

DOI: 10.24850/j-tyca-2020-04-08

Notas

**Medidas indicativas y preventivas contra la  
manipulación fraudulenta de medidores de agua**  
**Indicative and preventive measures against tampering  
of water consumption meters**

Stefan Ziemendorff<sup>1</sup>, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9253-4250>

<sup>1</sup>Consultor de la cooperación alemana al desarrollo, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, Eschborn, Alemania, [sziemendorff@gmail.com](mailto:sziemendorff@gmail.com)

Autor para correspondencia: Stefan Ziemendorff,  
[sziemendorff@gmail.com](mailto:sziemendorff@gmail.com)

**Resumen**

La manipulación fraudulenta de medidores de agua potable es un problema de importancia creciente en muchos países, lo cual provoca pérdidas económicas para las entidades prestadoras. En el presente artículo se analizan las formas de manipulación de medidores, señalando sus puntos vulnerables. Luego se procede a analizar y comparar las medidas indicativas y preventivas existentes para proteger los medidores, llegando a la conclusión de que acorde con cada situación

legal, hay medidas que de manera eficaz permiten evitar su manipulación, vandalización y robo. Por último, se recomienda para cada situación legal cuáles son las medidas a tomar.

**Palabras clave:** manipulación de medidores de agua, dispositivos de seguridad de medidores de agua, sellos de seguridad.

### **Abstract**

The tampering of water consumption meters is a problem of increasing importance in many countries, resulting in economic losses for the water utilities. In the present article the great variety of tampering of meters are analyzed, defining the vulnerable points of them. Then it proceeds to analyze and compare the existing indicative and preventive measures to protect the meters, arriving at the conclusion that according to each legal situation there are measures that allow avoiding their tampering, vandalization and theft in an effective way. Finally, it is recommended for each legal situation what these measures are.

**Keywords:** Tampering of water meters, water meter security devices, security seals.

Recibido: 12/07/2018

Aceptado: 02/10/2019

## **Introducción**

Por la creciente escasez del agua potable, muchas entidades prestadoras han tomado medidas para disminuir sus pérdidas de agua, tanto las pérdidas físicas como las llamadas pérdidas aparentes o comerciales. Si bien se avanzó al disminuir las pérdidas físicas, controlando presiones y fugas, reduciendo las pérdidas comerciales e incrementando los índices de la micromedición, existe un componente que parece estar en constante incremento: el hurto del agua. Este ocurre a través de instalaciones ilegales y la manipulación de medidores. Aquí se tratará esta última y las formas para combatirlo.

A pesar de que este tema se trata ampliamente en diarios a lo largo de América Latina, existen datos muy escasos sobre el verdadero tamaño de la problemática. Como ejemplo se puede citar que en la ciudad de Lima, Perú, se registró en el primer cuatrimestre del 2019 casi 8 000 casos de medidores robados, manipulados o vandalizados (García, 2019).

El presente texto se refiere sólo a medidores de velocidad (chorro único y múltiple), que son usados en la mayoría de las localidades de Latinoamérica por su bajo costo. El objetivo del estudio es averiguar cuáles son las formas más efectivas para proteger estos medidores en contra de los diferentes tipos de manipulación. Para ello se procedió de la forma siguiente:

- Primer paso: se entrevistó a operadores de bancos de medidores de entidades prestadoras peruanas (ver agradecimientos) sobre las formas de manipulación que han visto.
- Segundo paso: se clasificaron estas formas de manipulación acorde con los puntos de los medidores que son vulnerados.
- Tercer paso: se analizó cómo las medidas preventivas e indicativas protegen a los medidores en sus puntos vulnerables.

A continuación se presenta los resultados para los tres pasos seguidos.

## Resultados

### **Formas de manipulación de medidores de velocidad y sus puntos vulnerables**

La manipulación de medidores se da de formas diversas, variando los patrones, dependiendo del modelo de medidor instalado, la situación legal y las medidas de seguridad tomadas por los operadores. La forma de clasificar las maneras de manipulación se da en función de su

visibilidad, siendo el primer grupo aquel donde la manipulación es evidente a simple vista; el segundo grupo, el que se puede notar sólo con una revisión cuidadosa del medidor; y el tercero, que no deja una evidencia visible. Algunas formas frecuentes se muestran en la Figura 1.



**Figura 1.** Formas de manipulación: A) luneta vandalizada; B) luneta perforada; C) relojería separada; D) hélices paralizados con alambre; E) dientes de engranajes quitados; F) transmisión magnética frenada con una ficha; G) hélices cortadas; H) paralización con imán.

**Grupo 1 (manipulación física permanente y visible).** Tiene como finalidad lograr que no pueda tomarse la lectura al medidor. Son detectadas en la lectura del medidor. Las formas son:

1. **Autorrobo del medidor:** el usuario sustrae su medidor de forma definitiva, fingiendo que le fue robado. Debido a que en algunos sitios el robo de medidores es realmente masivo es muy difícil distinguir el autorrobo.

2. **Robo de la relojería:** se extrae la relojería dejando el cuerpo. Ocurre con frecuencia si el medidor es anclado en el piso.
3. **Vandalización:** destruir el medidor golpeándolo, afectando su funcionamiento o la toma de la lectura (Figura 1, A).
4. **Rayado o pintado de la luneta:** permite que funcione el medidor, pero evita que pueda ser leído.

**Grupo 2 (manipulación física permanente, sólo visible al revisar el medidor).** Consiste en alterar el medidor para que registre un consumo menor al real, alterando su funcionamiento interno. Es frecuente donde no se hace un seguimiento legal a la manipulación. No saltan a la vista y, en su mayoría, pueden ser constatadas sólo al desinstalar, desarmar y revisar el medidor. Las formas son:

1. **Perforación de la luneta:** se perfora un orificio en la luneta para tener acceso a la relojería, a fin de destruirla o para introducir de manera temporal objetos que paralizan el conteo del consumo (Figura 1, B).
2. **Perforación de la relojería desde el costado:** similar a la forma de manipulación anterior, pero con la diferencia de que se realiza desde los costados con un objeto metálico caliente o con taladros. Es más difícil de detectar al momento de la lectura.
3. **Perforación del cuerpo de la turbina:** modelos de medidores con cuerpos plásticos son perforables con objetos metálicos calientes para llegar a las hélices en puntos no visibles para quien toma la lectura; se pueden paralizar de modo temporal o permanente sin sacar el medidor. Si bien los cuerpos metálicos también podrían ser perforados (con un taladro), es más difícil, pues expone al

manipulador a ser descubierto y es casi imposible que se realice en un punto invisible.

- 4. Alteración interior de las hélices:** consiste en desarmar el medidor para modificar las hélices de la turbina, con el objetivo de que se muevan a una menor velocidad de la prevista (Figura 1, G).
- 5. Alteración del mecanismo de transmisión de la turbina a la relojería:** la transmisión magnética se interrumpe o frena al introducir objetos pequeños, como fichas metálicas o plásticas, entre la hélice y la relojería (Figura 1, F).
- 6. Alteración interior de los engranajes de la relojería:** sacar la relojería del medidor y quitar dientes a los distintos engranajes, causando así que el consumo registrado sea inferior, en función del porcentaje de los dientes quitados (Figura 1, E).
- 7. Paralización de las hélices:** paralizar las hélices, introduciendo alfileres o pegamento desde la entrada o salida del agua (Figura 1, D), desinstalado el medidor previamente.
- 8. Ebullición del medidor:** consiste en desinstalar el medidor y calentarlo, para que sus partes plásticas se deformen o fundan, lo cual altera o paraliza la lectura (Goodwin, Kagawa, & Malebo, 2013).

**Grupo 3 (manipulación temporal no visible, incluso revisando el medidor).** Estas formas de manipulación también tienen la finalidad de que el medidor subregistre; pero no lo modifican físicamente, lo cual imposibilita la detección de la manipulación con su revisión. Las formas son:

- 1. Inversión del medidor:** se voltea el medidor para que en vez de aumentar la lectura, disminuya conforme sigue el consumo.

- 2. Retiro temporal del medidor:** en periodos de alto consumo se extrae el medidor o se reemplaza por un “medidor fantasma”; pasado este periodo, se reinstala el medidor.
- 3. Separación temporal de la relojería:** consiste en retirar sólo la relojería del cuerpo, mas no el medidor completo, y volver a ponerla antes de las fechas de lectura (Figura 1, C).
- 4. Retrocesión de la lectura:** en este caso se usa un flujo de aire a presión con el fin de retroceder el registro. Para ello se retira el medidor, se retrocede el registro y se vuelve a instalar en posición normal.
- 5. Inclinación del medidor:** algunos usuarios inclinan el medidor a un costado para que subregistre, aunque dependiendo del modelo de medidor el efecto de ello es poco, no llegando al 10% de subregistro en la mayoría de los medidores, es decir, aún se registra 90% del consumo (Arregui, Cabrera, Cobacho, & García-Serra, 2005).
- 6. Introducción temporal de alambres:** consiste en que un alambre se introduce desde el predio sin que el manipulador pueda ser visto en el acto. También le permite regular su registro de consumo para que no marque cero y evitar así sospechas. Además, el alambre puede ser retirado en las fechas de lectura.
- 7. Aplicación temporal de imanes:** la transmisión magnética desde la turbina a la relojería se frena con imanes potentes. Se aplican a un costado del medidor, desde donde pueden retirarse rápidamente, lo que dificulta su detección (Figura 1, H).

Con las formas de manipulación antes mencionadas se han identificado los puntos vulnerables de los medidores (Tabla 1).

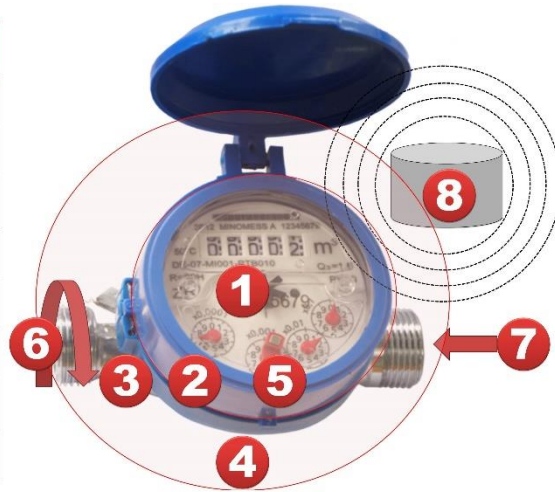


**Tabla 1.** Vulnerabilidades de medidores de velocidad identificados a partir de las distintas formas de manipulación.

Forma de manipulación		Vulnerabilidad	
Grupo 1: manipulación física permanente visible	1	Autorrobo	Retiro del medidor posible
	2	Robo de la relojería	Retiro de relojería posible
	3	Vandalización	Luneta accesible
	4	Rayado/pintado de luneta	
Grupo 2: manipulación física permanente, solo visible al revisar el medidor	1	Perforación de la luneta	Relojería perforable
	2	Perforación de relojería por el costado	
	3	Perforación de cuerpo de la turbina	Cuerpo perforable
	4	Alteración interior de hélices	Retiro de medidor o relojería posible
	5	Alteración transmisión turbina-relojería	
	6	Alteración interior de engranajes	
	7	Paralización de hélices	Retiro del medidor posible
	8	Ebullición del medidor	
Grupo 3: manipulación temporal no visible aun revisando el medidor	1	Inversión	Retiro del medidor posible
	2	Retiro temporal	
	3	Separación temporal de la relojería	Retiro de relojería posible
	4	Retrocesión de la lectura	Retiro del medidor posible
	5	Inclinación	Inclinación del medidor
	6	Introducción temporal de alambres	Turbina accesible por tubo
	7	Aplicación temporal con imanes	Medidor afectado con imán

Las ocho vulnerabilidades identificadas se grafican en la Figura 2.

Nº	Vulnerabilidad
1	Luneta vulnerable
2	Relojería perforable
3	Cuerpo perforable
4	Retiro del medidor posible
5	Retiro de la relojería posible
6	Inclinación del medidor posible
7	Turbina accesible por el tubo
8	Medidor afectable con imán



**Figura 2.** Vulnerabilidades de medidores de velocidad.

## Medidas indicativas

Son aquellas que permiten evidenciar que el medidor ha sido manipulado sin autorización. No evitan o dificultan mucho la manipulación, pero su utilidad radica en los puntos siguientes:

- Dependiendo de la normatividad, la violación de sellos de seguridad puede ser sancionado como infracción o delito.
- Aun si un sello violado no es aceptado como prueba, puede dar lugar a la revisión del medidor o a la aplicación de otras medidas.

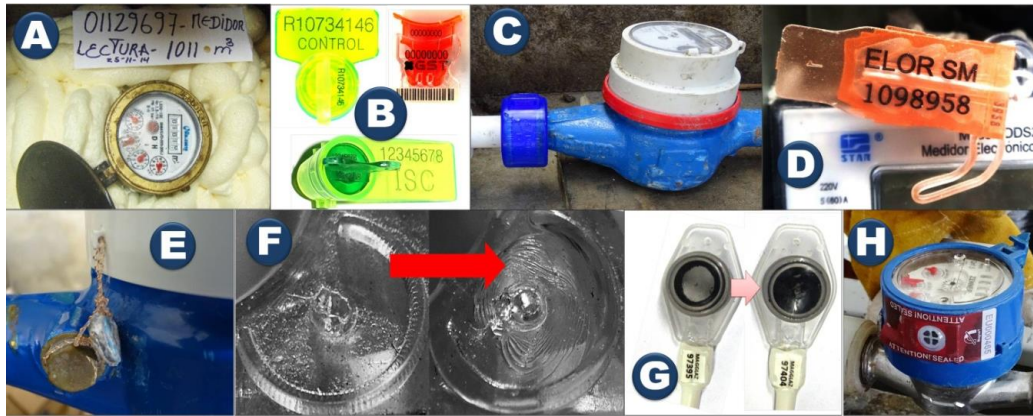
c) La presencia visible de los sellos u otra medida indicativa puede ser persuasiva para un usuario tentado de manipular su medidor.

Las medidas indicativas de manipulaciones pueden clasificarse en tres:

1. Vulnerabilidades donde las medidas indicativas pueden mostrar que una vulnerabilidad específica se aprovechó para manipularlo.
2. Vulnerabilidades que no requieren medidas indicativas.
3. Vulnerabilidades donde es imposible tomar medidas indicativas.

El **primer grupo** consiste en medidas indicativas factibles y útiles:

- 1. Contra la posibilidad de perforar la relojería desde el costado** (vulnerabilidad 2). Si bien no existen sellos de seguridad para ello, hay una medida indicativa que consiste en llenar la caja del medidor con espuma expansiva y tomar una foto de ésta (Figura 3, a). Como la espuma siempre forma patrones únicos es imposible volverla a su estado anterior, una vez manipulado el medidor. De lo contrario, sólo puede ser detectada revisando con detenimiento el medidor, para lo cual es necesario desinstalarlo de manera frecuente.



**Figura 3.** Medidas indicativas de manipulación: A) llenado de la caja de registro con espuma expansiva (cortesía Sedacusco); B) sellos transparentes; C) sello en la contratuerca del medidor; D) sello en un medidor; E) sello de plomo; F) indicador de calor antes y después de calentado; G) sello indicador de magnetismo antes y después de ser magnetizado; H) medidor con sello indicador de magnetismo.

**2. Contra la posibilidad de perforar el cuerpo** (vulnerabilidad 3). No hay sellos para ello; el método de la espuma expansiva es igual de efectivo para indicar tal tipo de manipulación.

**3. Contra el retiro del medidor** (vulnerabilidad 4). Existen varios métodos, como espuma expansiva y un precinto que asegure las contratuercas que fijan el medidor (Figura 3, C). Estas últimas permiten retirar el medidor sólo después de romper el precinto que no puede volverse a colocar sin dejar evidencia. Un tercer método es con el uso de alambre sellador, que se asegura con un sello (Figura 3, B). Para que quien toma la lectura se dé cuenta, es necesario mover el alambre, porque la parte cortada puede pegarse o esconderse de tal forma que no se note (Ríos, 2013).

**4. Contra el retiro de la relojería** (vulnerabilidad 5). El principal uso de sellos de seguridad con alambre sellador es para evitar el retiro de la relojería. Sirven para poder detectar si el reloj fue separado del medidor; aunque no se puede sancionar el hecho de que el sello esté roto, es útil para darse cuenta de que es necesario desarmar el medidor y revisar hélices, engranajes, etcétera, a fin de constatar si fueron o no alterados. A la par, el llenado con espuma expansiva puede servir para ello.

**5. Contra la inclinación del medidor** (vulnerabilidad 6). Un medidor inclinado no se puede detectar con facilidad si el usuario vuelve el medidor a su posición normal antes de la fecha de lectura. Para esta forma de manipulación no sirve el precinto en la contratuerca (Figura 3, C), pero sí otras dos medidas:

a) La instalación de sellos que sirve para identificar si el medidor fue desinstalado. Para esto se necesita que el alambre sellador que fija el sello de seguridad se sujete con firmeza, para que permita mover el medidor sólo después de haber cortado el alambre o se haya roto el sello.

b) El llenado de la caja con espuma expansiva.

**6. Contra el uso de imanes** (vulnerabilidad 8). Una medida consiste en usar sellos indicadores de magnetismo. Se colocan en el mismo medidor y en caso de ser sometidos a magnetismo indican, de forma irreversible, que hubo un imán cerca (Figura 3, G, H).

El **segundo grupo**, que no requiere de medidas indicativas, consiste en:

**1. Contra la vulnerabilidad de la luneta** (vulnerabilidad 1). La destrucción o perforación de la luneta se evidencia por sí misma al momento de la lectura, aunque se han hallado perforaciones de diámetros menores a un milímetro, que son difíciles de detectar.

El **tercer grupo** (imposible tomar medidas indicativas), refiere al punto:

**1. Contra la accesibilidad a la turbina por el tubo** (vulnerabilidad 7). No se ha encontrado una medida que evidencie que el medidor haya sido manipulado; ello ocurre por la introducción de un objeto paralizador (desde el predio) sin necesidad de tocar el medidor. Sin embargo, existe una medida preventiva: un dispositivo antialámbrico (ver más adelante).

Las medidas de seguridad indicativas se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Medidas indicativas de manipulación según las vulnerabilidades de los medidores.

Vulnerabilidades		Medidas indicativas			
		Espuma expansiva de construcción	Alambre sellador con sello	Precinto de seguridad en contratuerca	Sello indicador de magnetismo
1	Luneta es vulnerable	No necesario	No necesario	No necesario	No necesario
2	Relojería perforable	Factible	No factible	No factible	No factible
3	Cuerpo perforable	Factible	No factible	No factible	No factible
4	Retiro del medidor	Factible	Factible	Factible	No factible

	<b>posible</b>				
<b>5</b>	<b>Retiro de la relojería posible</b>	Factible	Factible	No factible	No factible
<b>6</b>	<b>Inclinación del medidor posible</b>	Factible	Factible	No factible	No factible
<b>7</b>	<b>Turbina accesible por el tubo</b>	No factible	No factible	No factible	No factible
<b>8</b>	<b>Medidor afectable con imán</b>	No factible	No factible	No factible	Factible

Además se necesitan algunas especificaciones acerca de los distintos métodos para garantizar que pueden cumplir su función:

**Acerca del uso de la espuma expansiva.** La medida es de bajo costo (de 2 a 3 dólares), pero aún no se cuenta con experiencias de que la modificación del patrón que deja la espuma se acepte como prueba legal de manipulación. En todo caso, se requiere contar con una foto para hacer la comparación con el estado actual.

**Acerca del uso de sellos de seguridad.** La gran variedad de éstos se debe a que se inventan continuamente métodos nuevos para manipular los sellos, por ello se recomienda:

1. Los números de serie de los sellos deben registrarse asociados con el medidor y encontrarse accesibles a inspectores, y de quienes toman las lecturas para poder contrastarlos. Se ha observado que muchas entidades prestadoras del servicio en el Perú no proceden así, permitiendo reemplazar el sello roto con otro sin ser detectado.

2. Sellos de plomo (Figura 3, E), no brindan mucha seguridad, pues son fáciles de manipular con cortes o calor, imitables o envejecidos artificialmente para que sean tomados como originales (Ríos, 2013).
3. Los sellos de seguridad, de preferencia, deben ser transparentes, para que se pueda notar eventuales manipulaciones en su interior.
4. Sellos que son de varios cuerpos (como macho y hembra) deben contar con la numeración en todos estos o estar físicamente unidos, para no permitir el retiro y reemplazo de una parte; por ejemplo, con partes robadas de sellos de otros medidores (Figura 3, D, el sello es numerado en sus dos partes que además fueron unidas).
5. Una de las formas de violar sellos plásticos es con el uso de calor, que permite la remoción de partes aparentemente fijas. Por ello se recomienda que tengan indicadores de calor (Figura 3, F).

**Sobre el uso de sellos indicadores de magnetismo.** En un ensayo que se realizó en Tarapoto, Perú (Ziemendorff, 2017), resultó que para que estos sellos cumplan su función tienen que estar muy cerca del imán. Se probó con un imán de  $48.7 \text{ cm}^3$ ; en este caso, el sello (Figura 3, G) reaccionó a una distancia de 6.5 cm, y en el caso de otro sello a una distancia de 3.5 cm; esto implica que si el usuario reconoce el sello puede adjuntar el imán al otro lado del medidor (cuyos diámetros exteriores superan los 6.5 cm) sin el peligro ser detectado. Por ende, para que los sellos funcionen, se recomienda las siguientes medidas:

- a) Conseguir sellos indicadores más sensibles. Se desconoce si existen en el mercado.



- b) Usar sellos en los lados opuestos del medidor. Para que resulte efectivo, deben reaccionar al magnetismo a una distancia mínima de 4 a 5 cm (acorde con el diámetro del medidor).
- c) Colocar los sellos en medio de la luneta. Para ello deben ser adheridos de tal forma que se imposibile que se retiren sin dejar huella (como en la Figura 3, H).

## **Medidas preventivas incorporadas en el medidor**

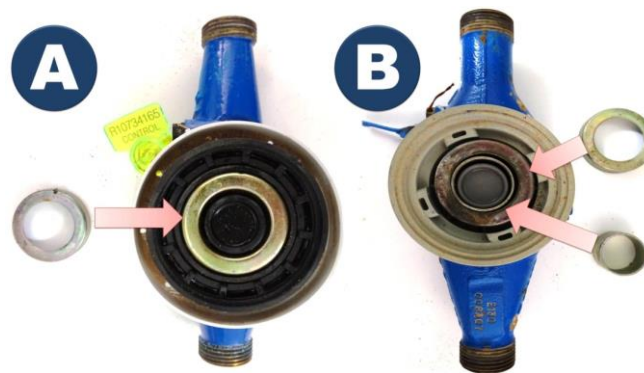
Tienen como finalidad principal imposibilitar o dificultar la manipulación del medidor. Se pueden clasificar en dos tipos: aquellas que son incorporadas al mismo medidor y las que son dispositivos adicionales. En caso de que éstos sean violados, lo cual implica un esfuerzo mucho mayor, dejan una evidencia física, por lo que a la vez también pueden ser indicativas. Las medidas incorporadas en el medidor, en función de sus vulnerabilidades, pueden clasificarse en tres:

1. Medidas que ya se han incorporado en el diseño. Ello se refiere sobre todo a medidores observados en el Perú.
2. Medidas que son técnicamente factibles de incorporar. Se refiere a medidas que no se han observado, pero que en teoría podrían formar parte de los medidores.
3. Medidas que no son técnicamente factibles de incorporar.

En el primer grupo se ha encontrado formas que previenen o dificultan las vulneraciones siguientes:

- 1. Contra la perforación de la relojería del costado** (vulnerabilidad 2). Algunos modelos de medidores cuentan, entre la carcasa plástica y la relojería, con una cinta metálica, que impide que la relojería sea perforada con objetos puntiagudos calientes.
- 2. Contra la posibilidad de perforar el cuerpo** (vulnerabilidad 3). La gran mayoría de los modelos de medidores tiene un cuerpo metálico que impide sea perforado con objetos puntiagudos calientes. En aquellos de cuerpo plástico no se han encontrado cintas o láminas metálicas equivalentes a las arriba mencionadas.
- 3. Contra el retiro el medidor** (vulnerabilidad 4). Hay medidores que cuentan con roscas de entrada y salida diferenciadas, imposibilitando que sean invertidos. Sin embargo, son vulnerables contra las formas de manipulación que implican el retiro del medidor (retrocesión, etc.). Por ello no es una ventaja importante.
- 4. Contra el retiro de la relojería** (vulnerabilidad 5). Casi todos los medidores permiten el retiro de la relojería, pero sólo con la rotura de algún tipo de sello de seguridad. No obstante, se ha encontrado que varios modelos permiten abrir la relojería de tal forma que el sello se mantiene intacto. Aparte de ello, se ha hallado un modelo cuya relojería es fijada con tornillos que sólo pueden ser sacados con violencia o con una llave especial (González, Val, Rocha, & Segundo, 2010).

**5. Contra el uso de imanes:** (vulnerabilidad 8). Muchos medidores han sido provistos con escudos antimagnéticos, que consisten en anillos de aleaciones de hierro y níquel (Figura 4).



**Figura 4.** A) Escudo antimagnético simple; B) escudo doble.

Para ver la efectividad de los escudos se aplicaron tres imanes diferentes a cuatro medidores distintos de  $\frac{1}{2}$ , en caudales de ensayo estándar (Tabla 3). Los ensayos se llevaron a cabo en Tarapoto, Perú (Ziemendorff, 2017).

**Tabla 3.** Resultados de ensayos con protección antimagnética.

Imán	Caudal	Chorro único	Chorro único	Chorro múltiple	Chorro múltiple
		Sin escudo antimagnético	Con escudo antimagnético simple	Con escudo antimagnético simple	Con escudo antimagnético doble
Imán 1	4.7 cm <sup>3</sup>	Q1	Paraliza	No afecta	No afecta
		Q2	Paraliza	No afecta	No afecta
		Q3	Paraliza	No afecta	No afecta
Imán 2	23.1 cm <sup>3</sup>	Q1	Paraliza	No afecta	Paraliza
		Q2	Paraliza	No afecta	No afecta
		Q3	Paraliza	No afecta	No afecta
Imán 3	48.7 cm <sup>3</sup>	Q1	Paraliza	Subregistra 5%	Paraliza
		Q2	Paraliza	No afecta	Subregistra 10%
		Q3	Paraliza	No afecta	No afecta

Como se nota, los escudos resultan eficaces. A diferencia del medidor sin protección, que se paraliza con un imán pequeño en todos los caudales, los medidores con protección antimagnética casi no resultan afectados. Los pequeños subregistros en los caudales mínimos y transitorios no permiten al manipulador recuperar su inversión en el imán. El imán de 48.7 cm<sup>3</sup> (costo: 50 dólares) es el más grande comercializado en el Perú. Su manejo resultó difícil, e inclusive

peligroso, debido a su fuerza magnética. Por ello se asume que imanes más grandes, aparte de su mayor costo, ya resultan inmanejables para manipular medidores.

En el segundo grupo de medidas, entre las que, en teoría, podrían incorporarse en el diseño del propio medidor, pero que no se han podido observar, se encuentran las siguientes:

- 1. Contra la vulnerabilidad de la luneta** (vulnerabilidad 1). La luneta del medidor resulta vulnerable, por el hecho de que es fabricada con materiales que se dejan rayar, perforar o destruir con facilidad. Es factible que puedan ser reemplazadas por materiales transparentes de alta resistencia, como vidrio metálico.
- 2. Contra la accesibilidad a la turbina por el tubo** (vulnerabilidad 7). Se puede fijar un dispositivo antialámbrico en la salida del medidor para evitar que el usuario tenga acceso a la turbina desde el predio.

En el tercer grupo de medidas se ha encontrado que no es posible preparar el medidor contra las siguientes vulnerabilidades:

- 1. Contra el retiro del medidor** (vulnerabilidad 4).
- 2. Contra la inclinación del medidor** (vulnerabilidad 6). Se reitera que no todos medidores se afectan con la inclinación.

Las medidas incorporadas en el medidor se resumen en la Tabla 4.

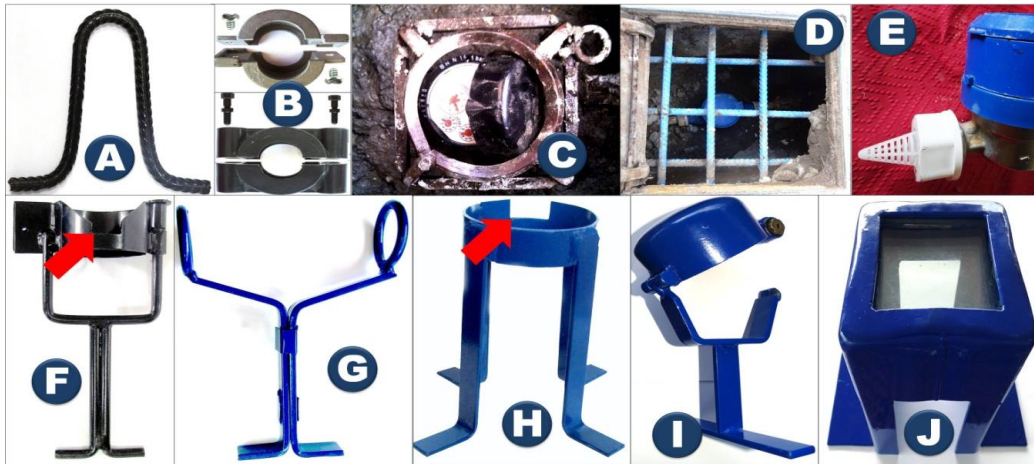
**Tabla 4.** Medidas preventivas incorporadas al medidor.

Vulnerabilidades		Medidas preventivas en el medidor
1	Luneta vulnerable	No se encontró, pero es factible

2	Relojería perforable	Cintas metálicas
3	Cuerpo perforable	Cuerpo metálico
4	Retiro del medidor posible	No es factible
5	Retiro de la relojería posible	Tornillos especiales
6	Inclinación del medidor posible	No es factible
7	Turbina accesible por el tubo	No se encontró, pero es factible
8	Medidor afectable con imán	Protecciones antimagnéticas

## Dispositivos de seguridad preventivas

Las medidas preventivas con dispositivos de seguridad tienen como finalidad proteger al medidor, evitando o dificultando la manipulación. Asimismo, sirven de indicador en caso de que se produzca la violación del dispositivo y del medidor. En el Perú se han hallado diversos dispositivos que (al contrario de medidas indicativas) tienen preferencia entre los operadores debido a la dificultad de sancionar a los manipuladores. Los dispositivos analizados a continuación representan una ampliación a anteriores evaluaciones (Ziemendorff, Vázquez, & Ruesta, 2015) (Figura 5).



**Figura 5.** Dispositivos preventivos: A) anclaje Gauss; B) precintos para la contratuerca; C) recubrimiento con cemento; D) rejas en la caja; E) cono antialámbrico; F) anclaje copa; G) anclaje argolla; H) anclaje pulpo; I) anclaje Casco; J) anclaje Seguridad Total.

En función a las mismas vulnerabilidades, los dispositivos de seguridad preventiva identificados son:

- 1. Contra la vulnerabilidad de la luneta** (vulnerabilidad 1). Los únicos dispositivos que se han encontrado que protegen a la luneta contra el rayado, la perforación o los golpes son los dispositivos Seguridad Total y Casco (Figura 5, I, J). El primero fue desarrollado en el operador peruano EPS GRAU (Ziemendorff *et al.*, 2015) y el medio de protección consiste en un vidrio de seguridad reforzado con un vidrio acrílico; el otro dispositivo fue desarrollado para el operador del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (Sedapal) (Perú) y es llamado Casco, protege la luneta con un grueso casco metálico que evita el acceso a la misma, pero también a la lectura, por ello tiene que abrirse para la lectura con una llave especial.

2. **Contra la posibilidad de perforar la relojería desde el costado** (vulnerabilidad 2). Los mismos dos dispositivos son los únicos que previenen este tipo de manipulación, al proteger los costados del medidor con un cuerpo metálico. Los dispositivos Copa y Pulpo podrían cumplir la misma función; sin embargo, dejan aquella parte de la relojería sin protección, donde caben las bisagras de la tapa del medidor (Figura 5, F, H; las flechas señalan la parte vulnerable).
3. **Contra la posibilidad de perforar el cuerpo** (vulnerabilidad 3). Sólo se da en medidores de cuerpo plástico, para los cuales, por su poco uso, no se han desarrollado dispositivos. La única forma de protección es el recubrimiento del medidor con una masa cementante, la cual presenta problemas prácticos (ver abajo).
4. **Contra el retiro del medidor** (vulnerabilidad 4). Al ser frecuente esta forma de manipulación, todos los dispositivos analizados cumplen esta función, excepto el dispositivo antialámbrico.
5. **Contra el retiro de la relojería** (vulnerabilidad 5). No cumplen esta función los dispositivos Gauss y Argolla ni los precintos montados en la contratuerca, y tampoco el dispositivo antialámbrico (Figura 5, A, B, E, G), mientras que los otros anclajes sí lo cumplen (Figura 5, F, H, I, J). En caso de que las rejillas (D) sean tan angostas que no permitan meter las manos en la caja, también cumplen con ello.
6. **Contra la inclinación del medidor** (vulnerabilidad 6). No cumplen esta función el dispositivo Gauss ni los precintos en la contratuerca, ni las rejillas y tampoco el dispositivo antialámbrico (Figura 5, A, B, D, E), mientras los demás sí la cumplen (Figura 5, F, G, H, I, J).



- 7. Contra la accesibilidad a la turbina por el tubo** (vulnerabilidad 7). Existe un dispositivo montado a la salida de agua del medidor llamado dispositivo antialámbrico (Figura 5, E), que deja pasar el agua, pero no algún objeto intrusivo al medidor. En teoría, también es factible montar una válvula antirretorno, pero su costo es mucho mayor (0.2 vs. 9 dólares, aproximadamente).
- 8. Contra el uso de imanes** (vulnerabilidad 8). Los únicos dispositivos que brindan una seguridad efectiva al medidor contra el uso de imanes, aun si éste no cuenta con un escudo antimagnético incorporado son los dispositivos Casco y Seguridad Total. Ello se debe a que aumentan la distancia desde la cual se puede acercar el imán al medidor y porque contienen hierro, que tiene un efecto parecido a los escudos. Se realizaron ensayos con el uso de los medidores e imanes mencionados, poniendo encima ambos dispositivos. Los ensayos se realizaron en Tarapoto, Perú (Ziemendorff, 2017), con el resultado de que ambos dispositivos sólo permitieron un subregistro pequeño en medidores sin protección antimagnética en el caudal mínimo y con el imán más grande (Tabla 5).

**Tabla 5.** Resultados de los ensayos de protección antimagnética brindado por los dispositivos Seguridad Total y Casco.

Imán	Caudal	Chorro único	Chorro único	Chorro múltiple	Chorro múltiple
		Sin escudo antimagnético	Con escudo antimagnético simple	Con escudo antimagnético simple	Con escudo antimagnético doble

Imán 1	4.7 cm <sup>3</sup>	Q1	No afecta	No afecta	No afecta	No afecta
		Q2	No afecta	No afecta	No afecta	No afecta
		Q3	No afecta	No afecta	No afecta	No afecta
Imán 2	23.1 cm <sup>3</sup>	Q1	No afecta	No afecta	No afecta	No afecta
		Q2	No afecta	No afecta	No afecta	No afecta
		Q3	No afecta	No afecta	No afecta	No afecta
Imán 3	48.7 cm <sup>3</sup>	Q1	Subregistra 15-25%	No afecta	No afecta	No afecta
		Q2	No afecta	No afecta	No afecta	No afecta
		Q3	No afecta	No afecta	No afecta	No afecta

Un subregistro de esta magnitud no justifica la adquisición de un imán por parte del usuario fraudulento. En resumen, las medidas preventivas con dispositivos de seguridad contra la manipulación de medidores se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Medidas preventivas con dispositivos de seguridad contra la manipulación de medidores según sus vulnerabilidades.

Vulnerabilidad		Dispositivos de seguridad preventiva					Anclajes Casco o Seguridad Total
		Anclaje Gauss/precintos	Recubr. con cemento	Rejas en caja	Anclaje argolla	Anclajes copa o pulpo	
1	Luneta vulnerable	No protege	No protege	No protege	No protege	No protege	Protege
2	Relojería	No	Protege	No	No	No	Protege

	<b>perforable</b>	protege		protege	protege	protege	
<b>3</b>	<b>Cuerpo perforable</b>	No protege	Protege	No protege	No protege	No protege	No protege
<b>4</b>	<b>Retiro del medidor posible</b>	Protege	Protege	Protege	Protege	Protege	Protege
<b>5</b>	<b>Retiro de la relojería posible</b>	No protege	Protege	Protege	No protege	Protege	Protege
<b>6</b>	<b>Inclinación del medidor posible</b>	No protege	Protege	No protege	Protege	Protege	Protege
<b>7</b>	<b>Turbina accesible por el tubo</b>	No protege	No protege	No protege	No protege	No protege	No protege
<b>8</b>	<b>Medidor afectable con imán</b>	No protege	No protege	No protege	No protege	No protege	Protege

Además es necesario hacer algunas especificaciones acerca de las distintas medidas preventivas:

**Acerca del uso del anclaje Gauss y los precintos de seguridad que van instalados en la contratuerca del medidor.**

Como se observó en la Tabla 6, estos dispositivos tienen como única función evitar o dificultar el retiro del medidor. Su instalación puede ser una estrategia válida en combinación con medidores con escudos antimagnéticos de cuerpo metálico, sellos de seguridad y el dispositivo antialámbrico en sitios donde se sanciona de manera efectiva al usuario por encontrarle un medidor manipulado. De lo contrario, se sugiere uno de los dispositivos preventivos tipo Casco o Seguridad Total. Aquel dispositivo más fácil de violar es el de plástico, por ello no se recomienda su uso en sitios donde es imposible sancionar el hecho de que el precinto esté roto.

**Acerca del recubrimiento del medidor con masa cementante.** Como se observó en la Tabla 6, esta medida resulta bastante efectiva en proteger al medidor. Sin embargo, su aplicación reveló serios inconvenientes, en especial cuando se necesita retirar el medidor temporalmente. El retiro no sólo resulta difícil, sino que también daña los accesorios del medidor, pues puede causar fugas.

**Acerca del uso de las rejas en la caja de registro.** Al ser costosa la instalación de las rejas (más de 15 dólares) y proveer poca protección al medidor, todos los anclajes se presentan como una mejor opción. Además, las rejas dificultan el corte (suspensión) del servicio.

**Acerca de los anclajes argolla, copa y pulpo:** se recomienda descartar el anclaje argolla al permitir el retiro de la relojería del medidor. Los anclajes copa y pulpo pueden ser opciones válidas en cuanto protegen a medidores que cuentan con escudos antimagnéticos y son de cuerpo metálico. En caso de que los medidores presenten también una protección contra la perforación de la carcasa de la relojería (como cinta metálica), pueden ser usados tal cual; de lo contrario se recomienda eliminar la vulnerabilidad que presentan (Figura 5, F, H, flecha roja), que consiste en permitir el acceso a la relojería entre las bisagras de la tapa del medidor. Si efectivamente se dan todos los factores mencionados, el medidor aún queda vulnerable por la luneta, por lo cual se sugiere usar los dispositivos Casco o Seguridad Total si su violación visible no puede ser sancionada.

**Acerca del uso de los dispositivos Seguridad Total y Casco.** Ambos dispositivos (Figura 5, I, J) han sido desarrollados en el Perú con la finalidad de proteger al medidor completamente, pero en sitios donde no se usaban medidores de carcasa de plástico, por lo que no fueron

diseñados para protegerse contra esta vulnerabilidad. No obstante, es factible adecuarlos para este tipo de medidores, aunque ello incrementaría su costo, que hoy en día está en unos siete dólares (con la instalación, 10 dólares). Para la mayoría de los medidores (de cuerpo metálico) se logra seguridad completa si se agrega un dispositivo antialámbrico (ver párrafo siguiente). La principal diferencia entre los dos tipos de dispositivos es el uso de una llave especial para el dispositivo Casco, la cual representa una ventaja, pues el medidor puede sacarse y volverse a poner sin la necesidad de desmontar el anclaje. Las especificaciones técnicas pueden consultarse en las bases de licitación del operador de Lima, Perú (Sedapal, 2008). La desventaja es que para la lectura tiene que ser abierto con la misma llave, lo cual convierte a la llave también en su principal debilidad. Por ello, si no se puede restringir el uso de la llave a pocas personas, se recomienda el uso del dispositivo Seguridad Total (su diseño puede ser consultado al autor del presente texto). Ambos dispositivos son anclados con cemento de fraguado rápido para hacer evidente, con un sello del operador en la masa fresca, que se movieron para manipular el medidor.

**Acerca del uso de dispositivo antialámbrico.** Este dispositivo tiene la sola función de proteger el medidor contra la introducción de objetos paralizadores, como alambres, por el mismo tubo desde el predio. Tal función no la cumple otro dispositivo preventivo o indicativo. Es un complemento perfecto a las otras medidas para los casos donde existe dicha vulnerabilidad; esto es, que entre las instalaciones interiores del usuario y la caja de registro no existen obstáculos que prevengan la introducción de alambres. La pérdida de presión por la instalación del dispositivo es mínima si está junto con un medidor de

chorro único por debajo de 0.45 bar y, sin éste, por debajo de 0.2 bar en el caudal Q3. Al contrario del dispositivo plástico en la Figura 5 (E), se sugiere que sea de metal para evitar que se pueda perforar con objetos calientes.

## Discusión

En casi todas localidades de Latinoamérica, los medidores están en la vía pública, accesibles para cualquiera. Ello, si bien facilita su lectura, presenta un inconveniente: el simple hecho de que un medidor sea manipulado o muestre signos de haber sido manipulado (p. ej., sello de seguridad roto), no puede ser fácilmente atribuido al usuario que se beneficia con la manipulación, salvo que sea hallado en el acto.

La dificultad de sancionar la manipulación conlleva a la impunidad, por lo cual se han emprendido esfuerzos para permitir sanciones administrativas o legales, incluso en aquellos casos donde sólo se cuenta con la evidencia de la manipulación, pues se pudiera atribuir de alguna forma al beneficiario de la ejecución. En el caso del Perú, por ejemplo, la normativa señala que un medidor manipulado puede ser cobrado al usuario en caso de que ocurra por segunda vez en cinco años.

Por ello, antes de escoger alguna de las opciones presentadas es necesario analizar si es factible o no aplicar sanciones efectivas para la manipulación del medidor o de los sellos de seguridad. Es importante hacer tal diferenciación, pues hay varias formas de manipulación que pueden conllevar a que los sellos la indiquen, pero que no dejan una evidencia física en el medidor (como la aplicación de imanes). En este caso, las medidas indicativas sólo señalan que se deben tomar medidas preventivas inmediatas.

Asimismo, en caso de no poder sancionar de manera efectiva la manipulación, necesariamente se tienen que aplicar medidas preventivas. Independientemente de cuál sea la situación legal es importante tener en cuenta todas las vulnerabilidades del medidor, ya que como se ha mostrado (Ziemendorff *et al.*, 2015), la aplicación de medidas que sólo protegen algunas de las vulnerabilidades tiene como efecto que el patrón de manipulación cambie, sin disminuir su cantidad.

## Conclusiones

1. Los medidores de velocidad tienen hasta ocho puntos que pueden ser vulnerados para evitar el registro correcto del consumo de agua.
2. Existen diferentes formas de detectar y evitar estas formas de manipulación a través de medidas indicativas y preventivas.

3. Las medidas indicativas y preventivas pueden ser combinadas de tal forma que son capaces de brindar una seguridad integral adecuada al medidor.
4. La aplicación específica de estas medidas depende en su mayoría de la posibilidad de sancionar o no la manipulación del medidor o de los indicadores (como sellos).

## Recomendaciones

1. Para brindar una seguridad integral en donde se tiene dificultad con la sanción efectiva de manipulaciones, se sugiere la instalación de dispositivos tipo Casco o Seguridad Total, siendo mejor el primero, cuando se puede controlar el uso de las llaves especiales. Ambos aparatos deben ser complementados con un dispositivo antialámbrico en los casos indicados. No se recomienda el uso de medidores de cuerpo plástico.
2. Para brindar seguridad a medidores en lugares donde hay facilidad de sancionar la manipulación, pero como medio probatorio sólo se cuenta con el medidor físicamente manipulado, se recomienda:
  - a) Usar medidores con protección antimagnética, de cuerpo metálico y cuya relojería sea protegida contra la perforación desde el costado,



combinado con un anclaje que no permita el retiro ni la inclinación del medidor, y con un dispositivo antialámbrico para los casos ya descritos.

- b) En caso de que los medidores no presenten estas características, es mejor usar los dispositivos Casco o Seguridad Total.
3. Donde se cuenta con la posibilidad de sancionar sólo con los indicativos de manipulación, se tienen amplias posibilidades, como:
- a) Espuma expansiva combinada con un sello indicador de magnetismo (si el medidor no tiene un escudo antimagnético) y el dispositivo antialámbrico. Sólo entonces es posible usar medidores de cuerpo plástico sin dejar vulnerabilidades.
  - b) Se puede asegurar el medidor contra retiro, inclinación y retiro de la relojería con alambre sellador y sellos si el medidor es de cuerpo metálico, y cuenta con protección de la relojería desde el costado. Se pueden usar además sellos indicadores de magnetismo, en caso de que el medidor no cuente con escudo antimagnético y un dispositivo antialámbrico.
  - c) Es factible emplear cualquier estrategia mencionada para las otras situaciones legales, aplicando medidas preventivas, aunque éstas son de mayor costo.

### **Agradecimientos**

El autor agradece a Javier Marina y Luis Burel de EMAPA San Martín; a Sain Mestanza y Candelario Chuquizuta de EMUSAP Amazonas; a Fernando Carrasco y Gustavo Lindao de EPS Grau, que han realizado los

ensayos descritos en sus bancos de medidores; también a las empresas Security Seals y A&G Industries. Por último, a la Cooperación Suiza-SECO y la cooperación alemana para el desarrollo, GIZ/PROAGUA II, en específico a los consultores de AKUT Partner, José Giménez, Oscar Perfecto, Raúl Cáceres, Julián Gonzales, Frank Vidalón, Melisa Pantoja, y a Christoph Platzer por sus aportes.

## Referencias

- Arregui, F., Cabrera Jr., E., Cobacho, R., & García-Serra, J. (September, 2005). Key factors affecting water meter accuracy. *Proceedings Leakage 2005 Conference*, Halifax, Canada.
- García, E. (2019). Sedapal: robo de medidores de agua aumentó 92% en primeros cuatro meses del 2019 versus 2018. *Diario Gestión*, 20.05.2019.
- González, F., Val, R., Rocha, J., & Segundo, J. (2010). *Manual de selección, instalación y mantenimiento a medidores de agua fría*. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Goodwin, R., Kaggwa, R., & Malebo, A. (2013). *Utility management series for small towns. Volume 6: Reduction of illegal water*. Nairobi, Kenia: The United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat).
- Ríos, S. (2013). *Guía para la detección de fraudes en suministros de energía eléctrica en medición directa*. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.

- Sedapal, Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima. (2008). *Licitación pública N° 0020-2008. Suministro de dispositivos de seguridad para medidores*. Lima: Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima.
- Ziemendorff, S., Vázquez, W., & Ruesta, H. (2015). La seguridad de medidores de agua potable contra robo, vandalización y manipulación. *Revista INDES*, 3(2), 5-15.
- Ziemendorff, S. (2017). *Informe: seguridad de medidores contra robo, manipulación y vandalización. La seguridad de medidores contra imanes*. Informe interno. Tarapoto, Perú: Secretaría de Estado de Suiza para la Economía (SECO), Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit- Agencia alemana para la Cooperación Internacional (GIZ), AKUT Partner.