

PROTOCOLO TÉCNICO:
MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DE CAUDAL PARA LA FISCALIZACIÓN DE PRESUNTAS
EXTRACCIONES NO AUTORIZADAS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Unidad de Fiscalización Nivel Central

Santiago, Agosto de 2019.



TABLA DE CONTENIDOS

I.	EXTRACCIÓN NO AUTORIZADA DE AGUAS.....	2
II.	OBJETIVO.....	3
III.	ALCANCE.....	3
IV.	DEFINICIONES.....	4
V.	PREPARACIÓN DE LA INSPECCIÓN EN TERRENO.....	7
VI.	INSPECCIÓN EN TERRENO.....	8
1.	DETERMINACIÓN DE USO DE LA OBRA DE CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS....	8
2.	REGISTRO DE DATOS DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE EXTRACCIONES Y CONTRASTACIÓN.....	11
2.1.	REGISTRO DE DATOS.....	12
3.	REALIZACIÓN DE AFORO IN SITU.....	14
3.1.	AFORO CON FLUJÓMETRO ULTRASÓNICO PORTATIL.....	15
3.1.1.	INSTALACIÓN Y MONTAJE DEL EQUIPO.....	15
3.1.2.	MEDICIÓN.....	18
3.2.	AFORO VOLUMÉTRICO.....	19
4.	PROCESO DE EVALUACIÓN.....	20
4.1.	CONTRASTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE EXTRACCIONES QUE CUMPLE ESTÁNDAR TÉCNICO EXIGIDO POR D.G.A.....	20
4.2.	CONTRASTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE EXTRACCIONES QUE NO CUMPLE ESTÁNDAR TÉCNICO.....	20
4.3.	CASOS SIN SISTEMA DE MEDICIÓN.....	21
4.4.	CASOS EN QUE NO ES FACTIBLE LA REALIZACIÓN DE UN AFORO.....	21
VII.	FISCALIZACIÓN DE POZOS DEL ARTÍCULO 56 DEL CÓDIGO DE AGUAS: BÉBIDA Y USO DOMÉSTICO.....	22

I. EXTRACCIÓN NO AUTORIZADA DE AGUAS.

Las principales funciones de la D.G.A. en materia de fiscalización están indicadas de modo genérico en el artículo 299 del Código de Aguas, letras c), d) y e).

En lo que respecta a la extracción de aguas, el artículo 299 dispone:

"La Dirección General de Aguas tendrá las atribuciones y funciones que este Código le confiere, y, en especial, las siguientes:

c) Ejercer la policía y vigilancia de las aguas en los cauces naturales de uso público y acuíferos; impedir, denunciar o sancionar la afectación a la cantidad y la calidad de estas aguas (...)

d) Impedir que se extraigan aguas de los mismos cauces y en los acuíferos *sin título o en mayor cantidad de lo que corresponda.*"

En lo que respecta a las sanciones, el artículo 173 del Código de Aguas establece que la Dirección General de Aguas aplicará una multa a beneficio fiscal, a quienes incurran en las infracciones que a continuación se describen:

"4. Una multa de cuarto grado cuando se realicen actos u obras, sin contar con el permiso de la autoridad competente, que afecten la disponibilidad de las aguas. (...)

6. Las infracciones que no tengan una sanción específica serán sancionadas con una multa cuya cuantía puede variar entre el primer y tercer grado".

En relación con lo anterior, cabe tener presente que de acuerdo a la interpretación armónica de los artículos 5º, 6º, 140 y 149 del Código de Aguas¹, el derecho de aprovechamiento de aguas (en adelante, DAA) tiene tres elementos esenciales:

- i. una fuente natural determinada;
- ii. una dotación o caudal autorizado a extraer, y;
- iii. el o los puntos de captación / restitución definidos para su ejercicio.

En consecuencia, una **"extracción no autorizada de aguas"** consiste en extraer aguas sin permiso de la autoridad competente, presentándose los siguientes casos:

- i. El que carece de un título para extraer agua;
- ii. El que teniendo título, extrae más caudal del otorgado;
- iii. El que teniendo título, extrae agua en un punto distinto al autorizado.

¹ Artículo 5º: "Las aguas son bienes nacionales de uso público y se otorga a los particulares el derecho de aprovechamiento de ellas, en conformidad a las disposiciones del presente Código".

Artículo 6º: "El derecho de aprovechamiento es un derecho real que recae sobre las aguas y consiste en el uso y goce de ellas, con los requisitos y en conformidad a las reglas que prescribe este Código (...)".

Artículo 149: "El acto administrativo en cuya virtud se constituye el derecho contendrá: (...) 3. La cantidad de agua que se autoriza extraer (...) 4. El o los puntos precisos donde se captará el agua y el modo de extraerla."

CAE

II. OBJETIVO.

El objetivo del presente Protocolo Técnico es establecer una guía para las actividades y acciones que el personal fiscalizador de la D.G.A. debe realizar en una inspección en terreno, y principalmente, fijar y estandarizar las metodologías de medición y estimación del caudal que circula por una tubería a presión, elemento clave para verificar si la extracción desde obras de captación de aguas subterráneas se ajusta a derecho o, por el contrario, constituye una extracción no autorizada.

III. ALCANCE.

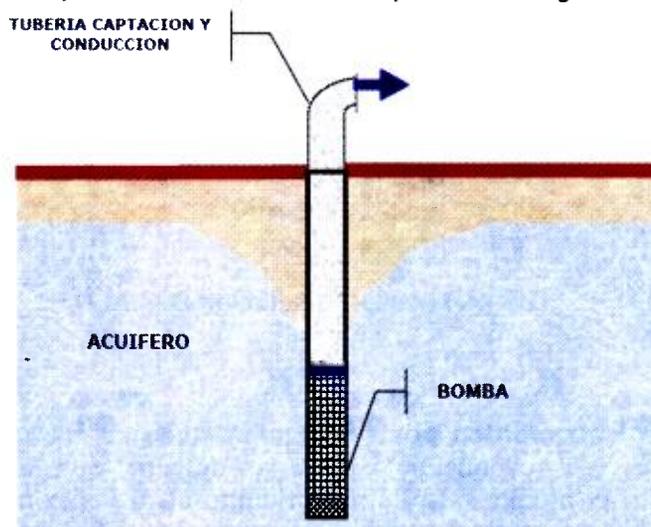
Será aplicable a las actividades de fiscalización respecto a extracciones de aguas subterráneas realizadas por la Unidad de Fiscalización de la D.G.A. en el marco de sus labores de policía y vigilancia.

IV. DEFINICIONES.

A continuación se definen ciertos términos que son parte integrante de este Protocolo Técnico:

- 1. Obras de captación de aguas subterráneas:** Aquellas instalaciones que permiten el alumbramiento de las aguas subterráneas y hacen posible la efectiva extracción del caudal a que se tiene derecho, tales como: bombas de extracción, ya sean móviles o fijas; instalaciones mecánicas, eléctricas, tuberías, u otros (Art. 52 D.S. N° 203/2013, "Reglamento Sobre Normas de Exploración y Explotación de Aguas Subterráneas"). La tipología de obras es variada, entre otras: noria, pozo profundo, pozo zanja, puntera, dren.

Figura N° 1. Esquema de una obra de captación de aguas subterráneas

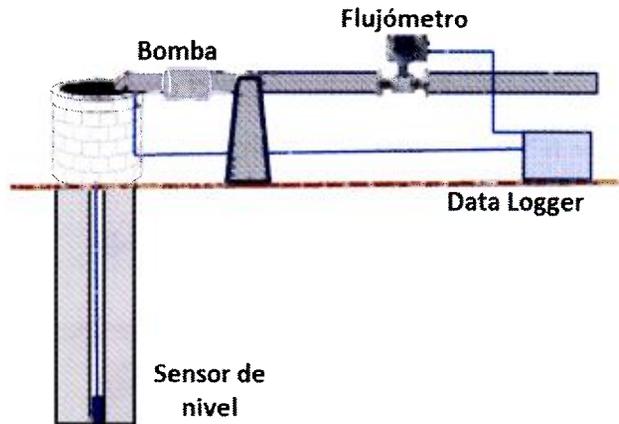


Fuente: S.I.T. D.G.A. N° 194/2009

- 2. Captaciones de agua mediante tubería a presión:** Son aquellas que permiten que el agua sea extraída o derivada mediante conducciones a sección llena, sin contacto directo con la atmósfera, que permiten que, generalmente, el agua circule en ellas con presión superior a la atmosférica. La captación podrá ser satisfactoria utilizando un procedimiento de elevación e impulsión con equipos de bombeo o mediante su disposición en infraestructuras en que la presión superior a la atmosférica sea generada por meras razones de desnivel topográfico (S.I.T. D.G.A. N° 194/2009).
- 3. Deshabilitación de una obra de captación:** Se entenderá por deshabilitación el retiro de la bomba de extracción, de las instalaciones eléctricas, obras de conducción y demás necesarias para captar y conducir las aguas (Art. 43, letra a), D.S. N° 203/2013).

4. **Sistema de medición de extracciones:** Sistema que se compone de un sensor para medir caudales y volumen extraído (flujómetro o caudalímetro), de un sensor para medir el nivel freático (pozómetro, de presión, piezorresistivo, u otro) y de un data logger para el almacenamiento y respaldo de datos medidos en la obra de captación (Arts. 67 y 68 del Código de Aguas; Art. 40 D.S. N° 203/2013; Art. 1, numeral 1.1 de la Resolución D.G.A. N° 1.238 (Exenta) de 2019).

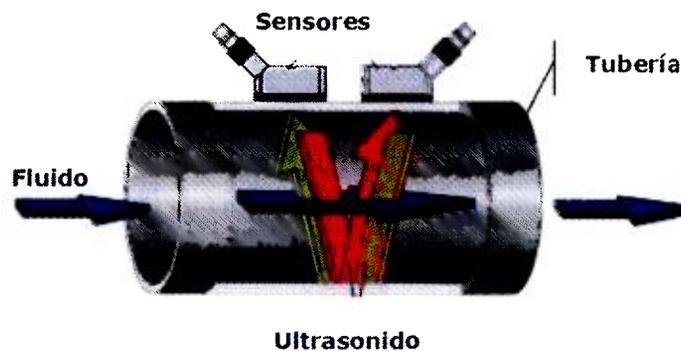
Figura N° 2. Esquema de un sistema de medición de extracciones



Fuente: Resolución D.G.A. N° 1.238/2019

5. **Flujómetro ultrasónico portátil:** Equipo que mide la velocidad de las partículas, ya sean sólidas, en suspensión o burbujas de aire, que se desplazan en un fluido en movimiento. El medidor de flujo de tiempo de tránsito utiliza dos transductores, que funcionan como transmisores y receptores, operando al transmitir y recibir alternadamente una frecuencia modulada en una explosión de energía de sonido entre los dos transductores. La explosión es transmitida primero en dirección del flujo y regresada entre el flujo del fluido. De esta forma la velocidad del líquido dentro del tubo puede relacionar el tiempo de ida y vuelta o la diferencia de tiempo (S.I.T. D.G.A. N° 194/2009).

Figura N° 3. Esquema de flujómetro ultrasónico



Fuente: S.I.T. D.G.A. N° 194/2009

6. Consumo de aguas subterráneas para bebida y uso doméstico: Se entenderá por bebida y uso doméstico, en los términos establecidos en el artículo 56 del Código de Aguas, el aprovechamiento que una persona o una familia hace del agua que ella misma extrae de un pozo cavado en suelo propio, con el fin de utilizarla para satisfacer sus necesidades de bebida, aseo personal y cultivo de productos hortofrutícolas indispensables para su subsistencia, **sin fines económicos o comerciales** (Art. 51 D.S. N° 203/2013).

V. PREPARACIÓN DE LA INSPECCIÓN EN TERRENO.

Para que la inspección en terreno sea eficiente, se debe planificar la visita, lo que implica:

- 1.** Recopilar y analizar en gabinete la información referida a los títulos de derechos de aprovechamiento de aguas, autorizaciones vinculadas a ellos (cambios de puntos de captación, entre otras), características de las obras de captación, y sistemas de medición de extracciones y sistemas de transmisión de dicha información a la D.G.A.; lo anterior con base en los registros del Catastro Público de Aguas (C.P.A.), la información contenida en el Sistema Nacional de Información del Agua (S.N.I.A.) y la información contenida en el Software D.G.A. de Monitoreo de Extracciones Efectivas (M.E.E.)
- 2.** Proyectar la ruta de fiscalización, con apoyo en información cartográfica, ya sea con Google Earth, GPS, u otros.
- 3.** Separar la credencial de identificación institucional, los elementos de protección personal, y el material, equipos de medición y otros necesarios para una correcta fiscalización en terreno. Se debe considerar transportar, los siguientes elementos mínimos:
 - Identificación institucional (TMOP)
 - Elementos de protección personal (principalmente, zapatos de seguridad, anteojos con protección radiación UV, bloqueador solar, gorro y ropa adecuada, casco de seguridad)
 - Actas de Inspección en Terreno
 - Equipo GPS
 - Cámara fotográfica
 - Flujómetro portátil y/o balde de aforo volumétrico
 - Huincha Métrica
 - Cronómetro
 - Pozómetro
 - Espesímetro (medidor de espesor de tubería)
 - Lija, lima o esmeril rotatorio
- 4.** Revisar el estado de funcionamiento y limpieza de los equipos y sus accesorios (baterías, etc.).
- 5.** Comprobar que el equipo de medición se encuentre calibrado, verificando el certificado de calibración de fábrica o la certificación de un laboratorio o institución especializada (INH, entre otros) de no más de dos años de antigüedad. Los

equipos de medición de caudales deberán transportarse en sus respectivas cajas de protección, cargados con energía, con sus accesorios² y manuales, teniendo la precaución de no golpearlos ni abollarlos, pues podría aumentar el porcentaje de error de medición.

6. Será posible considerar el uso de aeronaves pilotadas a distancia u otros equipos especializados. La utilización de drones queda condicionada a que se cumpla con la normativa aeronáutica de la Dirección General de Aeronáutica Civil (D.G.A.C.).
7. Es importante tener presente que es responsabilidad de el/los funcionario/s que opere/n los equipos y aeronaves la pérdida o deterioro de los mismos, situación que dará origen al correspondiente sumario administrativo.

VI. INSPECCIÓN EN TERRENO.

La inspección en terreno tiene como finalidad verificar el o los hechos que puedan ser constitutivos de una presunta infracción al Código de Aguas, recopilando la mayor cantidad de información y medios de prueba que sea posible.

La inspección debe ser realizada por un fiscalizador, quien tiene la calidad de Ministro de Fe y deberá levantar una "Acta de Inspección en Terreno", en la cual se detallará las actividades realizadas y se establecerá los hechos que se estimen o no constitutivos de una infracción al Código de Aguas. La inspección en terreno y el ingreso a predios deberá realizarse en conformidad con lo regulado en el Capítulo N° 2 del Manual de Procedimiento Sancionatorio de Fiscalización D.G.A.

Ahora bien, en lo que respecta a la medición y estimación del caudal que se extrae desde una obra de captación de aguas subterráneas, deberá seguirse el protocolo que se enumera a continuación, que establece un orden de prelación y secuencia de las actividades que debe realizar el fiscalizador, detallando su metodología y contenido técnico, según cada situación:

1. DETERMINACIÓN DE USO DE LA OBRA DE CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.

Para todos los casos, se deberá determinar si la obra de captación está o no en uso, verificando su existencia y/o habilitación, por medio de las siguientes acciones:

- i. Establecer el punto de ubicación exacto de la obra de captación fiscalizada en coordenadas UTM (metros) y Datum WGS84, utilizando un equipo GPS y fotografiando el equipo como respaldo de las coordenadas.
- ii. Verificar si la obra de captación se encuentra habilitada, constatando y registrando lo siguiente:
 - Existencia del recurso hídrico en la obra de captación mediante la observación visual del espejo de agua (nivel freático) desde el brocal del pozo o, en su defecto, corroborar el nivel de agua utilizando un pozómetro.

² Gel de acople, espesímetro, huincha y lima, lija o esmeril rotatorio.

- Características del sistema de bombeo, impulsión y conducción, mediante:
 - Lectura de las placas de la bomba hidráulica y del rodete de impulsión (marca, modelo, serie, potencia, caudal nominal y frecuencia) para determinar las curvas de desempeño de la bomba establecida por el fabricante. En caso de no encontrarse a la vista las señaladas placas, el fiscalizador deberá solicitar la referida información al propietario del sistema, quien no podrá negarse injustificadamente a la entrega de dicha información.
 - Si se trata de una bomba sumergida, el fiscalizador deberá consultar al propietario del sistema, el dato de la profundidad de instalación de la bomba.
 - Examen de materialidad de las tuberías, presencia de curvas o singularidades (válvulas, codos, tees, etc.), dimensiones, diámetro de la tubería, expansiones y/o contracciones de la misma.
- Profundidad total del pozo y nivel freático (estático y dinámico), esto último para cuando se requiera determinar la distancia al punto de consumo y desnivel entre el pozo y punto de consumo.
- Características generales del tablero eléctrico (instalación monofásica/trifásica) y existencia de empalme de conexión a energía eléctrica o la existencia de equipo electrógeno móvil o motor de combustión.
- Conexión al sistema de riego u otro sistema de aprovechamiento del recurso hídrico.

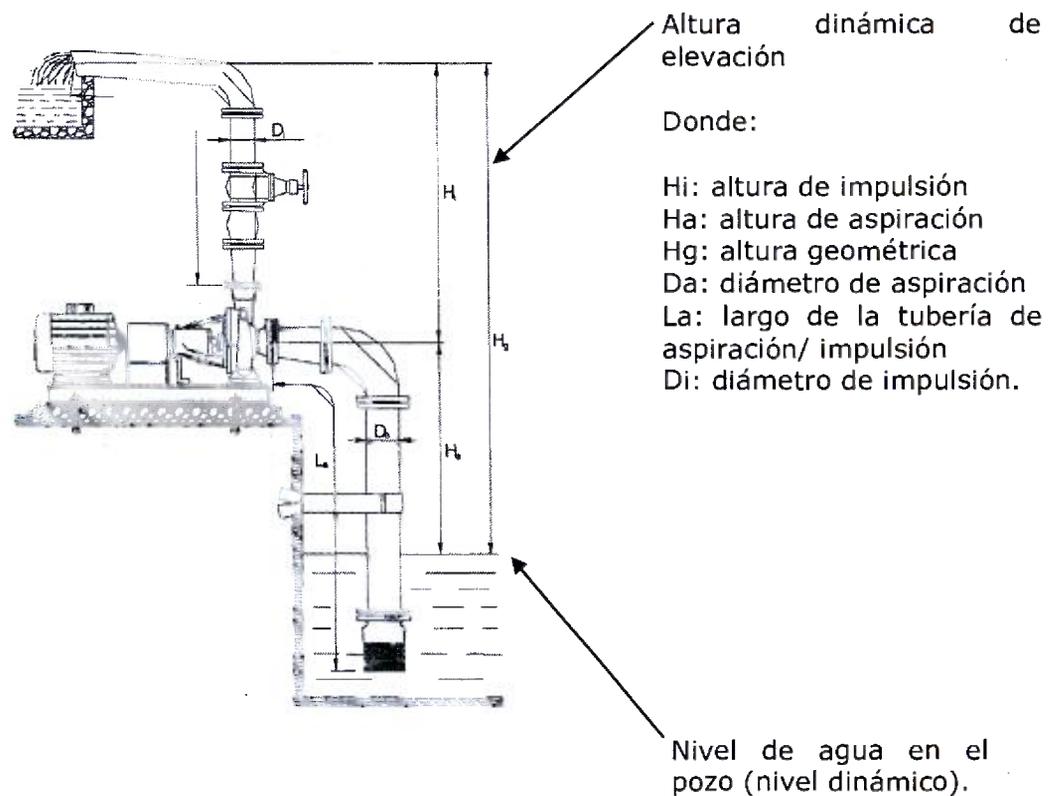
iii. Con los datos recopilados anteriormente, se deberá estimar la capacidad máxima de extracción de la obra de captación, realizando un cálculo teórico de la potencia de bomba, utilizando la siguiente fórmula:

$$HP = \frac{Q \left(\frac{l}{s} \right) * Ht (m)}{76 * \left(\frac{n\%}{100} \right)}$$

En donde:

- Hp = Potencia nominal de la bomba en caballos de fuerza (para caballos de vapor usar una constante de 75 en lugar de 76).
- Q = Capacidad de la bomba, en l/s.
- n = Rendimiento de la bomba, que a los efectos del cálculo teórico, se estima en 60%.
- Ht = Altura geométrica (Hg) más la pérdida de carga, en metros.

Figura N° 4. Esquema del nivel de agua impulsada en una captación de aguas subterráneas



Fuente: Cálculo de Caudales de Bombas D.G.A.

La fórmula señalada precedentemente, sólo sirve para estimar la potencia requerida para bombear un caudal Q con una carga hidráulica de elevación H, lo que dependerá, además, de la eficiencia de la bomba (que es variable) y de la operación del sistema.

Ej.: Bomba 0,75 HP, asumiendo un 60% de eficiencia, y una altura de 40 m:

$$Q = \frac{0,75 \cdot 76 \cdot (0,6)}{40} = 0,85 \text{ l/s}$$

Dado lo anterior, la información será evaluada sólo para dimensionar el caudal máximo de bombeo; en consecuencia **la D.G.A. no podrá sancionar al sujeto fiscalizado únicamente por dicha estimación.**

- iv. Obtener información sobre las características y destino final del aprovechamiento de las aguas. Ejemplos: En referencia al rubro silvoagropecuario, el fiscalizador deberá levantar información del método de riego, superficie y cultivos regados, almacenamiento de las aguas, distribución intrapredial de las mismas, etc. En referencia al rubro industrial o minero, el fiscalizador deberá caracterizar in situ el uso de las aguas, su distribución y destino final de las mismas.
- v. Sólo si es factible, comprobar la existencia de otro/s punto/s de extracción de aguas subterráneas, en un radio de 100 metros de distancia.

2. REGISTRO DE DATOS DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE EXTRACCIONES Y CONTRASTACIÓN.

Luego de comprobada la habilitación de la obra de captación de aguas subterráneas en conformidad con lo establecido en el numeral 1. precedente, el fiscalizador deberá verificar si la obra cuenta o no con un "Sistema de Monitoreo de Extracciones Efectivas" instalado y operativo. En caso afirmativo, deberá registrar en el Acta de Inspección en Terreno, las condiciones técnicas de dicho sistema y los datos de caudal, volumen extraído y nivel freático en la obra.

Al respecto, es importante tener presente que con fecha 27 de enero de 2018, se publicó en el Diario Oficial la Ley Nº 21.064 que "Introduce Modificaciones al Marco Normativo que Rige las Aguas en Materia de Fiscalización y Sanciones", en virtud de la cual se modificó los artículos 67 y 68 del Código de Aguas, en el siguiente sentido:

Artículo 67, inciso 3º: "(...) Los titulares de los derechos de aprovechamiento, provisionales o definitivos, concedidos tanto **en zonas declaradas de prohibición como en áreas de restricción, deberán** instalar y mantener un sistema de medición de caudales y volúmenes extraídos, de control de niveles freáticos y un sistema de transmisión de la información que se obtenga al respecto. Esta información deberá ser siempre entregada a la Dirección General de Aguas cuando ésta la requiera. El Servicio, por resolución fundada, determinará los plazos y las condiciones técnicas para cumplir dicha obligación, pudiendo comenzar por aquellos concedidos provisionalmente o por aquellos que extraigan volúmenes superiores a la media."

Artículo 68: "La Dirección General de Aguas podrá exigir la instalación y mantención de sistemas de medición de caudales, de volúmenes extraídos y de niveles freáticos en las obras, además de un sistema de transmisión de la información que se obtenga al respecto y requerir la información que se obtenga. En el caso de los derechos de aprovechamiento no consuntivos, esta exigencia se aplicará también en la obra de restitución al acuífero. La Dirección General, por resolución fundada, determinará los plazos y las condiciones técnicas para cumplir la obligación dispuesta en este artículo."

Pues bien, a efectos de concretar la aplicación de los artículos 67 y 68 transcritos, la D.G.A. dictó la Resolución D.G.A. N° 1.238, de 21 de junio de 2019, que "Determina las condiciones técnicas y los plazos a nivel nacional para cumplir con la obligación de instalar y mantener un sistema de monitoreo y transmisión de extracciones efectivas en las obras de captación de aguas subterráneas".

En consecuencia, los titulares de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas deberán cumplir con instalar y operar un Sistema de Medición de Extracciones (General, Básico o Para caudales muy pequeños, según corresponda) en los plazos y con las especificaciones técnicas que indica la citada Resolución D.G.A. N°1.238/2019.

2.1. REGISTRO DE DATOS.

La primera acción para determinar el caudal extraído de una captación de aguas subterráneas será examinar el Sistema de Medición de Extracciones, de acuerdo a lo siguiente:

- i.** Constatar las características técnicas del sistema de medición y la correcta instalación de sus componentes (flujómetro, sensor de nivel freático y data logger). Verificar la fuente de energía eléctrica.
- ii.** Registrar el "Código de Obra"³, según el Software D.G.A. de Monitoreo de Extracciones Efectivas.
- iii.** Antes de realizar el registro de datos, se deberá solicitar al sujeto fiscalizado, al menos 10 minutos de bombeo continuo o hasta que la tubería se encuentre llena, para que el flujómetro estabilice su lectura.
- iv.** Registrar la fecha⁴ y hora de medición⁵.
- v.** Registrar el valor del totalizador del flujómetro instalado (en metros cúbicos). El valor debe corresponder al volumen acumulado histórico desde el momento de la instalación. La mayoría de los flujómetros mecánicos señalan en la pantalla o visor análogo, el valor del totalizador.
- vi.** Registrar el caudal medido por el flujómetro (en litros por segundo) 3 veces. El caudal a considerar será el promedio de las 3 mediciones. En el caso de ser un medidor o

³ Código entregado por el Software D.G.A. de Monitoreo de Extracciones Efectivas cuando se registren los datos de la obra de captación o restitución (ubicación, DAA asociados).

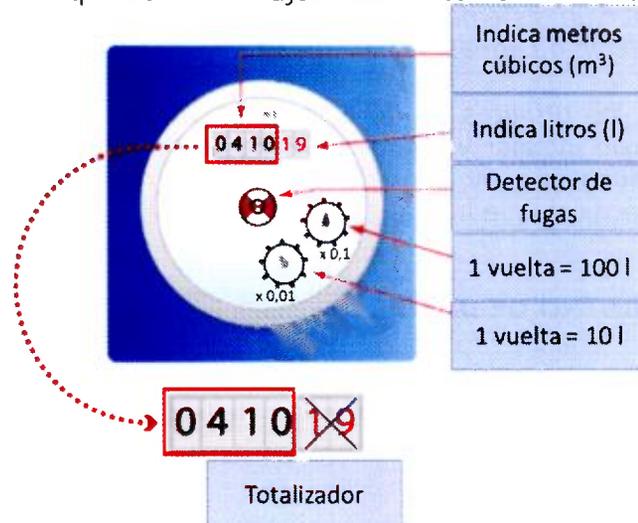
⁴ Día, Mes, Año.

⁵ Formato de 24 horas, Huso Horario UTC-4.

flujómetro mecánico con visor análogo, que no muestra directamente la medida de caudal en el visor, sino que valores que marcan 0,1 m³ (100 litros), 0,01 m³ (10 litros), 0,001 m³ (1 litro) por vuelta de la manecilla del aparato, el cálculo del caudal debe realizarse mediante el uso de un cronómetro y el n° de vueltas que la manecilla realiza en un minuto.

Por ejemplo, si la manecilla 0,01 m³ (10 litros) da una vuelta en 5 segundos, eso significa que hay un caudal pasante de 10 litros en 5 segundos, lo que corresponde a 2 l/s. Del totalizador sólo deben registrarse números enteros, en este caso 410 m³.

Figura N° 5. Esquema de un flujómetro mecánico con visor análogo



Fuente: Elaboración propia, en base a SISS (2019).

- vii. Registrar el dato del nivel freático en la obra que se indica en el visor (en metros) o registrar el dato medido mediante pozómetro.
- viii. Solicitar al propietario del sistema de medición, en caso de estimarlo necesario, el registro histórico de mediciones de caudal y volumen o, si es posible, la información contenida en el data logger.
- ix. De todo lo anterior debe quedar registro fotográfico e incluirse los respectivos datos en el Acta de Inspección en Terreno.

2.2. CONTRASTACIÓN.

Los datos obtenidos del examen del sistema de medición de extracciones, y registrados en el Acta de Inspección en Terreno, deben ser contrastados in situ mediante la realización de un aforo utilizando un flujómetro portátil de acuerdo a la metodología que indica el numeral 3.1 de este Protocolo y, luego, sometido a una evaluación en conformidad con lo indicado en el numeral 4.1. y 4.2. del mismo.

3. REALIZACIÓN DE AFORO IN SITU

Todo procedimiento de fiscalización por extracción no autorizada de aguas subterráneas debe contemplar la realización de un aforo en terreno, distinguiéndose dos situaciones:

- i. En aquellos casos en que **SI** existe un Sistema de Medición de Extracciones instalado y operativo, el aforo deberá realizarse como mecanismo de contrastación de los datos que registra el referido sistema.
- ii. En aquellos casos en que **NO** existe un Sistema de Medición de Extracciones instalado y/u operativo, el aforo deberá realizarse para obtener el dato del caudal que se extrae.

El caudal, Q , se define como el volumen de agua, V , que pasa por una sección en un determinado tiempo, t , es decir:

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

Aforar es medir un caudal. Constituye el procedimiento más apropiado para conocer los caudales (m^3 , l/s) que circulan por una tubería, permitiendo estimar con buena certidumbre el caudal extraído en una obra de captación de aguas subterráneas.

Fundamentalmente, existen dos tipos de aforos aplicables respecto de un sistema hidráulico:

- i. **Aforo con Flujoímetro Ultrasónico Portátil:** Debido a los inconvenientes del aforo directo (volumétrico), han surgido métodos indirectos que miden variables físicas distintas del caudal, como por ejemplo la velocidad, para luego, aplicando principios hidráulicos, obtener el caudal. Los equipos portátiles de medición de flujo en tuberías cerradas, se basan en el uso de tecnología no invasiva, considerando sólo la instalación de sensores al exterior de la tubería, siendo la opción más óptima para las labores de fiscalización.
- ii. **Aforo Volumétrico:** El volumen se mide directamente en un recipiente de volumen conocido, y el tiempo con un cronómetro. Este tipo de aforo sólo resulta útil para caudales pequeños (menor o igual a $5 l/s$), e implica, en algunos casos, la desconexión de bridas o corte de tuberías.

A continuación, se presenta la metodología correspondiente a cada tipo de aforo:

3.1. AFORO CON FLUJÓMETRO ULTRASÓNICO PORTÁTIL

Los equipos portátiles disponibles en el mercado consideran el uso del ultrasonido en tuberías llenas para determinar un valor de caudal, basándose en el hecho de que la velocidad del fluido influye directamente en la velocidad de propagación de las ondas sonoras en dicho fluido. Poseen sensores que miden la velocidad de las partículas, ya sean sólidos en suspensión o burbujas de aire, que se desplazan en el fluido en movimiento.

A modo de ejemplo, a continuación se presentan las especificaciones del equipo SIMTECH-PTTN-100:

Tabla N° 1. Especificaciones flujómetro ultrasónico portátil SIMTECH-PTTN-100

Medición:	Caudal
Sistema:	Sensor ultrasónico - método tiempo en tránsito
Uso:	Tuberías metálicas (acero, fierro fundido y otros) y plásticas (PVC, HDPE, PRFV y otros) para diámetros entre 25 mm a 6000 mm (1" a 240").
Alimentación:	Batería recargable
Exactitud:	+/- 2% de la lectura o > 0,2 m/s
Rango de medición:	0,2 m/s a 10 m/s
Accesorios:	Cables de comunicación, gel de acople, huincha métrica.

Fuente: SIMTECH (2019).

3.1.1. INSTALACIÓN Y MONTAJE DEL EQUIPO

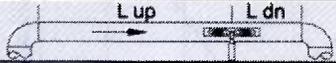
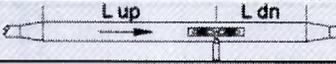
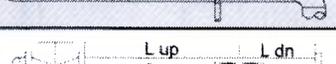
Lo primero es encontrar un lugar adecuado para el montaje de los sensores, pues resulta esencial para obtener mediciones precisas. El fiscalizador debe realizar las siguientes acciones:

- i. Determinar el punto de medición de acuerdo a lo indicado en el Manual del Equipo. Dicho punto debe situarse lo más cercano posible del flujómetro fijo de propiedad del usuario (respetando las distancias recomendadas en el Manual del Equipo), distancia que debe ser registrada.
- ii. Establecer las características de la tubería (materialidad, perímetro, espesor y diámetro interior):
 - Para la determinación del material de la tubería, se debe recurrir a la apreciación visual, conocimiento y experiencia del fiscalizador. Si existe duda respecto al material, se deberá requerir dicha información al sujeto fiscalizado.
 - Para la determinación del perímetro, se utilizará el promedio de tres mediciones, a realizarse en: el punto de medición del caudal, a 50 cm aguas

arriba y a 50 cm aguas abajo. Si las condiciones de largo de la tubería no permitieran hacer las 3 mediciones, solo se realizará 1.

- Para determinar el espesor de la tubería, se utilizará un espesímetro (medidor de espesor), realizando tres mediciones equidistantes a lo largo del perímetro, en el punto seleccionado. El espesor a considerar será el promedio de las 3 mediciones.
- iii. La medición siempre debe realizarse con la tubería llena de líquido y en dirección de flujo ascendente, respetando tramos rectos para la instalación del flujómetro y resguardando siempre las distancias recomendadas por el fabricante, para las singularidades aguas arriba y abajo del equipo de medición. La posición de los sensores debe respetar al menos 10 veces el diámetro externo de la tubería antes del punto de medición y 5 veces el diámetro externo de la misma, después de dicho punto.

Tabla N° 2. Ejemplos de posiciones adecuadas de los sensores del flujómetro ultrasónico

Tramos de tubería y posición del sensor	Entrada	Salida
	$L_{up} \times \varnothing$	$L_{dn} \times \varnothing$
	10D	5D
	10D	5D
	10D	5D
	12D	5D
	20D	5D
	20D	5D
	30D	5D

Fuente: Manual de instrucciones Equipo PCE-TDS 100 (2016)

- iv. No debe instalarse el flujómetro portátil en una tubería vertical con salida libre, en la parte alta de un sistema de tuberías y en la sección de succión de la bomba.
- v. Respecto a la ubicación de la válvula de cierre, el fiscalizador deberá instalar el flujómetro portátil aguas abajo de ésta, respetando los diámetros de distancia señalados en el punto ii precedente. No deben existir bypass ni ramificaciones en otra/s tubería/s en el trayecto que abarca desde la obra de captación hasta el flujómetro portátil.
- vi. Es importante limpiar y/o pulir con lija, lima o esmeril, según sea el caso, el lugar donde los sensores han de posicionarse.
- vii. Entre los sensores y la superficie del tubo no debe existir espacios de aire, por lo cual debe aplicarse suficiente gel de contacto a éstos.

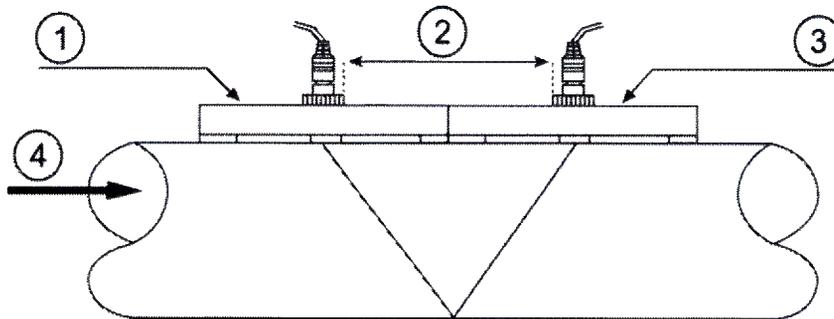
Cse

viii. El flujómetro ultrasónico posee sensores piezoeléctricos que transmiten y reciben ondas ultrasónicas. Dado que la duración de los pulsos ultrasónicos es muy corta, el espaciado y la alineación de los sensores debe hacerse con la mayor precisión posible para lograr una correcta medición.

ix. Existen tres modos de montaje de los sensores:

- Método V: Es el método más utilizado, ideal para tuberías con diámetros de 20 a 300 mm.

Figura N° 6. Método V

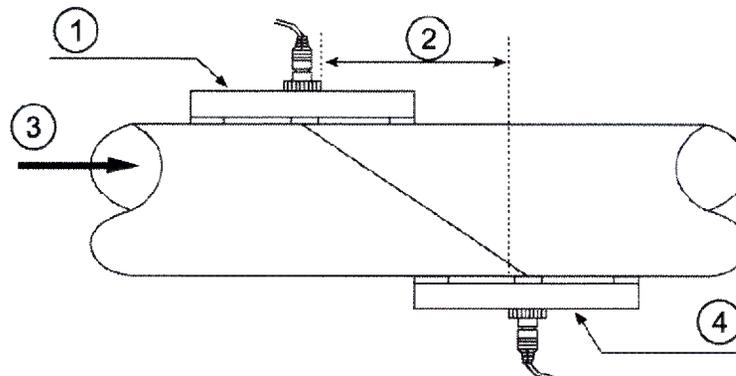


- 1 Sensor delantero (en la entrada)
- 2 Distancia del sensor
- 3 Sensor trasero (en la salida)
- 4 Dirección del flujo

Fuente: Manual de instrucciones Equipo PCE-TDS 100 (2016)

- Método Z: Se recomienda para tuberías con diámetros de 300 a 500 mm.

Figura N° 7. Método Z

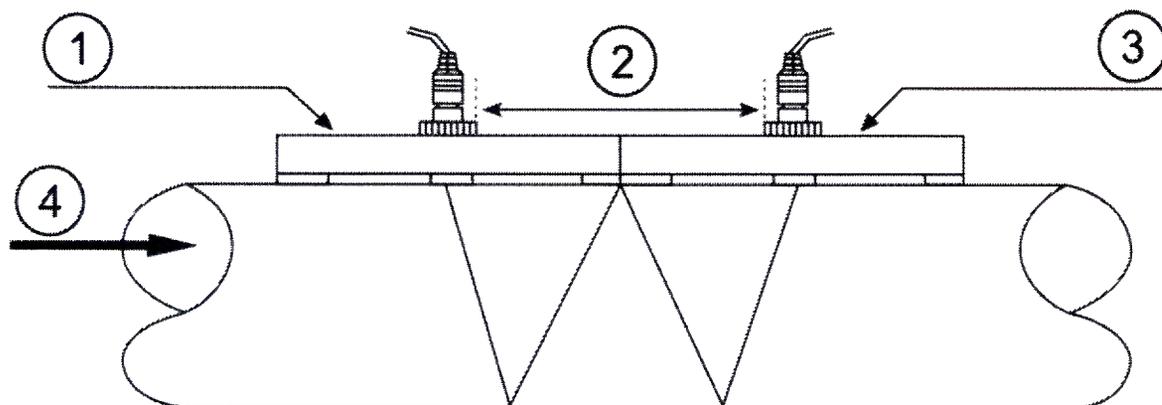


- 1 Sensor delantero
- 2 Distancia
- 3 Dirección del flujo
- 4 Sensor trasero

Fuente: Manual de instrucciones Equipo PCE-TDS 100 (2016)

- Método W: Adecuado para mediciones en tubos de plástico de 10 a 100 mm.

Figura N° 8. Método w



- 1 Sensor delantero
- 2 Distancia del sensor
- 3 Sensor trasero
- 4 Dirección del flujo

Fuente: Manual de instrucciones Equipo PCE-TDS 100 (2016)

Importante: La referencia a marcas de equipos en este Protocolo Técnico es solo referencial y se utilizan ilustraciones y esquemas únicamente como ejemplo.

- x. La distancia entre los sensores debe comprobarse de acuerdo al display del equipo, asegurándose que el valor de la constante de tiempo sea de 100%, la intensidad de la señal sea mayor a 700 y la calidad de esta sea mayor a 60%.
- xi. Se deben ingresar en el equipo las variables de diámetro interior de la tubería, espesor de la tubería, material de la tubería, revestimiento del tubo, tipo de líquido (agua), tipo de sensores conectados y disposición de los sensores. Estos datos deben quedar registrados en el Acta de Inspección en Terreno.

3.1.2. MEDICIÓN

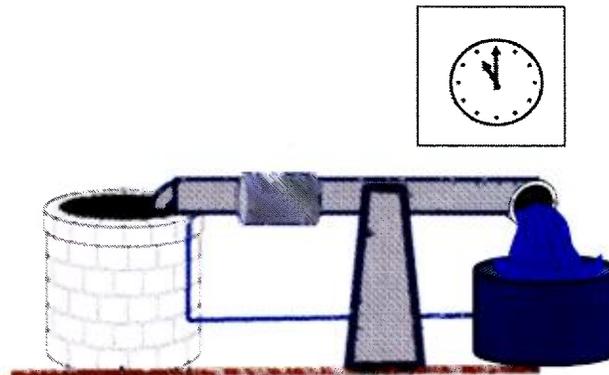
- i. Se registrarán en el Acta de Inspección en Terreno los valores de caudal observados en el display del flujómetro ultrasónico, descartando los valores iniciales, previos al cumplimiento de los 10 minutos de bombeo continuo de estabilización. Se tomarán los datos aproximadamente cada 5 minutos, realizando esta acción hasta tomar 3 valores consecutivos. El valor de caudal a considerar será el promedio aritmético de las 3 mediciones válidas (en litros/segundo o m³/hora).
- ii. En el Acta de Inspección en Terreno se incluirá el registro fotográfico de la instalación y montaje de los sensores, y de los 3 valores de caudal consecutivos observados en el display.

3.2. AFORO VOLUMÉTRICO

El fiscalizador evaluará en terreno la posibilidad de realizar una medición directa del caudal mediante un aforo volumétrico en el caso de tratarse de caudales pequeños (menor o igual a 5 l/s), de acuerdo a lo siguiente:

- i. Se debe contar con un recipiente (balde) de volumen conocido (al menos 5 galones/20 litros) y un cronómetro.
- ii. El aforo debe realizarse en el punto de descarga o entrega del agua.
- iii. El fiscalizador podrá solicitar al sujeto fiscalizado, desconexión de bridas o corte de tuberías, en caso de ser posible.
- iv. El depósito se posiciona al final de una tubería en posición horizontal, evitando salpicar agua, y se registra el tiempo que demora en llenarse el recipiente.
- v. Se registrarán en el Acta de Inspección en Terreno los valores de caudal observados. Esta operación debe repetirse 5 veces, promediándose el valor de caudal obtenido (en litros/segundo).

Figura N° 9. Aforo volumétrico



Fuente: Elaboración propia.

4. PROCESO DE EVALUACIÓN

4.1. CONTRASTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE EXTRACCIONES QUE CUMPLE ESTÁNDAR TÉCNICO EXIGIDO POR D.G.A.

Se asumirá el error de medición del flujómetro ultrasónico portátil en un 10% para todo caso, considerando posibles fallas de calibración y de campo.

Por tanto, se deberán considerar los caudales medidos de la siguiente forma:

Rango Caudal del Usuario corregido (RCUC)⁶ = Caudal medio medido con flujómetro fijo \pm error de medición permitido⁷.

Rango Caudal D.G.A. corregido (RCDC) = Caudal medio medido con flujómetro portátil \pm error de 10%.

Si en la obra de captación fiscalizada existe un flujómetro fijo instalado que cumple con los estándares establecidos por el Servicio (Sistema de Medición de Extracciones), prevalecerá el RCUC por sobre el RCDC y se procederá de la siguiente manera:

1. Si el valor mínimo de **RCUC** es igual o inferior al caudal total autorizado a extraer en dicha obra de captación, se concluirá que el caudal extraído está de acuerdo a derecho.
2. Si el valor mínimo de **RCUC** es superior al caudal total autorizado a extraer en dicha obra de captación, se concluirá que el caudal extraído no está de acuerdo a derecho, existiendo una posible extracción no autorizada de aguas.

Si el RCUC y el RCDC presentan rangos de magnitud muy diferentes (cuyos valores no se intersectan), al abrirse el término probatorio se establecerá como punto de prueba la debida calibración del flujómetro fijo instalado, etapa en la que el sujeto fiscalizado podrá presentar un certificado de contrastación (emitido en los últimos 12 meses⁸ por un tercero especializado).

4.2. CONTRASTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE EXTRACCIONES QUE NO CUMPLE ESTÁNDAR TÉCNICO.

Si en la obra de captación fiscalizada existe un flujómetro fijo instalado, pero que no cumple con los estándares técnicos establecidos por el Servicio, se procederá de la siguiente manera:

1. Si el valor mínimo de **RCDC** es igual o inferior al caudal total autorizado a extraer en dicha obra de captación, se concluirá que el caudal extraído está de acuerdo a derecho.

⁶ El RCUC y el RCDC son rangos, dado que el error de medición puede ser positivo o negativo, es decir, se pueden subestimar o sobreestimar los valores reales, existiendo un valor mínimo y uno máximo.

⁷ Según la Res. DGA N°1.238/2019 el máximo error de medición es de un 5%.

⁸ Este certificado puede ser uno que tenga el usuario de los últimos 12 meses o uno que se genere posterior a la fiscalización.

2. Si el valor mínimo de **RCDC** es superior al caudal total autorizado a extraer en dicha obra de captación, se concluirá que el caudal extraído no está de acuerdo a derecho, existiendo una posible extracción no autorizada de aguas.

4.3. CASOS SIN SISTEMA DE MEDICIÓN.

En aquellos casos en que no exista un flujómetro fijo instalado, se tendrá como válido el caudal medio aforado por la D.G.A., considerando un error de 10% del instrumento.

4.4. CASOS EN QUE NO ES FACTIBLE LA REALIZACIÓN DE UN AFORO

En aquellos casos en que no están las condiciones técnicas para realizar un aforo⁹ o el propietario de la captación impida intervenir las bridas de la tubería, el fiscalizador deberá indicar al sujeto fiscalizado y consignar en el Acta de Inspección en Terreno:

- i. Que se decretará como punto de prueba la efectividad de extraer o no un determinado caudal en el término probatorio del procedimiento.
- ii. Que deberá readecuar las instalaciones para la realización de aforos. Las medidas que adopte el sujeto fiscalizado, deberán ser informadas a la D.G.A. en el proceso de descargos.
- iii. Se apercibirá al presunto infractor, para que dentro de un determinado plazo, instale un Sistema de Medición de Extracciones de acuerdo a lo estipulado en el artículo 68 del Código de Aguas.
- iv. Además, cuando la imposibilidad de realizar el aforo se deba a una negativa injustificada del sujeto fiscalizado, se evaluará la oportunidad y procedencia de aplicar la multa contemplada en el artículo 173 N°1 del Código de Aguas, de acuerdo a lo indicado en el artículo 172 ter, inciso 1°.

⁹ Tuberías en malas condiciones (oxidadas, corroídas) que impidan la instalación del equipo, impedimento dado por las singularidades del sistema de bombeo.

VII. FISCALIZACIÓN DE POZOS DEL ARTÍCULO 56 DEL CÓDIGO DE AGUAS: BÉBIDA Y USO DOMÉSTICO.

El artículo 56 del Código de Aguas establece los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas que se adquieren por el solo ministerio de la Ley, es decir, el título es la propia Ley y no se requiere un acto constitutivo por parte de la autoridad. En su inciso 1º, dispone: *"Cualquiera puede cavar en suelo propio pozos para las bebidas y usos domésticos, aunque de ello resulte menoscabarse el agua de que se alimente algún otro pozo; pero si de ello no reportare utilidad alguna, o no tanta que pueda compararse con el perjuicio ajeno, será obligado a cegarlos"*.

La bebida y los usos domésticos, por su propia naturaleza, son limitados. Así pues, la doctrina ha denominado a esta especial categoría de DAA como **"usos mínimos"**.

Considerando el carácter excepcional de la norma citada, debe ser interpretada restrictivamente, esto es, con estricta sujeción a sus términos.

Sobre la base del Dictamen N°25.837/2010 de Contraloría General de la República, a través del Memo D.L. N°142 de fecha 08 de mayo de 2013, la Dirección General de Aguas ha determinado el sentido y alcance del artículo 56, inciso 1º, señalando:

"Cumplen con la norma, todas aquellas personas naturales o jurídicas que extraen aguas de un pozo para destinarla a la bebida y uso doméstico de un grupo familiar, incluidas aquellas actividades que dicha familia realiza para su mantención y sustento. En el caso especial de terrenos rurales, se debe considerar además que se enmarcan dentro de este concepto la explotación no comercial del terreno rural que habita el grupo familiar, a fin de obtener los productos indispensables para su subsistencia o autoconsumo."

"En lo que respecta específicamente a los procedimientos de fiscalización por extracción ilegal de aguas, los Directores Regionales deberán pronunciarse expresamente en sus resoluciones si una determinada extracción cumple con los requisitos del artículo 56 inciso 1º, para ello, es fundamental que los respectivos informes técnicos emitidos durante el respectivo proceso de fiscalización, contengan una descripción detallada de las obras e instalaciones detectadas y el destino de las aguas extraídas desde el o los pozos fiscalizados".

Pues bien, teniendo presente el marco conceptual explicado, cabe aclarar lo siguiente:

- i. Acreditar la calidad de pozo para la bebida y uso doméstico no exime de ser fiscalizados por la Dirección General de Aguas, ni tampoco de quedar sujetos a la obligación de instalar un sistema de medición de extracciones efectivas, si se ordenase por Resolución D.G.A.
- ii. En las inspecciones en terreno deberá aplicarse el presente Protocolo Técnico. Será obligatorio:
 - Recabar antecedentes en el predio visitado que permitan fundamentar y acreditar, o bien descartar, el uso doméstico. En el Acta de Inspección en Terreno se incluirá, al menos, lo siguiente: descripción de la obra, del tipo de instalaciones, de las bombas hidráulicas utilizadas para la extracción y su potencia, de las instalaciones mecánicas y de energía asociadas a la extracción, la forma de conducción, tipo de cañerías y diámetro de las mismas, la distancia desde la fuente al lugar de

aprovechamiento, características del grupo familiar (nº de personas), existencia de arranque APR¹⁰ o conexión a Servicio Sanitario, otros usos que puedan apreciarse en el lugar.

- Realizar aforo para determinar el caudal que se extrae de la obra de captación, con el propósito de conocer si ello guarda relación con el uso mínimo que regula el inciso 1º del art. 56 del Código de Aguas.

¹⁰ Agua Potable Rural.