunos programas especializados de computadora (*sistemas expertos*) para revisar la congruencia y validar datos.

Además de encontrar errores involuntarios, o desperfectos en los equipos, esto reviste especial importancia para detectar medidores alterados intencionalmente (*amañados*) para que registren consumos inferiores a los reales. Se pueden tener programas que revisen y envíen señales de alerta en caso de detectar algún extraño cambio en el comportamiento de los registros de algún equipo.

## 6.5 DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE CONSUMOS Y ESTADO DEL MEDIDOR

Cuando la estadística de un medidor comienza a ser inestable, puede ser que los electrodos están obstruidos por sedimentos o están en mal estado y requieren reemplazo. La estadística ayuda a detectar eso, y en su caso permite generar la correspondiente orden de servicio, para acudir a inspeccionar con mayor cuidado un medidor, o solicitar se haga un mantenimiento o una calibración del mismo.

La **validación** de datos es también importante y ocurre para todos aquellos casos, en que tras hacerle algunas pruebas de congruencia y de lógica, no queda duda de que son correctos.

## 7. MANTENIMIENTO BÁSICO

### 7.1 REQUISITOS Y CONOCIMIENTOS PARA QUIEN MANTIENE, VERIFICA O AJUSTA

Quien se encargue de hacer trabajos de prueba o ajuste a los medidores electromagnéticos deberá tener una preparación, en habilidades y conocimientos, bastante más amplia que el personal que solo se dedica a hacer lecturas y reportes.

Además de todos los requisitos y características ya expuestos en manual "métodos y sistemas de medición de gasto" (que forma parte de esta misma serie autodidáctica), deberá saber de:

*Plomería*

*Flujo e hidráulica en conductos cerrados*  
*Unidades de medida*

*Programación de equipos electrónicos*  
*Electrónica*

*Electricidad*

*Manejo de banco de pruebas*

*Conocimiento de normas oficiales de medidores*



Por otra parte, antes de hacer cualquier trabajo debe contar con la orden de servicio y la anuencia tanto de la CNA como del propietario del equipo

### 7.2 PROCEDIMIENTOS DE REVISIÓN Y MANTENIMIENTO BÁSICO

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

- *revisar estado general de equipo, cables y pantalla*
- *renovar cables, terminales, cambiar o limpiar los electrodos*
- *modificar la programación del equipo, en cuanto a frecuencias, unidades de medida, etc.*
- *reinicializar (resetting) la contabilización de volúmenes acumulados.*
- *descargar datos almacenados en data-logger o reemplazo de equipos de registro (ver 6.3).*

Para efectuar estas u otras acciones deberán seguirse estrictamente las especificaciones de materiales y piezas de

repuesto, y las instrucciones establecidas en los manuales de detalle de cada equipo, aportados por su fabricante. Aquí a manera de ejemplo únicamente se transcribe parte del procedimiento de **inicio** y **operación** de un equipo particular

Antes de conectar la corriente al medidor, considere lo siguiente:

- ¿está el medidor instalado conforme a la dirección de flujo marcada en el aparato?
- ¿se hizo el cableado correctamente y se atendieron todos los procedimientos de seguridad?
- ¿es correcto el voltaje del suministro?
- ¿se puso a tierra apropiadamente el medidor?
- pueden estar presentes voltajes de energía letales; no aplicar corriente si se ha removido la cubierta del modulo electrónico, o la cubierta de la caja terminal.

Este medidor electromagnético **no es apropiado para instalarse en áreas donde existan condiciones explosivas o inflamables.**

Para poner en operación el medidor, permita que el sistema se llene de líquido. Purgue todo el aire del sistema y encienda la energía. Deje un tiempo para que se estabilice el sistema. Si no hay flujo, revise que el indicador de flujo sea cero, que la lectura de la salida analógica sea 4 mA, y que no exista pulso de salida.

La detección de **tubería vacía** es estándar para el convertidor de señal del microprocesador. Cuando el convertidor detecta una alta impedancia en el circuito de electrodos, típicamente causada por una tubería seca o parcialmente llena, se envía una interrupción al microprocesador, que a su vez regresa una lectura de flujo cero.

El flujo invertido en el equipo resultará en una lectura nula (*si está programado como flujo no bidireccional*) y se indica con el símbolo "<" precediendo a la lectura de volumen acumulado.

### 7.3 BITÁCORA DE MANTENIMIENTOS O AJUSTES

Es necesario que cualquier calibración, prueba, reinicialización, cambio de partes, cambios de cables, limpieza de electrodos, modificación de posición, ajuste a la programación, etc. del medidor quede perfectamente consignada en una bitácora. Copia de ella deberá estar en poder de la CNA y otra del propietario.

Cada anotación deberá tener, además del detalle de **que** se hizo y **porque**, y del estado final, el detalle de la **fecha** de realización, **quien** hizo el trabajo y quien autorizó o revisó. De ser posible hay que incluir fotografías digitales o diagramas del **estado** "antes" y "después". Será conveniente tener todo ello capturado en una base de datos, y disponer de un software que permita su fácil manejo y consulta, especialmente para cuando se programen mantenimientos o se hagan revisiones al estado general de todo el

inventario de medidores.

### 7.4 CUIDADOS Y PROCEDIMIENTOS PARA UN MEDIDOR NO PERMANENTE

Existen equipos electromagnéticos portátiles, que pueden dañarse o descalibrarse por su manejo. Por ello hay que trasladarlos siempre con todo cuidado, en la maleta especial aportada por el fabricante, y cuidar que las instalaciones donde se colocarán estén perfectamente realizadas, en sitios que no ofrezcan riesgos de daños físicos ni de alteraciones a los registros.

Hay que tener precaución de no golpear el equipo al instalarlo o desmontarlo, y cuidar hacerle mantenimiento y limpieza de partes, así como calibraciones y verificaciones periódicamente en laboratorio, particularmente después de haber estado instalado por algún tiempo en campo. Los manuales particulares del equipo contienen indicaciones más amplias y detalladas.

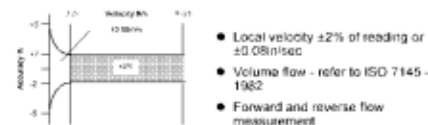
### 7.5 MANERAS DE VERIFICAR Y REPORTAR LA PRECISIÓN

En la sección 5.2 se habló ya de varias formas de comprobar si un medidor marca bien o no. El presente apartado únicamente comenta cómo hacer el reporte o la interpretación gráfica de los valores obtenidos de tales pruebas; así como el diagnóstico correspondiente (*medidor en buen o en mal estado; o no recomendable para cierta aplicación en campo*).

Las comprobaciones de precisión pueden hacerse en campo, mediante diversos procedimientos o equipos auxiliares; sin embargo las mejores y más confiables comprobaciones son las realizadas en un laboratorio certificado, obviamente equipado con un buen banco de pruebas de flujo.

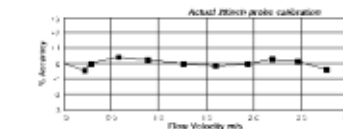
Lo que se busca principalmente es detectar las situaciones de velocidad del agua, calidad del fluido, presión interna del agua, temperatura, etc. que afectan el desempeño y la precisión del equipo, para saber si en campo se cumplen condiciones que garanticen una medición con errores tolerables, inferiores a los indicados por las normas aprobadas (ver sección 9.2)

**AquaProbe™** – Good Accuracy Over Wide Flow Range



**AquaProbe™** – Accurate measurement of peak day flow and minimal night flows

- All AquaProbes™ are wet calibrated and a calibration certificate issued as standard
- Nationally accredited ngs



**ABB Instrumentation** – The only company with nationally accredited ngs in the UK, USA and Australia

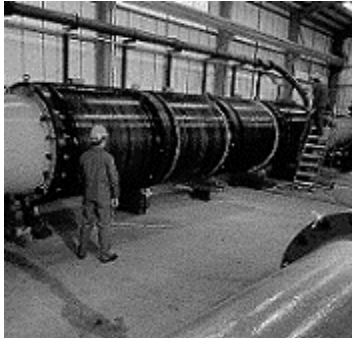
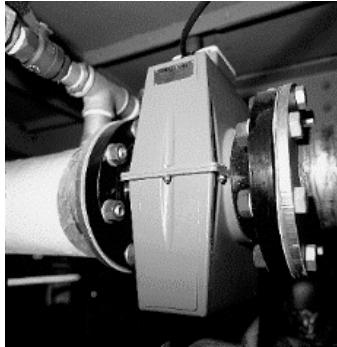
Las gráficas ilustran dos maneras de representar los resultados de tales pruebas.



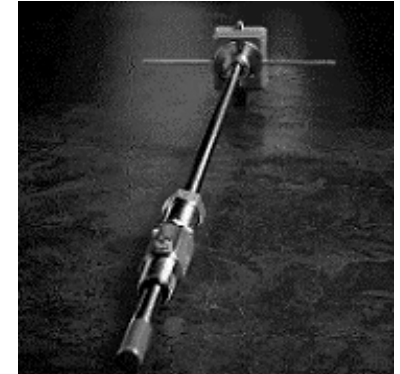
## 8. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

### 8.1 VENTAJAS

- No posee partes móviles en contacto con el agua
- Una pequeña longitud de tramo recto aguas arriba, normalmente un mínimo de 5 diámetros, es solicitado por el fabricante.
- Pérdida de carga ínfima.
- La señal de salida es lineal con el caudal, por lo que se simplifican los circuitos que generan las señales, en comparación con los de presión diferencial.
- Rango bastante amplio y variable, pudiendo regularse de 0-0.5 a 0-13 m/s
- Error de  $\pm 0.5\%$  entre 100 y 50% del rango de medición del equipo (*para velocidades iguales o mayores a 1 m/s*), y error que aumenta progresivamente entre 50 y 10% hasta alcanzar  $\pm 1\%$  a 10% de la escala.
- Aplicaciones en agua limpia y en aguas residuales.
- Puede tener diferentes tipos de recubrimiento en su interior, para resistir diferentes tipos de abrasión o corrosión. Adecuado a diferentes tipos de industrias
- Apropiado para grandes diámetros y también para diámetros pequeños.
- Salidas de datos en diferentes formatos (*analógico, pulsos o digital*), y fácil transmisión y procesamiento de sus señales por medios electrónicos.



Los medidores electromagnéticos tienen ventajas y desventajas como se ha descrito



### 8.2 DESVENTAJAS RESPECTO A OTROS TIPOS DE MEDIDORES

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

## 9. LISTADO DE PRINCIPALES PROVEEDORES

### 9.1 LISTAS DE FABRICANTES, PROVEEDORES, O SITIOS CON MAYOR INFORMACIÓN

En la actualidad, la mejor manera de contactar proveedores y conocer detalles de sus productos es el Internet. Dado que los medidores electromagnéticos son productos de alta tecnología y su mercado está en continua evolución, es preferible recurrir a este medio para estar al día sobre productos existentes y sus características.

Existen diversos servicios especializados de directorios o "secciones amarillas", para productos relacionados a medición o agua, y quien esté encargado de adquirir medidores, deberá estar pendiente de todo lo que ofrecen tales sitios, generalmente de manera gratuita ("newsletters", ofertas, catálogos, artículos y publicaciones, etc.).

A continuación se muestran algunas direcciones internet, relacionadas a medidores electromagnéticos que pueden ser de interesante visitar y revisar:



McCROMETER

SENSUS



Marsh-McBirney, Inc.  
Flowmeters...For Engineering the Future



Baijia, Inc.



THE QUADRINA  
precision insertion  
flowmeter



MASTER  
METER



Compañía o proveedor	Dirección internet
Catálogos de diferentes marcas de productos y ayudas diversas.	<a href="http://www.controlswhe.com/index.html">http://www.controlswhe.com/index.html</a>
Hojas de especificaciones técnicas de medidores	<a href="http://www.controlswhe.com/specindex.htm">http://www.controlswhe.com/specindex.htm</a>
Water Online catálogo de diversos productos y servicios relacionados al agua. (ejemplo para medidores)	<a href="http://www.wateronline.com/BuyersGuide/Browse.asp?CID=10&amp;PID=0&amp;CName=Water+Meters%2C+AMR%2C+and+Flow+Meters">http://www.wateronline.com/BuyersGuide/Browse.asp?CID=10&amp;PID=0&amp;CName=Water+Meters%2C+AMR%2C+and+Flow+Meters</a>
Water Online catálogo de proveedores que ofrecen medidores magnéticos. <b>147 compañías.</b>	<a href="http://www.wateronline.com/BuyersGuide/Companies.asp?CID=1072&amp;CName=Magnetic&amp;NR=147">http://www.wateronline.com/BuyersGuide/Companies.asp?CID=1072&amp;CName=Magnetic&amp;NR=147</a>
McCrometer	<a href="http://www.mccrometer.com/">http://www.mccrometer.com/</a>
McCrometer (catálogos en línea, formatos PDF) por ejemplo: 24540-24 - Model XM (Metric Units) with integrally mounted signal converter Installation, Operation & Maintenance Manuals Mx ultra McCrometer installation, wiring and programming instructions	<a href="http://www.mccrometer.com/library/9811/">http://www.mccrometer.com/library/9811/</a> <a href="http://www.mccrometer.com/library/pdf/24540-24.pdf">http://www.mccrometer.com/library/pdf/24540-24.pdf</a> <a href="http://www.mccrometer.com/library/pdf/24508-54.pdf">http://www.mccrometer.com/library/pdf/24508-54.pdf</a> <a href="http://www.mccrometer.com/library/pdf/24508-54.pdf">http://www.mccrometer.com/library/pdf/24508-54.pdf</a>
Ultra Mag™ Electromagnetic Meter	<a href="http://www.waterspecialties.com/ultramag.html">http://www.waterspecialties.com/ultramag.html</a>

ABB Kent meters	<a href="http://www.abbwatermeters.com/">http://www.abbwatermeters.com/</a>
ABB Automation Aqua Probe Mag Meter - aquaprob.pdf	<a href="http://www.controlswhe.com/sheet/s/abbauto/aquaprob.pdf">http://www.controlswhe.com/sheet/s/abbauto/aquaprob.pdf</a>
Meter-Master Model 100EL flow recorder	<a href="http://www.meter-master.com/m100e.html">http://www.meter-master.com/m100e.html</a>
Badger Meter ... Magnetoflow™ Meter	<a href="http://www.badgermeter.com/magnetoflow.html">http://www.badgermeter.com/magnetoflow.html</a>
Flowline Mfg Ltd Borehamwood, Herts, UK Tel: +44 (0)181 207 6565 Fax: +44 (0)181 207 3082 Email: <a href="mailto:sales@flowline.co.uk">sales@flowline.co.uk</a>	<a href="http://www.flowline.co.uk">http://www.flowline.co.uk</a>
American Sigma New York , United States Tel: + 44 (0) 1256 322248 Fax: + 44 (0) 1256 330724 Dominic Attardi (British Sales Manager) Email:dattardi@americansigma.com Eback: <a href="mailto:ew046@global-utilities.com">ew046@global-utilities.com</a>	<a href="http://www.americansigma.com">http://www.americansigma.com</a>
ISCO. Inc.	<a href="http://www.isco.com/">http://www.isco.com/</a>
Multi-Mag Insertable Electromagnetic Averaging Flowmet	<a href="http://www.marsh-mcbrney.com/model%20284.html">http://www.marsh-mcbrney.com/model%20284.html</a>
Sappel , le comptage des liquides	<a href="http://www.sappel.com/">http://www.sappel.com/</a>
Medidores Lautaro S.A.I.C.	<a href="http://www.medidores-lautaro.cl/product.htm">http://www.medidores-lautaro.cl/product.htm</a>

Medidores Meineke. La gama de productos	<a href="http://www.meinecke.de/englisch/news.htm">http://www.meinecke.de/englisch/news.htm</a> <a href="http://www.meinecke.de/spanisch/E_400.html">http://www.meinecke.de/spanisch/E_400.html</a>
Contadores y equipos Regaber, España	<a href="http://www.regaberr.com/esp/prod/prod-03.html#5">http://www.regaberr.com/esp/prod/prod-03.html#5</a>
Laboratorio de Medidores de Agua (Anexo al Laboratorio de Volumen y Densidad), Perú	<a href="http://www.indecopi.gob.pe/org_func/met/metro04.html#Lab04">http://www.indecopi.gob.pe/org_func/met/metro04.html#Lab04</a>

También será conveniente visitar compañías y servicios que ofrecen accesorios o complementos a tales equipos, tales como:

- gabinetes o cajas protectoras,
- data-loggers
- pistolas o varillas lectoras automáticas
- equipos de transmisión y telemetría
- servicios de lectura remota y procesamiento de datos
- software especializado para procesar lecturas

Similarmen te existen muy diversos sitios que ofrecen gratuitamente apoyos para cuestiones de medición, conversiones de unidades de medida, estándares y normas, etc. Por ejemplo:

Glosario de términos sobre medición, está disponible en:

<http://www.controlswhse.com/glossary.htm>

Bibliografía especializada en:

<http://www.fortunecity.com/greenfield/vine/13/hd.htm>

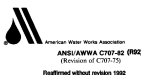
Cálculos hidráulicos y conversiones de unidades, en:

<http://www.lmnoeng.com/>

Normas internacionales ISO  
(International Organization for Standardization)  
<http://www.iso.ch/cate/cat.html>

## 9.2 NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES PARA ESTOS MEDIDORES

Algunas de las principales normas nacionales e internacionales a que están sujetos estos medidores, o sus equipos auxiliares son:



NOM-012-SCFI-1994	Norma Oficial Mexicana sobre "medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos - medidores para agua potable fría" - Especificaciones, de la Dirección General de Normas. (FEP: 1997-10-29 cancela a la NOM-012-SCFI-1993 y NOM-012-SCFI-1004)
NMX-CH-001/2-1993-SCFI	Medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos - medidores para agua no potable fría - parte 2: requisitos de instalación. (FEP: 1993-12-31, Cancela a la NMX-CH-001/2-1993).
NMX-CH-001/3-1993-SCFI	Medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos - medidores para agua potable fría - parte 3: equipo y método de prueba. FEP: 1993-12-31

NMX-CH-001/4-1993-SCFI	Medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos - medidores para agua potable fría - parte 4: pruebas de influencia del campo magnético.
ISO 9104:1991	Measurement of fluid flow in closed conduits -- Methods of evaluating the performance of <b>electromagnetic</b> flowmeters for liquids
ISO 6817:1992	Measurement of conductive liquid flow in closed conduits -- Method using <b>electromagnetic</b> flowmeters
ISO 4064-1:1993	Measurement of water flow in closed conduits -- Meters for cold potable water -- Part 1: Specifications
ISO 4064-2:1978	Measurement of water flow in closed conduits -- Meters for cold potable water -- Part 2: Installation requirements
ISO 4064-3:1999	Measurement of water flow in closed conduits -- Meters for cold potable water -- Part 3: Test methods and equipment
ISO 3354:1988	Measurement of clean water flow in closed conduits -- Velocity-area method using current-meters in full conduits and under regular flow conditions
ISO/TR 11974:1997	Measurement of liquid flow in open channels -- Electromagnetic current meters

Cada proveedor de equipo debe indicar

claramente en sus manuales y material publicitario cuales son las normas nacionales o internacionales con las que cumple el producto que ofrece.

Cada fabricante puede tener sus particulares especificaciones físicas y de operación para su equipo. Deberá indicar por escrito cuales son, y garantizar que las cumple.

En el futuro en México, posiblemente cada vez tendrá mayor auge que los ayuntamientos municipales, las CEAS estatales, o las comisiones de cuenca, tengan sus propias especificaciones, que deberán respetarse, dependiendo del sitio de ubicación del equipo de aforo, y de las dependencias que tengan injerencia.

Algunas siglas empleadas en esta sección fueron:

AWWA .- *American Water Works Association*  
ANSI .- *American National Standards Institute*  
ISO .- *International Organization for Standardization*  
CNA .- *Comisión Nacional del Agua*  
NEMA .- *National Electrical Manufacturers Association*  
NOM .- *Norma Oficial Mexicana*  
SECOFI.- *Secretaría de Industria y Comercio*  
CEAS .- *Comisión Estatal de Agua y Saneamiento*

### 9.3 Cuidados al elaborar especificaciones y requisiciones para la adquisición

Es conveniente que para adquirir un equipo de aforo electromagnético se consulte a expertos y se tenga asesoría de al menos 3 o 4 casas proveedoras, para conocer a detalle las ventajas, desventajas y características de cada equipo, e incluso tener demostraciones antes de tomar alguna decisión, la cual deberá ser imparcial, y conociendo los detalles y ventajas y desventajas de cada equipo y las condiciones del sitio o sitios donde se aplicarán.

Es conveniente que las instituciones que rutinariamente adquieren o evalúan medidores, tengan personal especializado en tales adquisiciones y sepan elaborar de manera completa y diferenciada, cualquier especificación o requisición de esos equipos.

## RESPUESTAS A LA AUTOEVALUACIÓN No. 1.

- A) ¿ los medidores electromagnéticos tienen partes móviles en contacto con el agua ?  
2) *no*
- B) ¿ como se genera el magnetismo en estos medidores ?  
3) *corriente circulando en cables*
- C) ¿ a mayor velocidad del agua el gasto es:?  
1) *mayor*
- D) ¿ los medidores electromagnéticos siempre deben estar fijos ?  
3) *según el modelo*
- E) ¿ El monitor o pantalla del medidor siempre va encima del tubo de agua?  
3) *según modelo y deseo del usuario*
- F) ¿ Quien debe responsabilizarse y encargarse de la correcta instalación de un medidor ?  
2) *el usuario*
- G) ¿ Que papel tiene la CNA en la selección e instalación del medidor ?  
3) *asesor y supervisor*

ESTA ES LA  
CONTRAPORTADA  
INTERNA Y AQUÍ SE  
ALOJARÁ EL DISCO  
COMPACTO CON SU  
FUNDA

LA SIGUIENTE PÁGINA ES  
LA CONTRAPORTADA  
EXTERIOR



**SERIE AUTODIDÁCTICA DE MEDICIÓN DEL AGUA**  
**Subdirección General de Administración del Agua, CNA**  
**Coordinación de Tecnología Hidráulica, IMTA**  
**SERIE AZUL**

Número de ISBN	Título	Autor
968-7417-64-1	Métodos y Sistemas de Medición de Gasto	Ochoa, A. L.
968-7417-65-X	Medidor Ultrasónico Tiempo en Tránsito	Bourguett, O. V.
968-7417-66-8	Medidor Ultrasónico de Efecto Doppler para Tuberías	Patiño, G. C.
968-7417-67-6	Medidor Ultrasónico de efecto Doppler para Canales	Pedroza, G. E.
968-7417-68-4	Medidor Electromagnético	Buenfil, R. M.
968-7417-69-2	Tubo Pitot	Ruiz, A. A.
968-7417-70-6	Placa Orificio	Rivas, A. I.
968-7417-48-X	Aforador de Garganta Larga	García, V. N. Vargas, D. S.