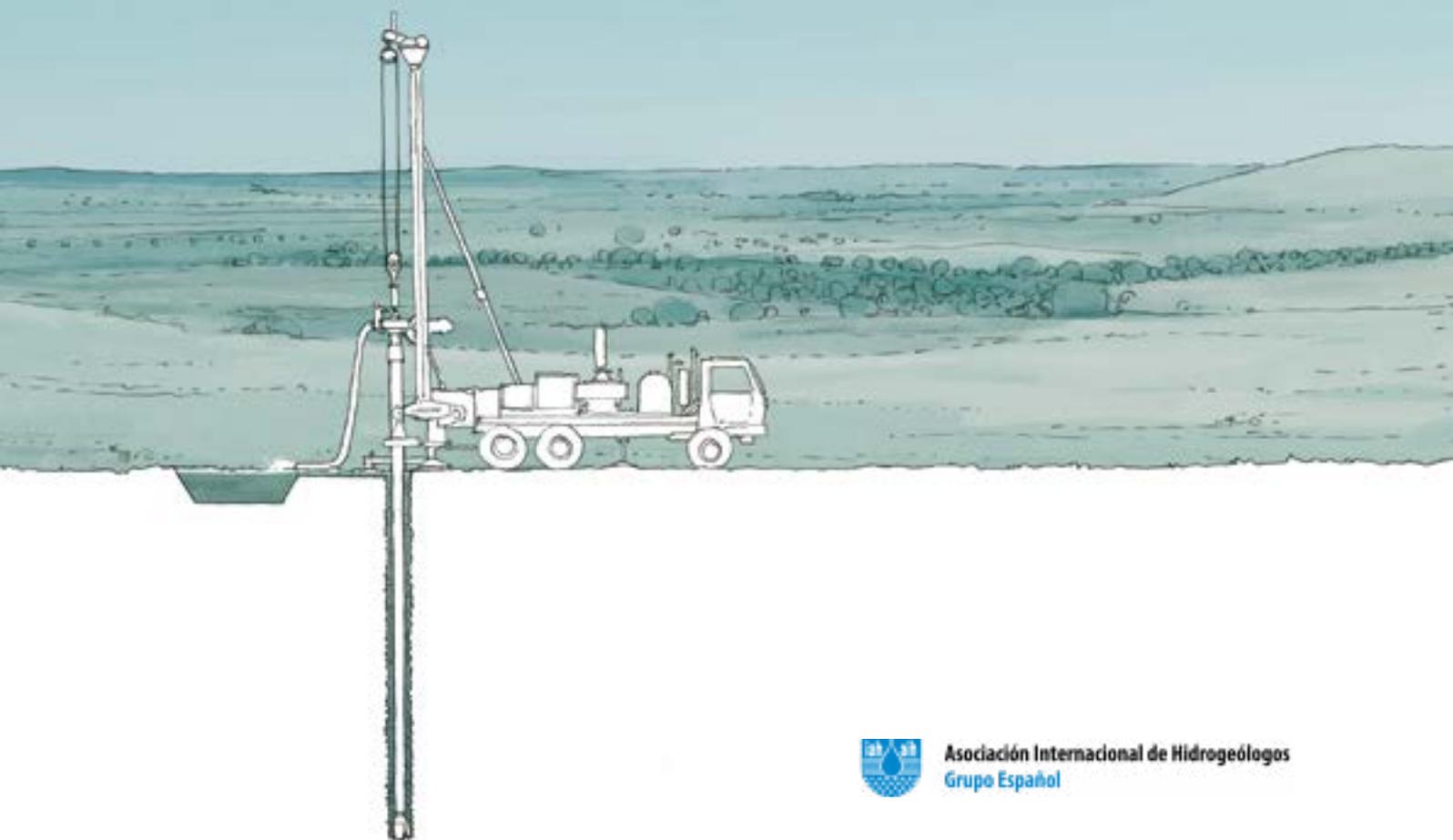


GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS

PARA EL **DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, SELLADO Y CLAUSURA**
DE **POZOS DE CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA**



Asociación Internacional de Hidrogeólogos
Grupo Español

GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS

PARA EL **DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, SELLADO Y CLAUSURA**
DE **POZOS DE CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA**

Editado por: Asociación Internacional de Hidrogeólogos-Grupo Español
Editores: Sergio Martos-Rosillo, Alfredo Barón Périz y Carolina Guardiola-Albert

En memoria de D. Ramón Llamas Madruga, que ya en 1968 tradujo y propuso la aplicación de los estándares para la construcción y diseño de pozos de la AWWA.



Asociación Internacional de Hidrogeólogos
Grupo Español

Editores y coordinadores:

Sergio Martos-Rosillo, Alfredo Barón Pérez y Carolina Guardiola-Albert

Autores:

Sergio Martos-Rosillo (Instituto Geológico y Minero de España, CSIC)
Alfredo Barón Pérez (Colaborador honorífico del Dep. de Geografía de la Univ. de las Islas Baleares)
Carolina Guardiola-Albert (Instituto Geológico y Minero de España, CSIC)
Marc Martínez Parra (Confederación Hidrográfica del Tajo)
Tomás García Ruíz (Compañía General de Soporte a la Ingeniería)
José Antonio Domínguez Sánchez (Instituto Geológico y Minero de España, CSIC)
Ángel Cantudo Muñoz (AQUATEC)
Juan Antonio Hernández Bravo (Diputación de Alicante)
Alfredo Iglesias López (Real Academia de Doctores de España)
José David Comino Martínez (Agencia Catalana del Agua)
Mireia Iglesias Carreras (Agencia Catalana del Agua)
Teresa Carceller Layel (Confederación Hidrográfica del Ebro)
Antonio Nicolás Martínez Sánchez de la Nieta (Instituto Geológico y Minero de España, CSIC)
Alfredo Pérez-Paricio (Agencia Catalana del Agua)
Jordi Pujadas Ferrer (JPF Consultores)
Andrés Sahuquillo

Los autores y revisores contribuyeron a este informe a título individual y sus afiliaciones solo se mencionan con fines de identificación.

Portada:

Rocío Espín Piñar y Patricia Rodríguez Romero

Ilustraciones:

Julia Lillo García, Rocío Espín Piñar y Sergio Martos-Rosillo

Diseño y maquetación:

Patricia Rodríguez Romero

ISBN:

978-84-920529-7-4

2022 Creative Commons (CC BY 4.0) 

Agradecimientos

Los editores y coordinadores de esta publicación quisieran agradecer a la actual junta directiva del Grupo Español de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH-GE), y a sus precedentes, todo el empuje y el continuo apoyo recibido para que esta guía saliera a la luz. Este agradecimiento debe hacerse extensivo a todas las personas asociadas a la AIH-GE, sin las que esta asociación no existiría. Asimismo, se quieren agradecer las numerosas contribuciones, la cesión de fotografías y la revisión y mejora de los distintos capítulos de esta guía realizadas por: Juan Antonio Hernández Bravo, Bruno Ballesteros, Fidel Rivera, Luis Rodríguez, Juan José Rodas Amorós, Juan José Rodas Martínez, Pedro Romero Pavía, Alberto Alba, Juan Franqueza Palacio, Juan Franqueza Pinós, Juan José Durán, Almudena de la Losa, Francisco Martínez, Alfredo Iglesias López, Víctor del Barrio Beato, Esther Sánchez Sánchez, Carlos Baquedano y Eduardo Dorizzi. Muchas gracias por vuestra contribución desinteresada.

A título personal, el primero de los editores quiere mostrar un especial agradecimiento a Diego Martín Sosa, Alfonso Bayó, Alfredo Iglesias, Joaquín Barba Romero, Eduardo Batista, Antonio Azcón, Víctor del Barrio y a Miguel Martín Machuca por estar siempre dispuestos a compartir su amplio conocimiento y experiencia en todo lo relacionado con la captación de agua subterránea. Lo mismo se debe decir de José Solís, Francisco Martínez, Juan Franqueza, Manuel Jiménez, Diego González y de tantos otros grandes profesionales de la construcción y el equipamiento de captaciones de agua subterránea que han hecho que nuestro país sea un referente en este campo. Gracias por vuestra profesionalidad.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y FINALIDADES DE ESTA GUÍA

(Sergio Martos-Rosillo, Alfredo Barón Pérez y Carolina Guardiola-Albert)

9

CAPÍTULO 2. PLANIFICACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE UN POZO DE CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

(Sergio Martos-Rosillo)

17

2.1. Aspectos generales	18
2.2. Estudio hidrogeológico	19
2.3. Diseño de la captación	19
2.4. Elaboración del proyecto constructivo	20
2.5. Gestión de permisos y tramitación de la obra	20
2.6. Ejecución de la obra	21
2.7. Ensayo de bombeo y evaluación del caudal y de la calidad del agua	21
2.8. Informe final	22
2.9. Equipamiento electromecánico	22
2.10. Protección sanitaria y desinfección final	23
2.11. Sellado y clausura	23

CAPÍTULO 3. CONTENIDOS Y RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO

(Sergio Martos-Rosillo)

25

3.1. ¿Qué debe contener el estudio hidrogeológico previo a un sondeo?	26
3.2. ¿Qué resultados se deben conseguir con el estudio hidrogeológico?	27

CAPÍTULO 4. RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE SONDEOS DE CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

(Sergio Martos-Rosillo)

29

4.1. Introducción	30
4.2. Aspectos a considerar antes del diseño de un sondeo	31
4.3. Diámetro	33
4.4. Diseño de sondeos en rocas cristalinas o rocas duras	37
4.5. Diseño de sondeos en rocas consolidadas	40
4.6. Diseño de sondeos en formaciones no consolidadas	43

CAPÍTULO 5. TRAMITACIÓN LEGAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN POZO DE CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

(Carolina Guardiola-Albert, Alfredo Barón, José Antonio Domínguez, Juan Antonio Hernández Bravo, Tomás García Ruíz, José David Comino Martínez, Alfredo Pérez, Mireia Iglesias, Teresa Carceller)

47

5.1. Introducción	48
5.2. Marco legal	49
5.3. Trámites	58
5.4. Ejemplos de tramitación administrativa	63
5.5. Reflexiones sobre la tramitación	70

CAPÍTULO 6. PROPUESTA DE CONTENIDOS DEL PROYECTO TÉCNICO DE UN SONDEO

(José Antonio Domínguez y Carolina Guardiola-Albert)

73

CAPÍTULO 7. CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL POZO

7.1. Condicionantes a considerar en la ubicación de un sondeo (Alfredo Barón Pérez y Carolina Guardiola-Albert)	86
7.2. Control de perforación, testificación y auscultación de sondeos (Ángel Cantudo Muñoz, Sergio Martos-Rosillo y Alfredo Barón)	90
7.3. Entubado (Sergio Martos-Rosillo, Juan Antonio Hernández Bravo, Alfredo Barón Pérez y Jordi Pujadas)	102
7.4. Macizos de grava (Sergio Martos-Rosillo)	132
7.5. Cementación y productos sellantes (Sergio Martos-Rosillo, Alfredo Barón Pérez y Marc Martínez)	142
7.6. Ensayos de bombeo (Sergio Martos-Rosillo y Alfredo Iglesias)	154
7.7. Protección sanitaria del pozo (Sergio Martos-Rosillo y Ángel Cantudo Muñoz)	170
7.8. Desinfección (Sergio Martos-Rosillo y Alfredo Barón Pérez)	176

CAPÍTULO 8. INFORME FINAL

(Sergio Martos-Rosillo)

183

8.1. Introducción	184
8.2. Contenido del informe final de un sondeo	185
8.3. Fichas de inventario de pozos	186

CAPÍTULO 9. ABANDONO Y CLAUSURA DE CAPTACIONES

(Marc Martínez Parra, Sergio Martos-Rosillo, Alfredo Barón Pérez y Tomas García Ruíz)

187

9.1. Introducción	188
9.2. Clausura temporal de una captación	189
9.3. Material y procedimientos de relleno para el sellado de captaciones	190
9.4. Operaciones de sellado	193
9.5. Resumen de operaciones de sellado y de materiales de relleno	206
9.6. Informe final de sellado	206

REFERENCIAS

211

ANEXOS

215

1. Normativa internacional (Alfredo Barón Pérez y Carolina Guardiola-Albert)	216
2. Cualificación requerida para las empresas y el personal dedicado a la construcción de sondeos (Alfredo Barón Pérez, Antonio N. Martínez Sánchez de la Nieta y Carolina Guardiola-Albert)	226
3. Propuesta de Instrucción Técnica para la construcción y abandono de captaciones de aguas subterráneas (Alfredo Barón Pérez, Andrés Sahuquillo, Carolina Guardiola-Albert y Sergio Martos-Rosillo)	234
4. Parte de bombeo	250
5. Ficha de Inventario de Puntos de Agua del IGME	254

1

INTRODUCCIÓN
Y FINALIDADES
DE ESTA GUÍA

1. Introducción y finalidades de esta guía

La excavación de pozos en el terreno para extraer agua del subsuelo es una de las primeras técnicas de construcción realizada por el ser humano. Los pozos más antiguos que se conocen se encontraron en la isla de Chipre y cuentan con unos 11000 años de antigüedad. Tienen profundidades inferiores a los 13 m y diámetros comprendidos entre 1,5 y 1 m, dado que este es el diámetro mínimo que se requiere para que una persona pueda excavar en su interior. Puede que el pozo más antiguo de España sea el enigmático pozo que se descubrió en 2005 al final de la cámara megalítica del dolmen de Menga,

en Antequera (Martos-Rosillo et al., 2018). Se trata de un pozo muy parecido a los encontrados en Chipre, con un diámetro similar y con unos 20 m de profundidad. Aún no se conoce a ciencia cierta si el pozo es coetáneo a la construcción del dolmen. Si fuese así, estaríamos hablando de un pozo con 7700 años de antigüedad. Le seguiría en antigüedad el espectacular pozo de la Motilla del Azuer (Daimiel, Ciudad Real), con una profundidad de 20 m y una antigüedad comprendida entre 4000 y 3800 años (Mejías et al., 2015).

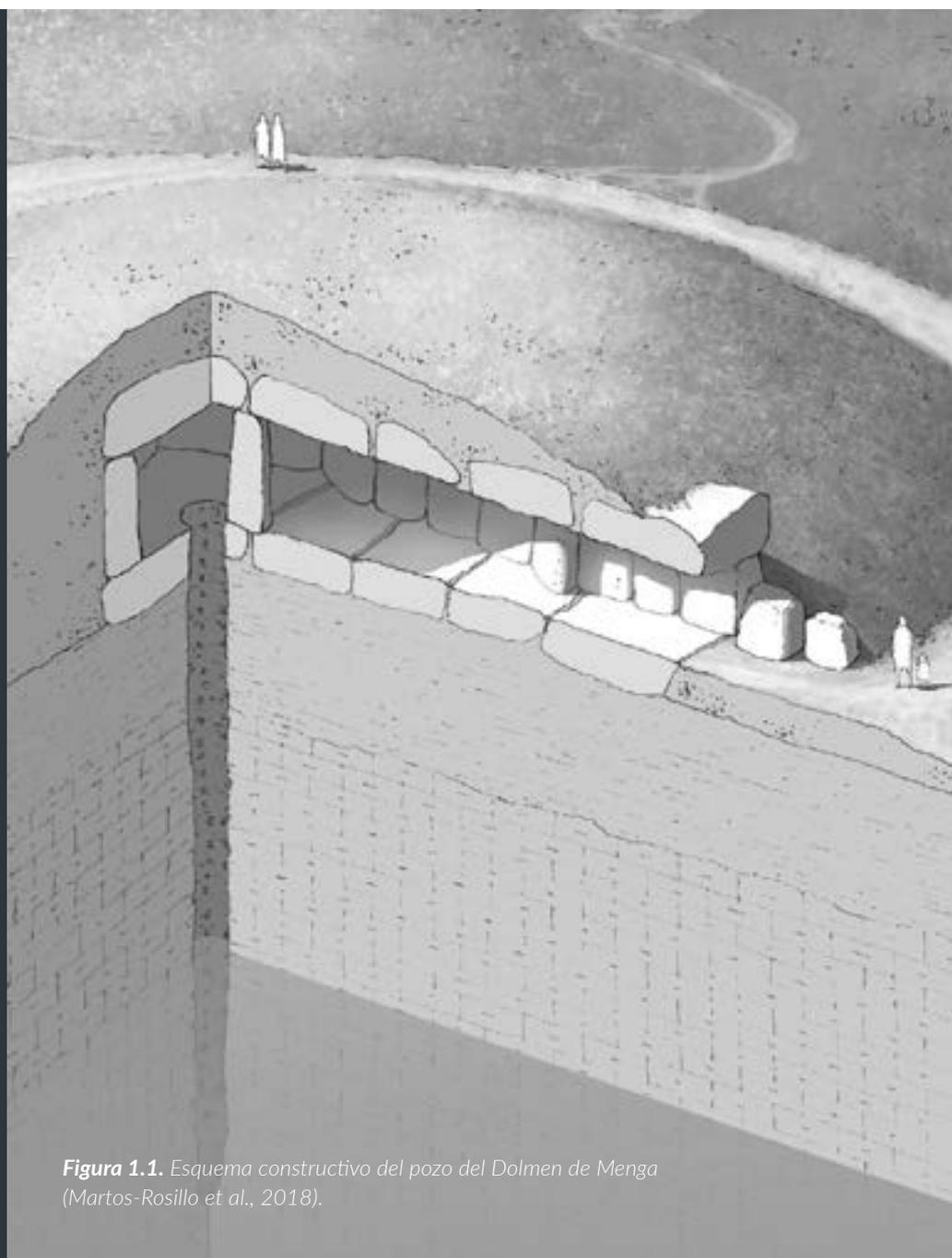


Figura 1.1. Esquema constructivo del pozo del Dolmen de Menga (Martos-Rosillo et al., 2018).

La construcción de pozos empezó a proliferar en nuestro planeta de forma gradual hasta que en la segunda mitad del siglo XX el crecimiento pasó a ser exponencial.

Este brusco aumento en la construcción del número de pozos se debió a cuatro factores fundamentales: las condiciones climáticas de nuestro planeta volvieron a ser cálidas y secas, el ser humano adquirió un conocimiento científico y tecnológico del medio subterráneo que no había tenido hasta la fecha, comenzaron a comercializarse bombas electro-sumergibles y se produce un notable avance y una fuerte reducción de costes de las técnicas de perforación. Se pasó entonces a construir perforaciones de mucho menos diámetro y mucho más profundas que los antiguos pozos excavados a mano, en las que se podían introducir bombas electro-sumergibles, con diámetros inferiores a los 500 mm, con las que elevar importantes caudales de agua a cientos de metros de altura. Los esquemas constructivos pasaron del antiguo pozo excavado a mano al sondeo profundo como el de la figura 1.2, en el que la relación profundidad/diámetro pasa a ser mucho mayor.

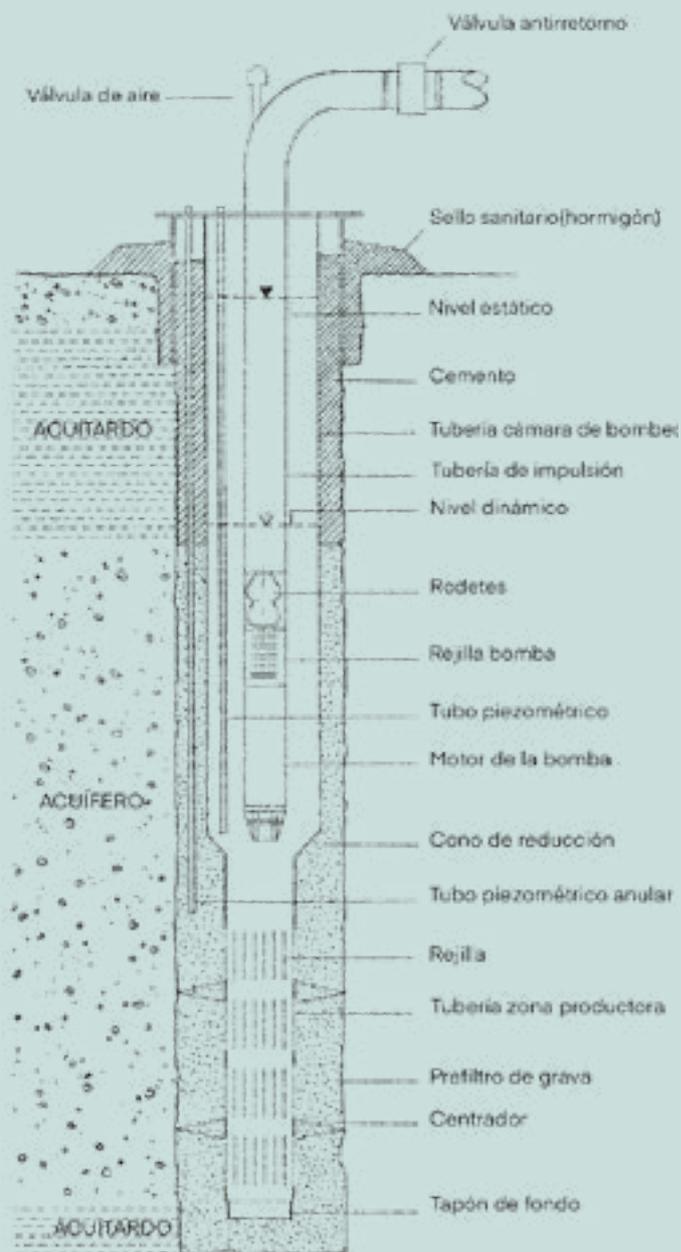


Figura 1.2. Componentes básicos de un sondeo de explotación de agua subterránea.

La proliferación de este tipo de obras de captación contribuyó a mejorar el abastecimiento de la población, a aumentar el rendimiento agrícola de nuestros campos y el de nuestra industria. Sin embargo este incremento del número de pozos no estuvo acompañado de unas medidas de control técnico-administrativo, ni de una normativa adaptada a los avances tecnológicos para la ejecución de este tipo de obras.

La realización de prácticas constructivas inadecuadas, el empleo de materiales de calidad deficiente y el diseño inapropiado de muchos de estos pozos (ver figura 1.3) ha provocado y provoca serios problemas de contaminación de acuíferos, al poderse constituir estas perforaciones verticales como auténticas tuberías de comunicación entre acuíferos contaminados y otros que no lo están (ver figura 1.4). Por otro lado, el abandono, sin un correcto sellado de la captación, de muchas de las perforaciones que han estado operativas y el de otras, que, por resultar negativas, también han sido abandonadas han provocado algunos accidentes de final trágico.

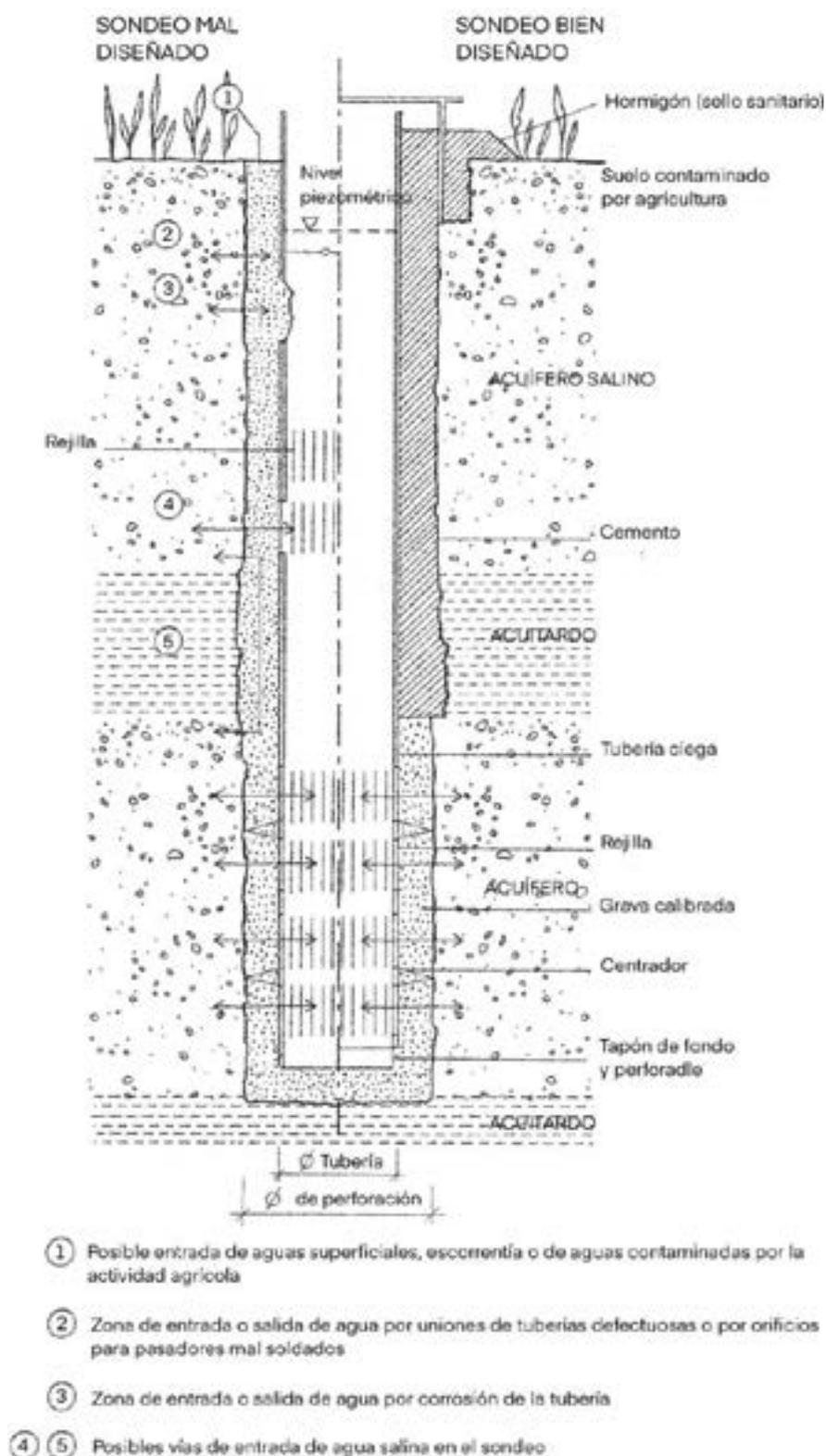


Figura 1.3. Posibles causas por las que un inadecuado diseño constructivo de un sondeo puede provocar la entrada de agua de mala calidad en la captación o la comunicación de acuíferos con distinta calidad del agua.

Esta guía tiene por objetivo ayudar a todas las partes que intervienen en la construcción de un sondeo (incluidos propiedad, dirección de obra, técnicos, empresas y operarios) a hacer que este tipo de obra cumpla con unos mínimos de calidad,

con los que aumentar su durabilidad y su relación coste-eficiencia y con los que evitar que los pozos constituyan tanto una vía de contaminación preferencial de los acuíferos como una trampa mortal debido al inadecuado sellado tras su abandono.

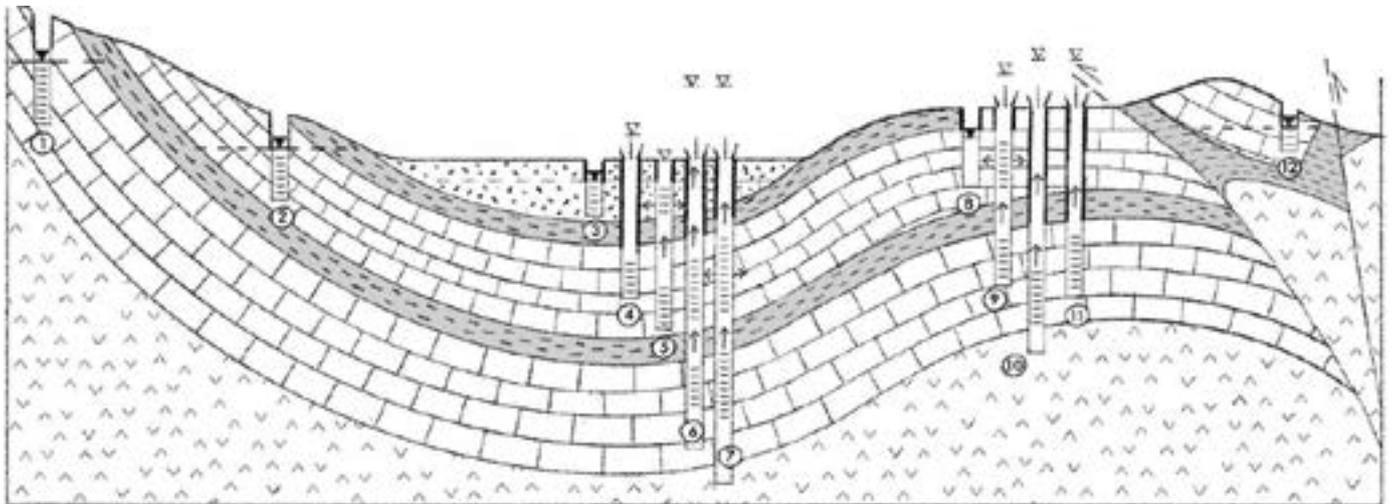


Figura 1.4. Esquema hidrogeológico en el que se muestran diferentes esquemas constructivos de pozos. Se señalan los niveles piezométricos de cada pozo en función de los tramos de rejilla instalados y se indica si existe flujo en el interior del pozo y su sentido. Si el acuífero carbonatado superior estuviese contaminado, el pozo 5 contaminaría el acuífero detrítico libre. Los pozos 6 y 7 conectan los dos acuíferos carbonáticos, permitiendo el flujo desde el acuífero carbonatado inferior al superior. El pozo 10 presentará agua salinizada al haber alcanzado el acuífero profundo, formado por materiales evaporíticos, al igual que el pozo 7 que además aporta agua salina al acuífero carbonático superior.



Pozo excavado en el interior del dolmen de Menga (Antequera, Málaga). Autor: Sergio Martos-Rosillo

En esta guía se ha pretendido aunar en un solo volumen una serie de estándares mínimos necesarios para construir o clausurar un pozo o sondeo de captación de aguas subterráneas.

Muchos de los conceptos aquí recogidos ya están definidos en normativas autonómicas, en normativas específicas de las demarcaciones hidrográficas, o son conocidos por los constructores de sondeos. En consecuencia, algunos de los capítulos de esta guía no se desarrollarán exhaustivamente, si no que incorporan el contenido suficiente para saber cómo se debe realizar la obra y qué normativas o manuales se pueden consultar.



Comienzo de un pozo a cielo abierto en verano de 1951 (Zaricejo, Villena, Alicante). Autor: Bernardo Conca; Fuente: Juan Antonio Hernández Bravo.

En la guía se tratan distintos aspectos relativos a la construcción y clausura de pozos. Se describen, en los tres primeros capítulos, aspectos relacionados con la planificación a desarrollar para llevar cabo la construcción de un pozo y los contenidos mínimos que se deben exigir al estudio hidrogeológico previo, necesario para diseñar y poder construir una captación de agua subterránea. En el cuarto capítulo se dan una serie de recomendaciones para el diseño de un sondeo, en función del tipo de formación geológica a perforar. En el quinto se aborda la tramitación legal para la construcción de un pozo en España. Le siguen los contenidos mínimos que deben ser incluidos en el proyecto de este tipo de obra subterránea. El séptimo capítulo es el más extenso dado que en este se dan recomendaciones respecto a las distancias mínimas que se deben respetar entre el sondeo y posibles focos de contaminación, se indica cómo se debe realizar el control geológico e hidrogeológico a realizar durante la construcción de un sondeo, se tratan aspectos relativos al entubado, engravillado y cementación de los sondeos, a los ensayos de

bombeo y a la protección sanitaria y la desinfección total del pozo una vez acabado. Se recomienda cómo y qué contenido debe tener el informe final de un pozo en el octavo capítulo. Por último, en el noveno, se abordan cuándo y cómo se debe abandonar un pozo y cómo ha de clausurarse para evitar caídas en su interior y para impedir que el pozo sea una vía de contaminación del agua subterránea. La memoria de este libro está acompañada con una serie de anexos. En el primero se presenta una recopilación de la normativa internacional relacionada con la construcción, el diseño y el sellado y clausura de pozos. En el segundo se realiza otra recopilación de la cualificación requerida a las empresas y al personal dedicado a la construcción de pozos de captación de aguas subterráneas. Le sigue un tercer anexo donde se hace una propuesta de instrucción técnica para la construcción y abandono de captaciones de aguas subterráneas y dos anexos más, con estadillos para la realización de ensayos de bombeo y una ficha tipo de inventario de puntos de agua.

Motilla del Azuer. Vista aérea oblicua de la Motilla del Azuer (Daimiel, Ciudad Real), en la que se observa en primer término el pozo de captación de agua subterránea. Autor: Servicio de Trabajos Aéreos del IGME.



2

PLANIFICACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE UN POZO DE CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

2. Planificación para la realización de un pozo de captación de agua subterránea

2.1. Aspectos generales

La planificación de la ejecución de un sondeo de captación de aguas subterráneas implica la consideración de un amplio conjunto de cuestiones técnicas y legales que deben ser conocidas por todo aquel que pretenda acometer este tipo de obra.

En la figura 2.1 se representa un esquema con las distintas etapas a tener en cuenta, desde la realización del informe hidrogeológico preliminar hasta su abandono y clausura, tras finalizar su vida útil.

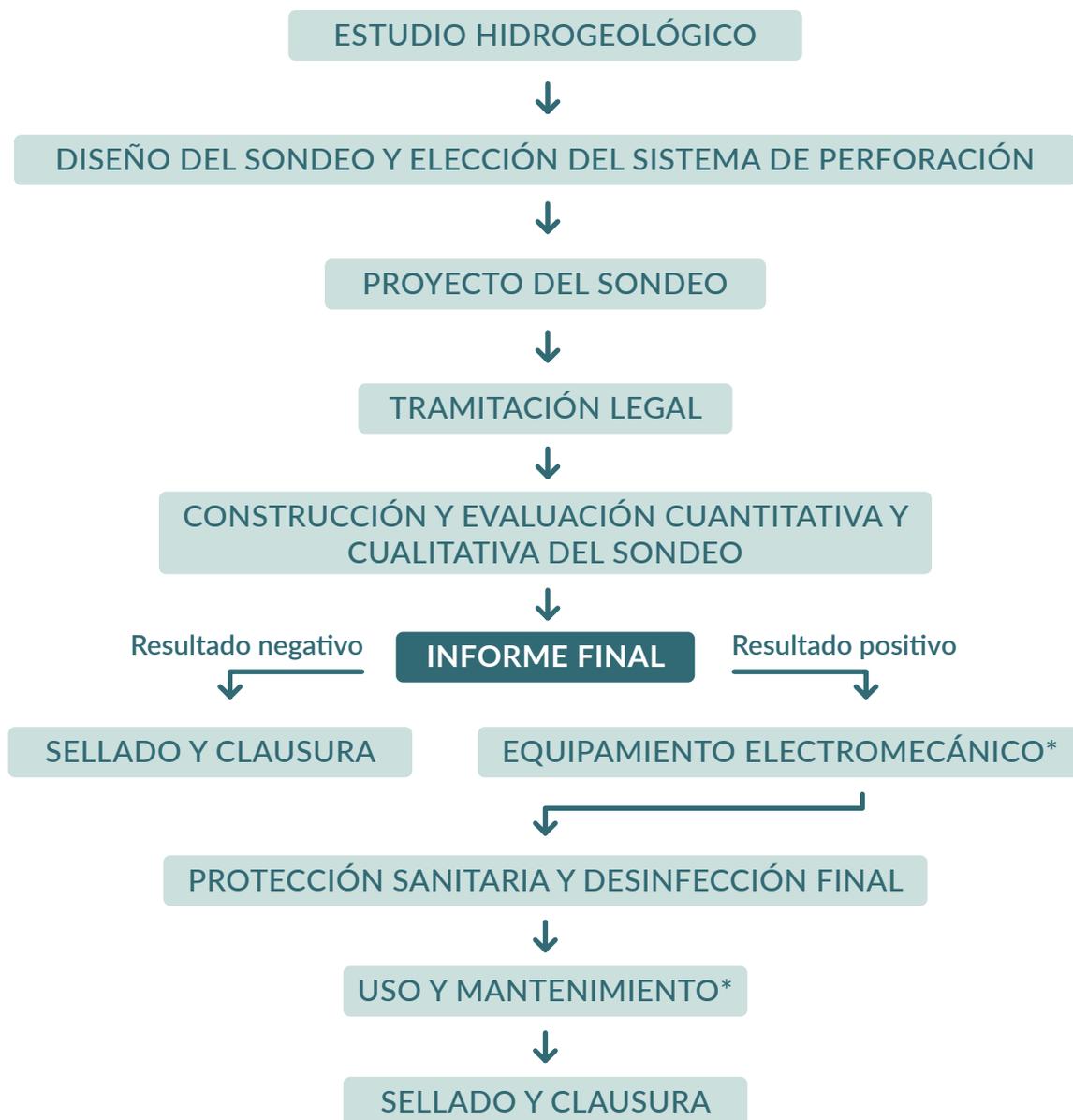


Figura 2.1. Etapas a realizar para la ejecución, puesta en marcha y abandono de un sondeo. *No se considera en esta guía.

2.2. Estudio hidrogeológico

Los sondeos diseñados en base a un estudio hidrogeológico son captaciones más eficientes y más duraderas que las que se hacen sin información previa.

En el estudio hidrogeológico que se hace para la construcción de un sondeo (ver **capítulo 3**) se evalúa el emplazamiento donde se va a realizar la perforación, la litología y la consolidación de los materiales a perforar, la profundidad y el espesor de los materiales, la profundidad del nivel piezométrico, la calidad del agua de las formaciones geológicas y masas de agua del entorno y los parámetros hidráulicos de los materiales, entre otros muchos factores. Toda esta información permite seleccionar el sistema de perforación más adecuado y hacer un correcto diseño del sondeo.



Equipo de perforación de rotación y rotopercusión en circulación inversa. Autor: Pedro Romero.

2.3. Diseño de la captación

El diseño final del pozo de captación de agua subterránea debe obedecer a múltiples factores que deben ser conocidos gracias, fundamentalmente, al estudio hidrogeológico previo. Con todo, son el caudal de explotación, las litologías a perforar y la profundidad del sondeo y la del nivel piezométrico los principales factores a tener en cuenta.

La figura 1.2 representa un esquema constructivo típico de un sondeo de captación de agua subterránea en un acuífero detrítico confinado, al que se superpone, en este caso, un acuífero libre y de naturaleza detrítica. Por su parte, en la figura 1.3 se ha querido mostrar cómo, en un mismo emplazamiento, un diseño inadecuado de un sondeo o una mala praxis en su ejecución pueden dar lugar a que esta captación no pueda extraer un agua de buena calidad.



Equipo de perforación nivelado. Autor: José Antonio Domínguez.

En el **capítulo 4** de esta guía se presentan los diseños más frecuentes de sondeos para la captación de aguas subterráneas en acuíferos en rocas duras, en acuíferos consolidados y en formaciones acuíferas no consolidadas. Asimismo, se indican los sistemas de perforación más adecuados para cada diseño constructivo.

2.4. Elaboración del proyecto constructivo

La realización del proyecto constructivo de un pozo para la captación de agua subterránea es un requisito legal, que consiste en un documento detallado y conciso en el que se dan todas las especificaciones para la realización de la captación, organización de medios, personas, materiales y métodos constructivos. Todo proyecto tendrá asignados unos objetivos, unas especificaciones a cumplir, un plazo de realización y un presupuesto a emplear. Estas son las partes fundamentales que definen el documento definitivo.

El éxito del proyecto se basa en la calidad del estudio hidrogeológico previo, dado que de ahí se tomarán los datos esenciales para la selección del emplazamiento, del sistema de perforación y para el diseño constructivo del pozo.

En el **capítulo 6** de esta guía se describen los documentos, los planos y los contenidos que debe incluir el proyecto para la realización de un pozo de captación de aguas subterráneas.

2.5. Gestión de permisos y tramitación de la obra

La construcción y puesta en marcha de un pozo está regulada y requiere cumplir una serie de requisitos legales. Son necesarios permisos de carácter público y privado, la realización del proyecto constructivo, asignar un director facultativo de la obra y presentar la documentación requerida por distintos organismos públicos. Todo el proceso administrativo a seguir se describe en el **capítulo 5** de esta guía, donde además se describen varios ejemplos de tramitación en distintas comunidades autónomas.



Equipo de perforación realizando un sondeo (Sierra de Estepa, Sevilla). Autor: Sergio Martos-Rosillo.

2.6. Ejecución de la obra

La construcción comienza con la preparación de los accesos y el acondicionamiento del emplazamiento donde se ejecutará la obra. Seguidamente se realiza la fase de perforación, que puede requerir de alguna testificación geofísica durante su ejecución o a su finalización. Le sigue la fase de acondicionamiento, mediante la que el agujero que queda tras la perforación se transforma en un sondeo de captación de agua subterránea. En esta fase se entuba el sondeo, se coloca el macizo de grava y se hacen las cementaciones, en caso de ser necesario. Finaliza la fase de acondicionamiento con la realización de una cementación de la cabeza del sondeo en sus primeros metros de profundidad, de manera que se rellena con lechada de cemento el anular comprendido entre el terreno y la entubación más externa del sondeo. Seguidamente se procede a la limpieza del sondeo y a su desarrollo, si es necesario. Con las operaciones de desarrollo se persigue aumentar la permeabilidad en el entorno de la captación. Se utilizan medios mecánicos (bombes alternos, sobrebombeo, inyección de agua a presión, aire comprimido, pistones), químicos (ácidos, polifosfatos, nieve carbónica) o ambos.

Después de la realización de los ensayos los especialistas en hidrogeología encargados de la obra deciden si el pozo debe ser sometido a un ensayo de bombeo y al muestreo del agua explotada o si por el contrario se decide darlo por negativo, al no haberse conseguido los objetivos para los que se planteó o al haberse ejecutado la obra indebidamente. En caso de resultar negativo debe de procederse a su sellado, siguiendo los procedimientos recomendados en el **capítulo 9** de esta guía.

2.7. Ensayo de bombeo y evaluación del caudal y de la calidad del agua

Hecho el sondeo se debe proceder a evaluar cuantitativamente y cualitativamente la captación. Para ello se realizan los ensayos de bombeo, con los que se determinan las características hidrodinámicas del acuífero captado, el caudal de explotación más aconsejable, la posición y la potencia de la bomba necesaria para explotar ese caudal y se muestrea el agua explotada. El posterior análisis del agua permite conocer si cumple con los requisitos de calidad necesarios para el uso que se le va a dar.

Si se decide que el sondeo no debe ser acondicionado por no alcanzar el caudal de bombeo necesario o por una deficiente calidad del agua, se debe proceder a su sellado.



Desarrollo por sobrebombeo. Autor: Sergio Martos-Rosillo.

2.8. Informe final

Independientemente del resultado positivo o negativo del pozo, siempre se debe realizar un informe final de la obra, donde se recojan los trabajos realizados y sus resultados. En este informe se incluirán todos los resultados e incidencias de la obra, siendo muy importante indicar las modificaciones constructivas respecto al proyecto inicial. Si el sondeo resulta negativo, en el informe se debe especificar detalladamente el sistema de sellado y clausura y el estado final del pozo, adjuntando en el informe las correspondientes fotografías.

El informe final constituye un documento de consulta fundamental para la instalación y puesta en marcha del pozo y para las posteriores operaciones de mantenimiento, por lo que debe hacerse con especial detalle. Los contenidos mínimos que debe incluir el informe final de un pozo de captación de agua subterránea se describen en el **capítulo 8** de esta guía.



Registro geofísico de un sondeo terminado. Autor: Pedro Romero.



Instalación de un equipo de bombeo.

Autor: Juan Antonio Hernández Bravo.

2.9. Equipamiento electromecánico

Los resultados de las fases anteriores deben permitir el correcto dimensionado de las instalaciones para la extracción de agua. La importancia de este trabajo es esencial, dado que tiene una repercusión en el rendimiento de los equipos y en el coste de la extracción del agua.

Se debe partir de un caudal de explotación acorde con la demanda de agua existente, la altura manométrica de elevación, la potencia de la bomba y modelo, la tubería de impulsión y los elementos auxiliares (codos, válvulas, etc.), la procedencia de la corriente eléctrica, la línea de alimentación (potencia a instalar, intensidad de corriente y caída de tensión) y el cuadro de protección y maniobra.

Todos los pozos de explotación de agua subterránea deben contar con dispositivos de medida del nivel piezométrico. Por ello, junto con la tubería de impulsión debe colocarse una tubería piezométrica de una pulgada de diámetro, que permita realizar mediciones puntuales de la profundidad del agua, mediante la introducción de un hidronivel o un registro continuo mediante sensores automáticos de medida del nivel.

2.10. Protección sanitaria y desinfección final

Todos los pozos deben tener una protección sanitaria o un cierre sanitario que impida la contaminación directa del agua subterránea desde la superficie hasta el interior del pozo.

El cierre sanitario de un pozo contiene tres elementos: el cierre de la cabeza de la entubación y de la salida de la tubería de impulsión, el sello sanitario y la caseta de protección. En el **capítulo 7.7.** se describen diferentes procedimientos para realizar la correcta protección sanitaria de este tipo de captaciones.

Una vez terminada la instalación electromecánica del sondeo y su cierre sanitario es recomendable hacer una desinfección final del pozo, especialmente si este va a ser explotado para abastecimiento.

2.11. Sellado y clausura

Los sondeos en los que definitivamente se descarta su uso por su mala ejecución, por no conseguir el objetivo hidrogeológico, por falta de caudal o por mala calidad del agua, deben ser sellados y clausurados de forma inmediata a su perforación.

De igual forma, los pozos que han estado en explotación y que no van a volver a ser utilizados por abandono de actividad, deterioro progresivo de la calidad, descenso excesivo del nivel, agotamiento del acuífero o deterioro de la construcción por corrosión, roturas en la tubería de revestimiento, efectos mecánicos (golpes de ariete), u otros, también deben ser sellados y clausurados, proponiéndose distintos procedimientos en el **capítulo 9** de esta guía.

Ensayo de bombeo (Sierra de Estepa, Sevilla). Autor: Sergio Martos-Rosillo.



3

CONTENIDOS Y RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO

3. Contenidos y resultados del estudio hidrogeológico

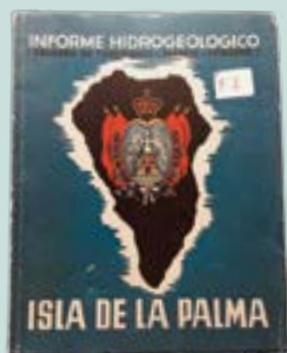
3.1. ¿Qué debe contener el estudio hidrogeológico previo a un sondeo?

Un estudio hidrogeológico para la ejecución de un pozo de captación de agua subterránea debe realizarse con el objetivo de conocer los siguientes aspectos:

- (1) Litologías y formaciones acuíferas a perforar. Es esencial conocer el grado de consolidación y la litología de todos los materiales que se van a perforar, dado que esta cuestión condiciona el sistema de perforación a emplear. Asimismo, se debe conocer si los acuíferos a perforar son acuíferos libres o confinados y, por su puesto, se debe tener una idea lo más aproximada posible de su espesor.
- (2) Niveles piezométricos regionales. No solo interesa saber el nivel piezométrico del acuífero objetivo. Los niveles del resto de acuíferos y de los acuitardos atravesados durante la perforación del sondeo aportan información esencial para su buen diseño constructivo.
- (3) Inventario de los puntos de agua.
- (4) Características hidrogeológicas de los materiales acuíferos. Fundamentalmente, transmisividad, permeabilidad, coeficiente de almacenamiento y porosidad.
- (5) Límites del acuífero a captar, definición geométrica, identificación de la zona de recarga y de las zonas de contorno (límites negativos, como contacto con materiales de baja permeabilidad, y límites positivos, como ríos, lagos y el mar).
- (6) Recursos medios renovables y reservas del acuífero o acuíferos a explotar.
- (7) Calidad del agua de las formaciones geológicas atravesadas. Además de conocer la calidad del agua subterránea del acuífero objetivo, en relación con el uso al que se pretenda destinar, se requiere caracterizar la agresividad y la inscrustabilidad del agua de las formaciones atravesadas para la correcta selección del material para la entubación del pozo. Asimismo, en acuíferos pequeños que están en contacto con otras masas de agua, es muy recomendable conocer su calidad.

Además de esta información puramente hidrogeológica, en el informe también se deben considerar los siguientes aspectos:

- (8) Inventario y localización de potenciales focos de contaminación y la infraestructura eléctrica e hidráulica potencialmente utilizable, en el entorno próximo a los emplazamientos propuestos para la ejecución del sondeo.
- (9) Clasificación y tipo de protección ambiental de los terrenos donde se realizará el sondeo.



Fotografía 1. Informe hidrogeológico de Caldera de Taburiente. Becerril, E. (1951). Publicado por la Editorial Dossat, Madrid. Autor de la fotografía 1: Juan José Durán Valsero. **Fotografía 2.** Esquema hidrogeológico de un acuífero aluvial. (Tomada de “Arte de descubrir los manantiales. Abate Paramell, 1865”). Autor de la fotografía 2: Sergio Martos-Rosillo.

3.2. ¿Qué resultados se deben conseguir con el estudio hidrogeológico?

Una vez generada toda la información necesaria, el estudio hidrogeológico previo a la ejecución de un sondeo de captación de agua subterránea debe facilitar la siguiente información:

- 1.** Ubicación y accesos de los posibles emplazamientos donde realizar la perforación o las perforaciones.
- 2.** Profundidad recomendada, columna litológica prevista, destacando los niveles productivos a explotar y aquellos en los que sea necesario su aislamiento, y grado de consolidación de los materiales.
- 3.** Profundidad prevista del nivel piezométrico, estimación de la productividad hidráulica de la captación y análisis de la garantía del acuífero a explotar, en función de los recursos a extraer por la captación.
- 4.** Características físico-químicas del agua.
- 5.** Sistema de perforación y recomendaciones sobre el diseño constructivo de la captación.

Medida in situ de distintos parámetros físico-químicos del agua. Autor: Carlos Baquedano.



4

RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE SONDEOS DE CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

4. Recomendaciones para el diseño de sondeos de captación de agua subterránea

4.1. Introducción

El diseño de un sondeo de captación de aguas subterráneas depende del caudal que se pretende explotar, de los factores hidrogeológicos y socio-económicos, del tipo de alimentación del equipo de impulsión, de la logística de las operaciones de suministro de componentes y mantenimiento, e incluso de aspectos culturales.

Pese a lo anterior, el éxito en el diseño de una captación de agua subterránea está íntimamente relacionado con la cantidad de información, especialmente la hidrogeológica, que se ha podido recopilar, por eso no hay que escatimar esfuerzos en los estudios previos.

En nuestro país existen profesionales y empresas dedicadas a la construcción de captaciones de agua, a la instalación electromecánica de equipos de bombeo y a su mantenimiento, con una probada solvencia y experiencia, que permiten acometer y poner en marcha sondeos de captación de aguas subterráneas en cualquier tipo de acuífero y a profundidades que en ocasiones han superado el millar de metros. Sin embargo, existen multitud de situaciones en las que no es posible ejecutar un sondeo con el método de perforación más adecuado. Es el caso de perforaciones que se deben realizar dentro de viviendas, en sótanos, instalaciones industriales o en lugares de difícil acceso.

En este capítulo, se hacen una serie de recomendaciones para el diseño de sondeos de captación de agua subterránea en distintos tipos de materiales geológicos, atendiendo fundamentalmente al grado de consolidación de los materiales a perforar. Antes de presentar los diferentes esquemas constructivos de sondeos se presenta un listado de aspectos que deben conocerse para plantear el diseño del sondeo y se explica cómo calcular el diámetro de la cámara de bombeo.

Ensayo de bombeo (Sierra de Aracena, Galaroza, Huelva). Autor: Sergio Martos-Rosillo.



4.2. Aspectos a considerar antes del diseño de un sondeo

Se presenta a continuación un listado de cuestiones que deben ser consideradas antes de iniciar el diseño constructivo de un pozo de captación de aguas subterráneas. La revisión completa de este listado, que los anglosajones denominan “checklist”, es siempre de gran ayuda dado que es fácil pasar por alto algunos aspectos que deben ser incorporados en el planteamiento inicial del diseño de la perforación.

En esta “checklist”, inspirada en la realizada por Misstear et al. (2017), se contempla en primer lugar la información hidrogeológica necesaria para diseñar el sondeo. También están incluidos, y en este orden, otros aspectos fundamentales del diseño, constructivos, de protocolo de muestreo, de método de perforación y otros relacionados con los posibles métodos de desarrollo.

Checklist 	
Aspectos hidrogeológicos	
Tipo de acuífero y litología	<input type="checkbox"/>
Profundidad del nivel piezométrico	<input type="checkbox"/>
Tipo de acuífero (libre, confinado, semiconfinado)	<input type="checkbox"/>
Parámetros hidráulicos	<input type="checkbox"/>
Profundidad y espesor del acuífero o acuíferos	<input type="checkbox"/>
Condiciones de contorno del acuífero (límites positivos/negativos, zonas de recarga...)	<input type="checkbox"/>
Calidad del agua subterránea (uso, contaminación, incrustabilidad/corrosividad)	<input type="checkbox"/>
Parámetros de diseño generales	
Objetivo de la captación: investigación/explotación	<input type="checkbox"/>
Máximo caudal de explotación y régimen de explotación (abast., regadío, industrial)	<input type="checkbox"/>
Tipo y diámetro de la bomba	<input type="checkbox"/>
Profundidad del nivel dinámico	<input type="checkbox"/>
Ubicación del sondeo (accesos, focos de contaminación, líneas eléctricas, conducciones, zonas inundables...)	<input type="checkbox"/>
Litología, grado de consolidación de los materiales y tipo de acuíferos	<input type="checkbox"/>
Esquema constructivo	
Diámetro y profundidad de la cámara de bombeo	<input type="checkbox"/>
Diámetro y profundidad de la zona de admisión	<input type="checkbox"/>
Entubado (total o parcial, solidario o no con la cámara de bombeo)	<input type="checkbox"/>
Sondeo con rejilla u «open hole»	<input type="checkbox"/>
¿Macizo de grava?	<input type="checkbox"/>
¿Cementaciones?	<input type="checkbox"/>
¿Desarrollos?	<input type="checkbox"/>

Checklist



Materiales constructivos

Tipo, composición y espesor de la tubería de revestimiento	<input type="checkbox"/>
Tipo, composición, espesor, % de área hueca y luz de malla de la rejilla	<input type="checkbox"/>
Longitud de rejilla	<input type="checkbox"/>
Macizo de grava (granulometría y composición)	<input type="checkbox"/>
Diseño adecuado de la zona de admisión	<input type="checkbox"/>
Tipo de cementos a emplear	<input type="checkbox"/>

Protocolo de muestreo

Cadencia de muestreo litológico según profundidad	<input type="checkbox"/>
Metodología de muestreo y almacenamiento de muestras	<input type="checkbox"/>
Cadencia de muestreo de testigos	<input type="checkbox"/>
Métodos de obtención de testigos	<input type="checkbox"/>
Muestreo de agua de producción. Cadencia y procedimiento	<input type="checkbox"/>
Medidas de parámetros físico-químicos del agua de producción	<input type="checkbox"/>

Métodos de perforación

¿Materiales consolidados, inconsolidados o ambos?	<input type="checkbox"/>
Profundidades (profundidad máxima) y diámetros	<input type="checkbox"/>
Tiempo de ejecución. ¿Es un pozo de emergencia?	<input type="checkbox"/>
Percusión, rotopercusión, rotación, testigo continuo, helicoidal, sónico, operaciones combinadas	<input type="checkbox"/>
¿Fluidos de perforación?	<input type="checkbox"/>
¿Plataforma de perforación?	<input type="checkbox"/>
¿Hay que tomar muestras inalteradas?	<input type="checkbox"/>

Métodos de desarrollo

¿El diseño del pozo permite tratamientos de desarrollo con pozo cerrado?	<input type="checkbox"/>
¿Los materiales constructivos son adecuados para operaciones de acidificación, jetting, pistoneo...?	<input type="checkbox"/>

4.3. Diámetro

Independientemente del diseño constructivo del pozo, el diámetro de la cámara de bombeo, zona del sondeo comprendida entre la superficie del terreno y donde queda o puede quedar instalada la bomba sumergible (figura 4.1), se calcula de igual modo en todos los casos. Por eso, en el siguiente epígrafe se explica cómo determinar el diámetro de perforación necesario para poder construir una cámara de bombeo acorde al caudal que se pretende extraer.

El diámetro de perforación de un pozo realizado para bombear un determinado caudal está condicionado por el diámetro de la bomba que debe ser colocada en su interior. A mayor caudal de explotación, mayor es el diámetro de la bomba, mayor el diámetro de la cámara de bombeo y, por tanto, mayor deberá ser el diámetro de la perforación.

La práctica totalidad de los pozos de explotación que se construyen en la actualidad utilizan bombas electrosumergibles debido a su elevada relación coste/eficiencia, por esta razón todos los diseños de sondeos que se presentan en esta guía se hacen considerando que serán equipados con este tipo de bombas.

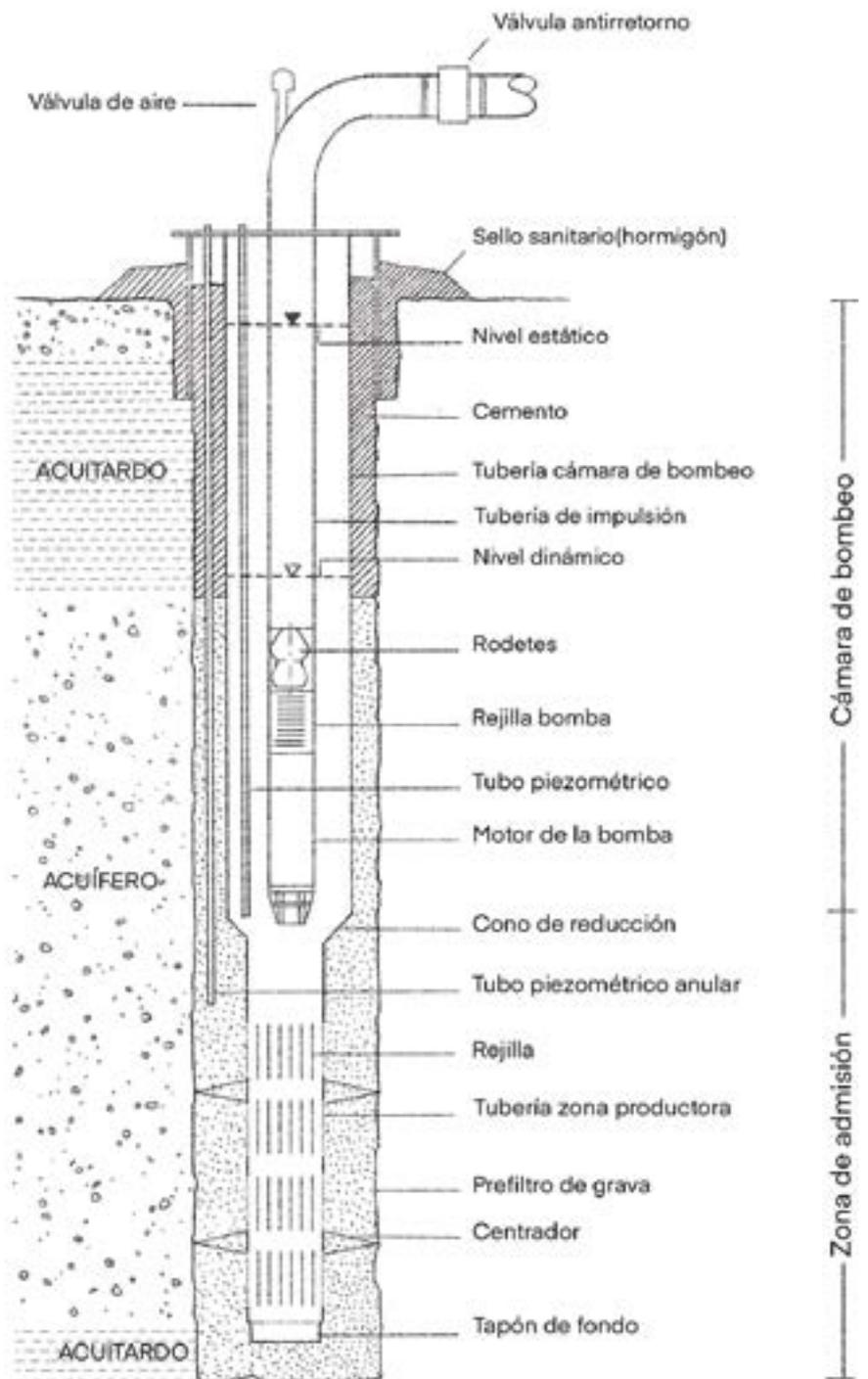


Figura 4.1. Cámara de bombeo y zona de admisión de un sondeo de explotación de aguas subterráneas.

Para conocer el diámetro de la bomba se debe conocer el caudal de explotación y la altura manométrica a la que hay que elevar el agua. Con estos dos datos se pueden consultar los catálogos de bombas que ofrecen las distintas marcas

comerciales y conocer así el diámetro de la bomba que se necesita. En la figura 4.2 se presenta un gráfico caudal vs altura manométrica en el que se diferencian diámetros de los diferentes modelos de bombas comerciales.

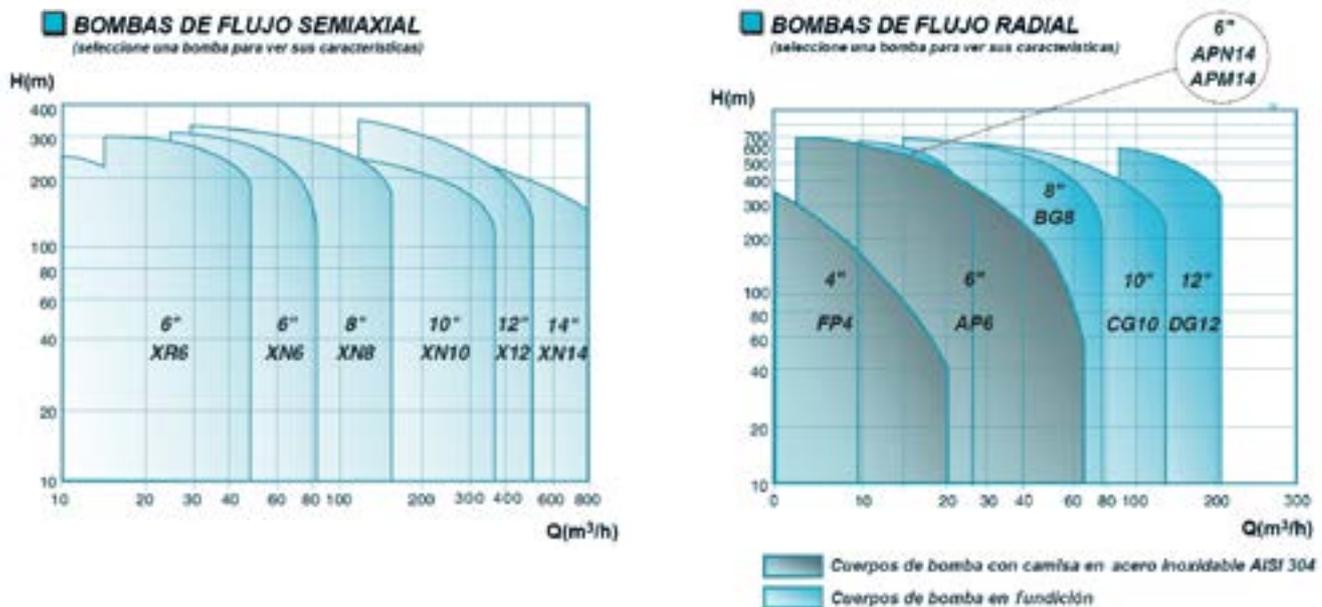


Figura 4.2. Diámetros de electrobombas sumergibles de flujo semiaxial y radial en función del caudal extraíble y la altura manométrica de elevación. Fuente: Catálogo de bombas Aturia.

El diámetro de la cámara de bombeo debe permitir el descenso y el ascenso del equipo de impulsión sin ninguna dificultad. A lo largo de la vida útil de un pozo, la bomba deberá ser extraída en distintas ocasiones por averías, operaciones de mantenimiento o simplemente para su sustitución. Además, el diámetro de la cámara de bombeo debe ser suficiente para que no se creen unas pérdidas de carga excesivas al penetrar el agua en la bomba. Se necesitan velocidades en el entorno de la bomba comprendidas entre 0,5 y 4 m/s. Velocidades de entrada mayores generan grandes pérdidas de carga y velocidades menores impiden la refrigeración de la bomba.

A modo de ejemplo, en la tabla 4.1, se presentan el diámetro óptimo de revestimiento y el diámetro mínimo que debe tener la tubería de la cámara de bombeo con bombas de distinto diámetro y de distinto caudal de explotación. Los datos de caudal de las bombas corresponden a alturas manométricas de 50 y de 200 m.c.a., respectivamente, y se han extraído de la figura 4.2.

Es conveniente tener en cuenta que al instalar bombas de reducido diámetro (menores de 6") estas pueden tener menos diámetro que las bridas o platinas de unión de la tubería de impulsión (figura 4.3), por lo que habrá que consultar los catálogos.

Carcasa bomba	H = 50 m.c.a		H = 200 m.c.a.		Cámara de bombeo	
	Q mín.	Q máx.	Q mín.	Q máx.	Diám. Ópti.	Diám. Mín.
Diámetro	l/s	l/s	l/s	l/s	(mm)	(mm)
Pulgadas/mm						
4/101.6	1	5	1	2	150 DI	125 DI
6/152.4	5	22	2	19	250 DI	200 DI
8/203.2	22	46	19	40	300 DI	250 DI
10/254	46	103	40	58	350 DE	300 DE
12/304.8	103	140	58	120	400 DE	350 DE
14/355.6	140	215	120	135	500 DE	400 DE

Tabla 4.1. Caudales de bombeo, diámetros mínimo y óptimo de la cámara de bombeo para bombas de distinto diámetro y alturas manométricas de elevación de 50 y 200 m.c.a. (Q = Caudal, H = Altura manométrica de elevación, DI = Diámetro interno, DE = Diámetro externo)

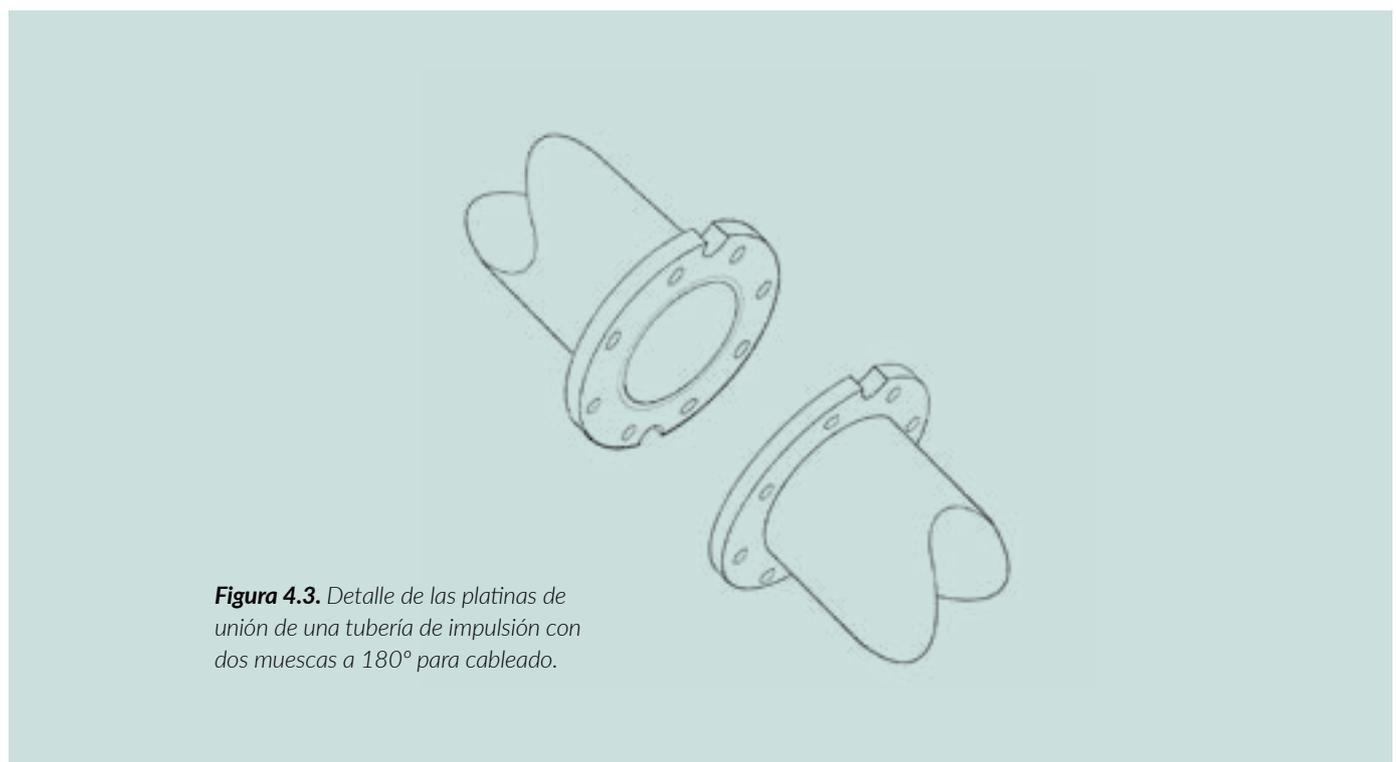


Figura 4.3. Detalle de las platinas de unión de una tubería de impulsión con dos muescas a 180° para cableado.

Conocido el diámetro de la cámara de bombeo se establece el diámetro de perforación. En la tabla 4.2 se presentan, por filas, los diámetros de perforación (según el método seleccionado), que se requieren para los diámetros comerciales más usuales de tuberías unidas mediante soldadura o mediante rosca. Por presentar un ejemplo, un pozo en el que se requiere elevar un caudal de 40 l/s a una altura de 50 m, necesita una cámara de bombeo entubada en 300 mm (tabla 4.1). Si la tubería es metálica y unida mediante soldadura y el sondeo se perfora a percusión, este deberá perforarse con un diámetro de 400 a 450 mm.

Si ese mismo pozo se construye a rotación inversa necesitará un diámetro de perforación de 444,5 mm. Si se requiere colocar macizo de grava o hacer alguna cementación entre la tubería de la cámara de bombeo y la pared del sondeo, se debe subir un peldaño en la columna de los diámetros de perforación por cada operación (tabla 4.2). En nuestro ejemplo, si se requiere colocar un macizo de grava y se perfora a percusión, se tendrá que trabajar con un trépano de 500 mm y si se hace a rotación inversa con un tallante de 508 mm.

Diámetro de perforación				Diámetro de entubado				
Percusión con cable	Rotación directa o inversa		Rotoper. inversa	Tubos roscados				Tubos soldados
				Metálicos			PVC	Metálicos
				Diám. Ext.	Diám. API	Diám. Ext. Manguitos	Diám. Ext. (2)	Diám. Ext. (3)
mm	Pul.	mm	Pul.	Pul.	mm	mm	mm	mm
600 a 650	24"	609,6	(1)	20"	508	533,4	500	450-500
500 a 550	20"	508	(1)	16" a 18,62"	473 a 406	432 a 498	400	400
400 a 450	17,5"	444,5	17,5"	13,31"	340	365	315-330	350-300
300 a 350	12,25"	331,1	12,25"	9,62"	244,5	270	250	250
200 a 250	8,5"	215,9	8,5"	7"	178	194,5	180	180
****	6,25"	158,7	6,25"	5"	127	141	110-140	100-140
****	****	****	4"	3"	76	****	****	****

Tabla 4.2. Relación entre diámetros de perforación y diámetros de entubación de los principales métodos de perforación (Modificada de Bayó, 1996). Rotoper., rotoperación; Diám., diámetro). (1) Diámetros no comerciales de este sistema, aunque existen algunas empresas que perforan en rotoperación directa en 20", hasta que tienen problemas de sobrepresión por la columna de agua en el interior del pozo. (2) Espesores de la pared del tubo de 3 a 18 mm. (3) Espesores de la pared del tubo de 6 a 8 mm.

4.4. Diseño de sondeos en rocas cristalinas o rocas duras

Dentro de este grupo de rocas, conocidas en términos hidrogeológicos como rocas duras, se incluyen las rocas ígneas, las rocas metamórficas y algunas rocas sedimentarias fuertemente cementadas como las areniscas.

Los afloramientos de este tipo de rocas suelen presentar una zona de alteración que en ocasiones da lugar a la existencia de delgados acuíferos libres superficiales, que si están bien alimentados pueden permitir su explotación. Por otro lado, la presencia de fracturas y diaclasas les confiere su principal característica hidrogeológica que es su permeabilidad por fracturación.

El método más adecuado para perforar este tipo de rocas es el de rotopercusión. El más frecuente es, con mucho, el de rotopercusión directa. No obstante, también se suele perforar con máquinas que combinan la rotopercusión y la rotación inversa para perforar pozos profundos y acuíferos en los que la presencia de algunas fracturas muy abiertas impide la recuperación del detritus cuando se perfora en rotopercusión directa.

La profundidad de los sondeos que se realizan en este tipo de acuíferos no suele superar los 100 m. En Singhal y Gupta (2010) se presentan numerosos casos de estudio con los que se comprueba cómo se reduce la permeabilidad de estos acuíferos con la profundidad. Con todo, el adecuado análisis de la información del inventario de pozos de la zona puede permitir tener una idea de la profundidad máxima recomendable.

Los caudales medios de explotación que consiguen los pozos perforados en este tipo de rocas suelen ser inferiores a 1 l/s y en contadas ocasiones se superan 3 l/s. Esta cuestión es esencial para su diseño. Para explotar estos caudales es suficiente con una bomba electro-sumergible de 4" de diámetro (101,6 mm), como se puede comprobar en la tabla 4.1. Por lo tanto, las cámaras de bombeo entubadas con diámetros de 150 a 200 mm son suficientes.



Equipo de rotopercusión directa (Sierra de La Algaidilla, Sevilla).
Autor: Sergio Martos-Rosillo



Equipo de rotopercusión directa perforando (Sierra Norte, Sevilla).
Autor: Sergio Martos-Rosillo

Existen tres esquemas constructivos recomendados. Los dos primeros presentan una configuración en "open-hole" al quedar la zona de admisión sin entubar, mientras que el tercer ejemplo es para el caso particular de acuíferos multicapa con areniscas muy cementadas.

En la figura 4.4 A se ha representado el esquema constructivo de un sondeo construido en un afloramiento de rocas duras donde no hay zona de alteración. La cámara de bombeo se cementa para evitar la contaminación directa del pozo por el anular y para proteger la tubería, mientras que la zona de admisión se deja sin entubar y con un diámetro mínimo de 150 mm, para permitir, en caso de ser necesario, la introducción de equipos de desarrollo.

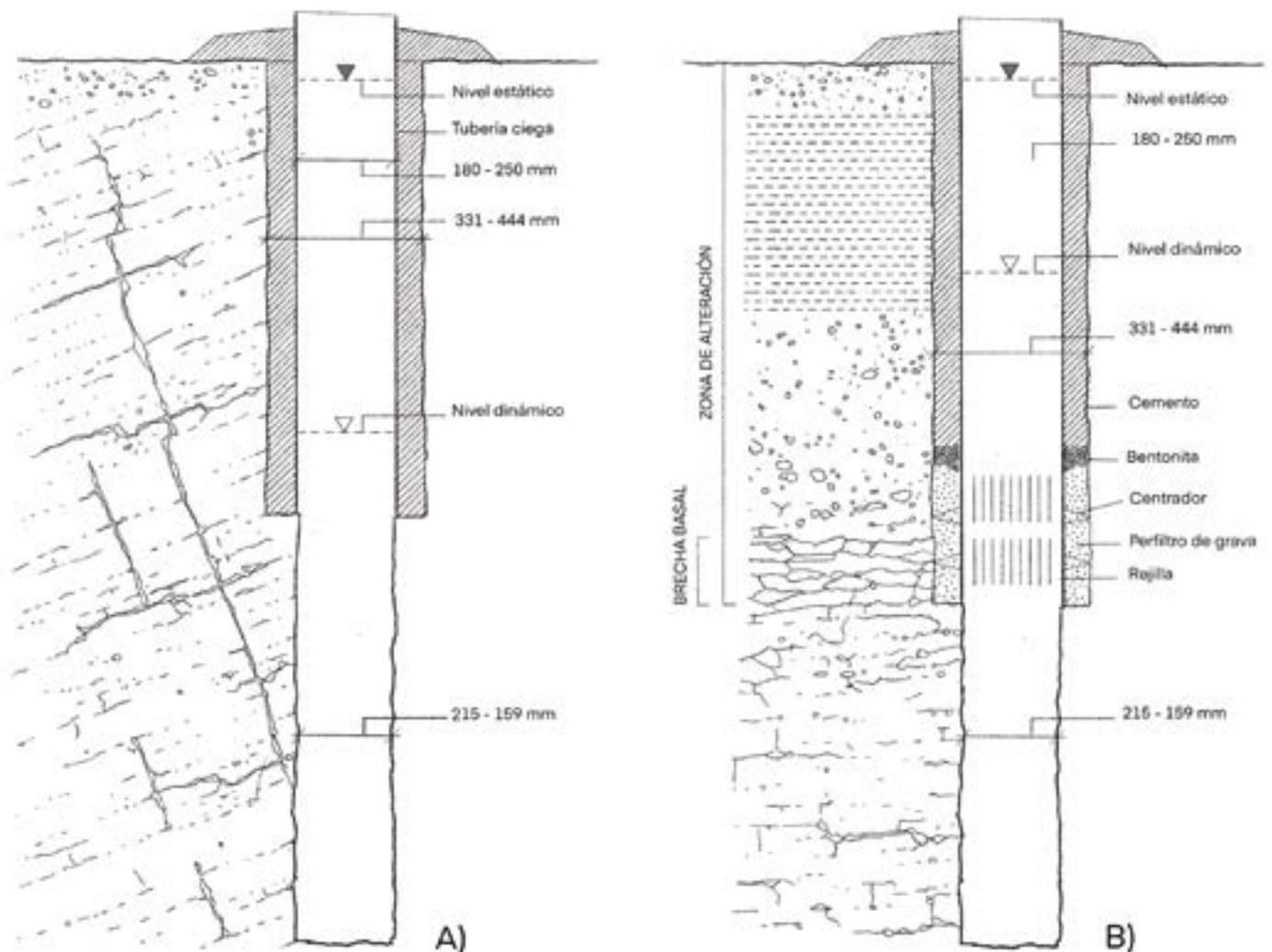


Figura 4.4. Esquemas constructivos de sondeo en rocas duras.

En el ejemplo representado en la figura 4.4 B se presenta el esquema constructivo recomendado para sondeos que se perforan en la zona de alteración de un afloramiento de rocas duras. En este caso la cámara de bombeo es solidaria con la zona de admisión, con la que se capta la zona de transición entre la zona alterada y la roca madre, que suele ser el tramo más productivo en este tipo de acuíferos. Seguidamente, cuando se perfora la roca dura consolidada, el sondeo queda sin entubar al igual que en el caso anterior.

Por último, cuando se pretende perforar una alternancia de areniscas de naturaleza silícea muy cementadas, se recomienda instalar un prefiltro de grava para evitar la entrada de granos de cuarzo en la bomba. En este caso (figura 4.5), el sondeo se entuba en su totalidad con un solo diámetro, enfrentando los tramos filtrantes con los tramos productivos y cementando la cabeza del sondeo para evitar su contaminación. Al colocar el macizo de gravas se requiere utilizar centradores, siendo recomendable dejar la tubería suspendida y poner un tapón de fondo perforable.

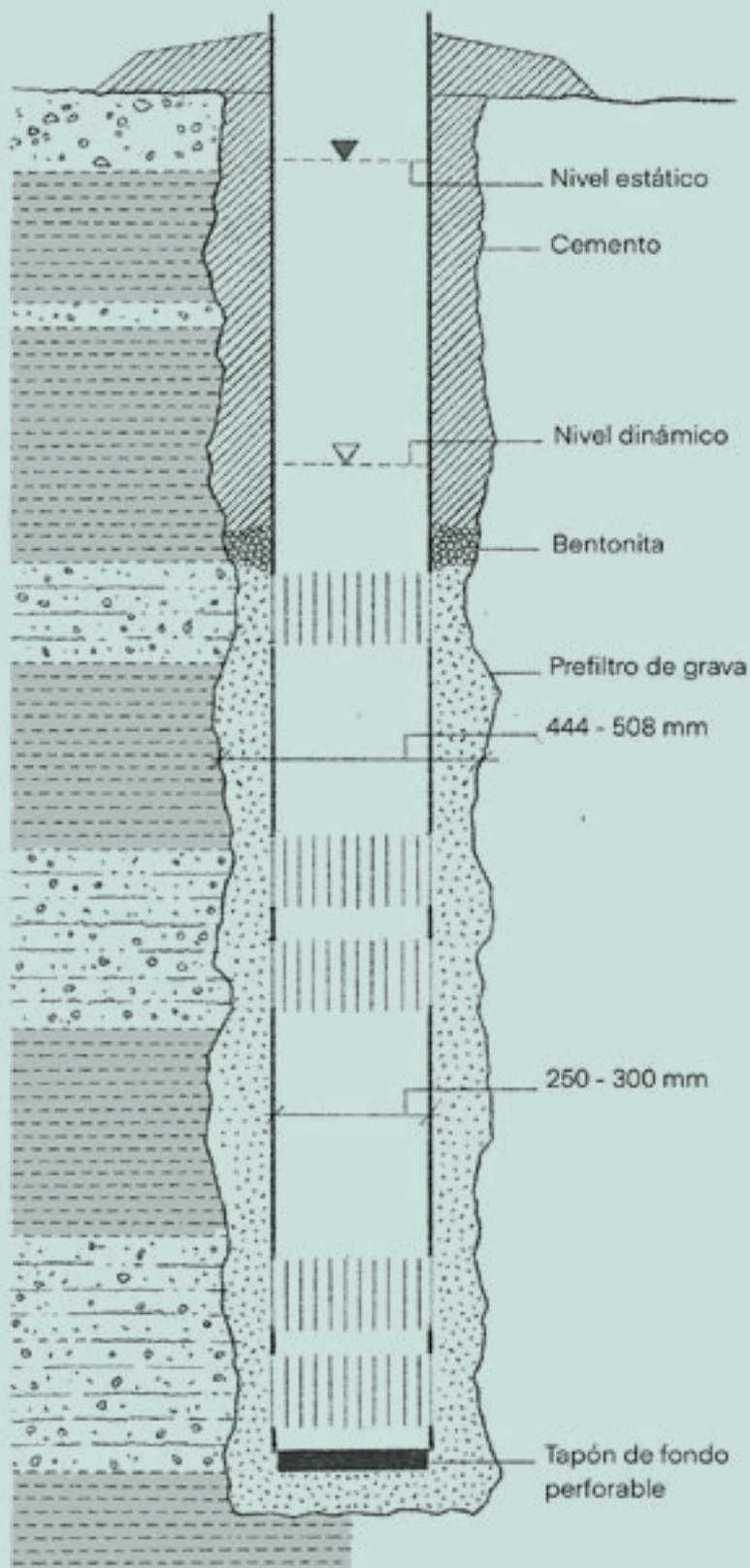


Figura 4.5. Esquema constructivo de sondeo que perfora un acuífero multicapa compuesto por una alternancia de areniscas silíceas muy cementadas.

4.5. Diseño de sondeos en rocas consolidadas

El diseño de los pozos en rocas consolidadas es muy parecido al de las rocas duras, la diferencia consiste en que en el caso de las rocas consolidadas se suelen requerir mayores diámetros y profundidades de perforación.

Los principales acuíferos consolidados son los acuíferos carbonáticos, formados por calizas y dolomías. Estos materiales geológicos pueden proporcionar altas productividades, en especial cuando los sondeos perforan fracturas o conductos conectados con la red principal de conductos kársticos del sistema.

Si se requieren caudales importantes se pueden construir pozos con cámaras de bombeo de 500 mm de diámetro en las que se instalan bombas capaces de suministrar más de 100 l/s.

En España no es muy frecuente, pero en el Reino Unido y en EEUU algunos pozos de abastecimiento colocan los equipos de impulsión desplazados respecto al centro del sondeo para poder instalar un tubo de by-pass de 100 mm de diámetro, paralelo a la tubería de impulsión. Este tubo permite poder hacer registros videográficos y comprobar si es necesario hacer tratamientos químicos para la desincrustación de las rejillas, sin la necesidad de extraer la bomba.

Los métodos de perforación empleados pueden ser variados. Se requieren métodos de perforación adecuados, debido a las pérdidas del fluido de perforación o de la recuperación de detritus cuando se atraviesan fracturas abiertas o conductos kársticos. El método más utilizado en nuestro país para construir este tipo de pozos es el de percusión. Con todo, las sondas que permiten perforar a rotación y a rotopercusión inversa han conseguido alcanzar profundidades superiores a los 1000 m, con columnas de agua de centenares de metros (Martos-Rosillo et al., 2004). Cuando se trabaja con este tipo de equipos es conveniente hacer un sondeo piloto, perforado con un tallante que disponga de un diámetro de 10" o inferior y realizar una prueba de bombeo y recuperación con el sistema de air-lift para determinar la productividad hidráulica del pozo y para muestrear el agua de la formación acuífera. Si las pruebas resultan positivas, se procede a la reperfusión del pozo con mayor diámetro, aprovechando el taladro del sondeo piloto (Martos-Rosillo et al., 2006, 2007).



Equipo de rotopercusión inversa
(Sierra de La Algaiddilla, Sevilla).
Autor: Sergio Martos-Rosillo.

Deben ser destacados los numerosos pozos realizados en las planas litorales del Levante español, donde para atravesar y poder aislar los acuíferos detríticos superiores se perfora a percusión o a rotación directa (si se continúa con la misma sonda) para después pasar a perforar a rotopercusión o a rotación inversa, cuando se alcanzan las calizas infrayacentes (Martos-Rosillo et al., 2004).

El diseño constructivo recomendado en los pozos que se realizan en rocas consolidadas tiene una configuración en “open-hole”, con una cámara de bombeo entubada y protegida con una cementación, que evita la contaminación del pozo, protege a la tubería y permite la realización de métodos de desarrollo químicos con el sistema de “pozo cerrado”.

En cualquier caso, y en relación con el cierre de la cabeza del sondeo, siempre es conveniente entubar y cementar la parte más superficial del sondeo. Más de 12 m frente a roca estable sería el mínimo recomendable.



*Detalle de la válvula de cuchara de un sondeo perforado a percusión.
Autor: Juan Antonio Hernández Bravo.*

Detalle del varillaje de un equipo de rotación inversa con un tricono de 10" y un ensanchador de 17,5". Con este tallante se ensanchó un sondeo piloto perforado en 10", donde se cuantificó la productividad hidráulica mediante un ensayo de bombeo con aire comprimido y donde se analizó la calidad del agua, antes de proceder al ensanche del taladro (Fuentehierdos, Huelva). Autor: Sergio Martos-Rosillo.



Los esquemas constructivos más frecuentes se presentan en la figura 4.6. El caso de la figura 4.6 A correspondería al de un sondeo que perfora un acuífero kárstico situado bajo un pequeño acuífero detrítico libre o bajo una zona de alteración superficial de un acuífero kárstico libre. La cámara de bombeo se entuba y se cementa quedando la zona de admisión sin entubar. El ejemplo representado en la figura 4.6 B sería el de un pozo diseñado para captar un acuífero carbonático confinado/semiconfinado profundo. La cámara de bombeo está entubada y cementada, al igual que la zona donde el pozo se enfrenta a la formación confinante. Se consigue con esta cementación proteger la tubería y evitar presiones radiales centrípetas sobre la tubería. Los diámetros mínimos de la zona de admisión cuando esta queda sin entubar deben ser de 150 mm, para permitir operaciones de desarrollo y rehabilitación. Si es posible, el sondeo debe ser totalmente penetrante y conviene perforar algunos metros en la formación de muro del acuífero, para que los sedimentos que caen en el fondo del pozo no anulen zonas productivas, con el paso del tiempo. En caso de hacer esto último se debe conocer qué tipo de formación está bajo el acuífero. Cuando, por debajo del muro del acuífero existen formaciones evaporíticas que pueden llegar a salinizar el agua del pozo, es preferible no perforarlas. En caso de haber perforado la formación evaporítica, se debe proceder al aislamiento del fondo del pozo, mediante una cementación o mediante la adición de pellets de bentonita.

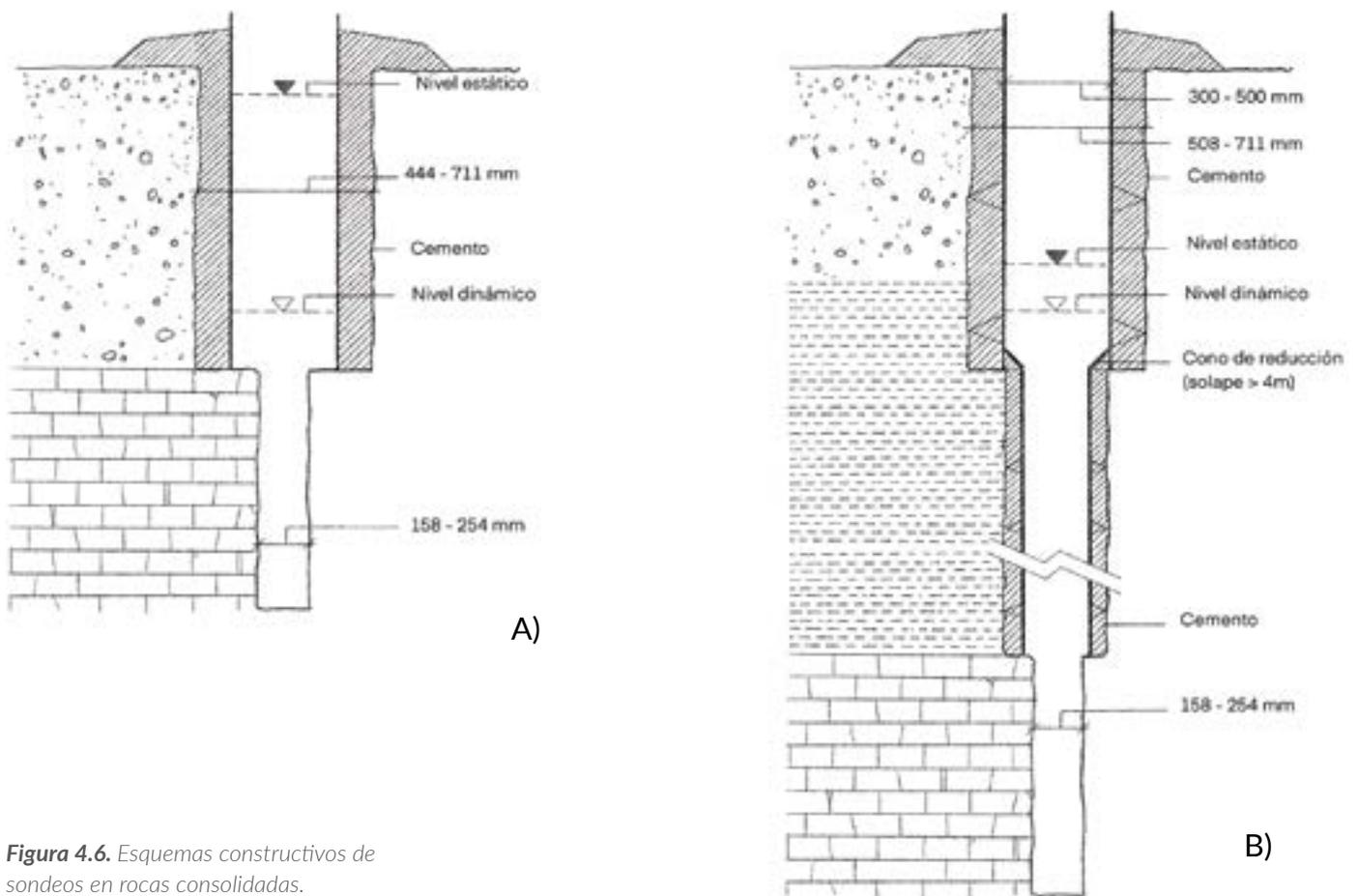


Figura 4.6. Esquemas constructivos de sondeos en rocas consolidadas.

4.6. Diseño de sondeos en formaciones no consolidadas

Dentro de las formaciones no consolidadas quedan incluidas una gran variedad de formaciones geológicas sedimentarias y detríticas que se caracterizan por presentar porosidad y permeabilidad intergranular y por ser formaciones que al ser perforadas pueden colapsar, si no se toman las medidas adecuadas.

Desde el punto de vista del diseño constructivo, el aspecto más importante a tener en cuenta, en los pozos que permiten la explotación de los acuíferos detríticos, es que deben ser diseñados para estabilizar las paredes del sondeo y así evitar su colapso. Esto se consigue mediante el entubado completo de la perforación, en el que se combina la presencia de tramos ciegos con tramos filtrantes (rejillas o filtros) enfrentados a las zonas productivas. Además, para evitar la entrada de arena y para estabilizar las paredes del sondeo se recurre a la colocación de macizos o prefiltros de grava, entre la pared de la perforación y la tubería de revestimiento del pozo. A pesar de estas cuestiones, el diseño de sondeos en este tipo de acuíferos es más homogéneo, incluso, que en el caso de los pozos construidos en materiales consolidados.

El método de perforación más apropiado para este tipo de materiales es el de rotación con circulación inversa. La rotación directa también puede ser utilizada cuando no se requieren grandes diámetros, teniendo especial cuidado en realizar una buena eliminación de los lodos que aíslan los tramos productivos durante la fase de perforación. En algunos acuíferos donde los materiales detríticos tienen cierto grado de cementación se puede perforar por el método de percusión. No obstante, cada vez que se atraviesa un tramo no consolidado se tiene que estabilizar con una entubación, perdiéndose diámetro de perforación con la profundidad.

Los acuíferos inconsolidados más comunes están formados por formaciones detríticas terciarias y cuaternarias producto de la sedimentación fluvial. Estos acuíferos son acuíferos multicapa muy productivos, que pueden alcanzar centenares de metros de espesor. Cuando estas formaciones no tienen mucho espesor conviene hacer pozos totalmente penetrantes, es decir que atraviesen toda la formación permeable, sin embargo, cuando se está perforando un acuífero muy potente no es necesario perforarlo totalmente. En estos casos se puede recurrir al cálculo de la transmisividad necesaria para conseguir un determinado caudal aplicando ecuaciones sencillas como la ecuación de Thiem (Custodio y Llamas, 1983).

El diámetro de perforación para construir la cámara de bombeo estará condicionado por el caudal de explotación que se pretende extraer y por las operaciones de cementación y de engravillado que se tengan que hacer en función del diseño constructivo del pozo. Para cementar o para engravillar un tramo de un pozo hacen falta, al menos, 50 mm entre la pared del sondeo y el entubado. Además, se debe tener en cuenta que el diámetro de la cámara de bombeo debe ser suficiente para subir y bajar la bomba sin problemas y para instalar tubos de control piezométrico.

La profundidad de la cámara de bombeo debe ser analizada con detalle. Si el nivel piezométrico desciende, con el paso del tiempo, la bomba también deberá descender. Hay que conocer la evolución del nivel piezométrico en el acuífero y contar siempre con una profundidad adicional como factor de seguridad.

En el **epígrafe 7.3** de esta guía se describen con detalle los aspectos relacionados con el diseño del entubado de sondeos, diseño de las zonas de admisión y la selección del macizo de grava. Sin embargo, se incide aquí en dónde y qué longitud de rejilla se debe instalar en un pozo según el tipo de acuífero que se perfora.

Cuando se perforan **acuíferos detríticos confinados o semiconfinados** existen distintas recomendaciones en relación con la longitud de rejilla. En Driscoll (1986) se recomienda colocar tramos filtrantes en un 80-90% del espesor saturado. La NGWA (National Ground Water Association) indica que se debe enrejillar el 70% del espesor saturado, si este es menor de 7,5 m; el 75% si está comprendido entre 7,5 y 15 m y el 80% si es mayor de 15 m. En todo caso, la rejilla deberá quedar centrada con respecto al espesor del acuífero (ver figura 4.7 A).

En los **acuíferos libres** también existen distintas recomendaciones en relación con la longitud de rejilla a instalar. En Driscoll (1986) se recomienda colocar entre 1/3 y 1/2 del espesor saturado del acuífero, en

acuíferos homogéneos. La NGWA (2017) recomienda 1/3 del espesor saturado y la Australian Drilling Industry Training Committee (1997) un 40% de dicho espesor. La rejilla en estos acuíferos siempre debe quedar colocada en el fondo del acuífero (figura 4.7 B), debiendo tener especial cuidado en que ésta no quede nunca en zona no saturada y dejando unos metros de tubería ciega al final del sondeo.

En el caso **acuíferos multicapa** con niveles impermeables arcillosos cohesivos y niveles productivos muy delgados hay que enrejillar y engravillar todo el sondeo con un prefiltro que pueda retener las arenas más finas (figura 4.7 C). Si los niveles de baja permeabilidad no son cohesivos hay mucho riesgo de entrada de arenas finas en el pozo.

Por último, se recomienda instalar rejillas con diámetros comprendidos entre 150 y 300 mm. Si el diámetro es inferior a 150 mm no se pueden introducir herramientas de limpieza, mientras que desde el punto de vista hidráulico no tiene sentido instalar rejillas de más de 300 mm de diámetro.

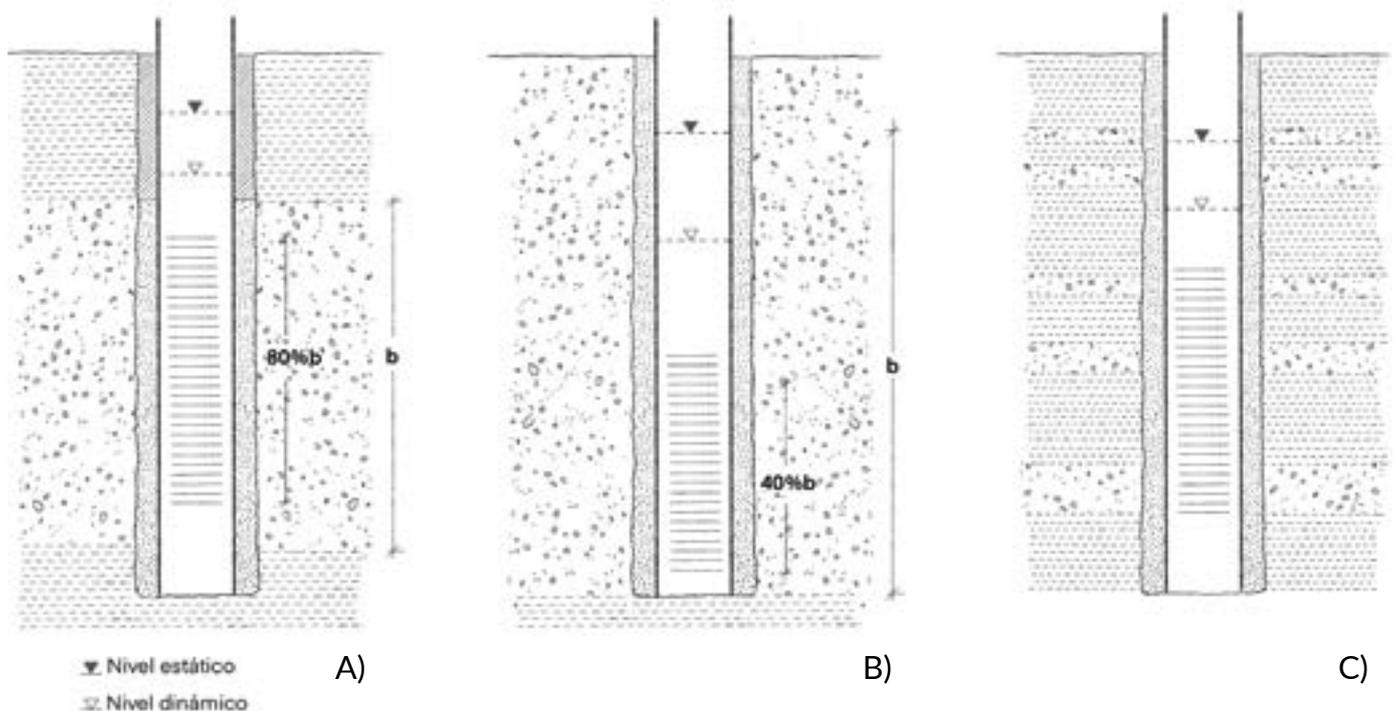


Figura 4.7. A) Recomendaciones sobre la longitud y la posición de los tramos filtrantes en acuíferos detríticos confinados y semiconfinados B) libres y C) multicapa.

Existen dos tipos de diseño de pozos en acuíferos detríticos. El primero, que se ha representado en la figura 4.8, es el esquema constructivo más frecuente en pozos de explotación de agua subterránea. Aunque es un diseño adecuado para acuíferos detríticos no muy profundos, se utiliza en todo tipo de acuíferos. En este diseño constructivo se puede observar que toda la columna de entubación es solidaria, estando unida la zona de admisión, donde se ubican las rejillas, con la entubación general del pozo. En el caso representado, la cámara de bombeo dispone de mayor diámetro que la zona de admisión y ambas se encuentran unidas mediante un cono de reducción. Siempre es recomendable cementar toda la cámara de bombeo además de la zona de cierre sanitario superficial. Los diámetros de la cámara de bombeo suelen quedar comprendidos entre 250 y 500 mm, mientras que los de las zonas de admisión lo están entre 180 y 250 mm. Para que la entubación quede centrada y alineada es mejor dejarla suspendida del cabezal del sondeo, colocar centradores cada 6 m y acondicionarla con un tapón de fondo perforable.

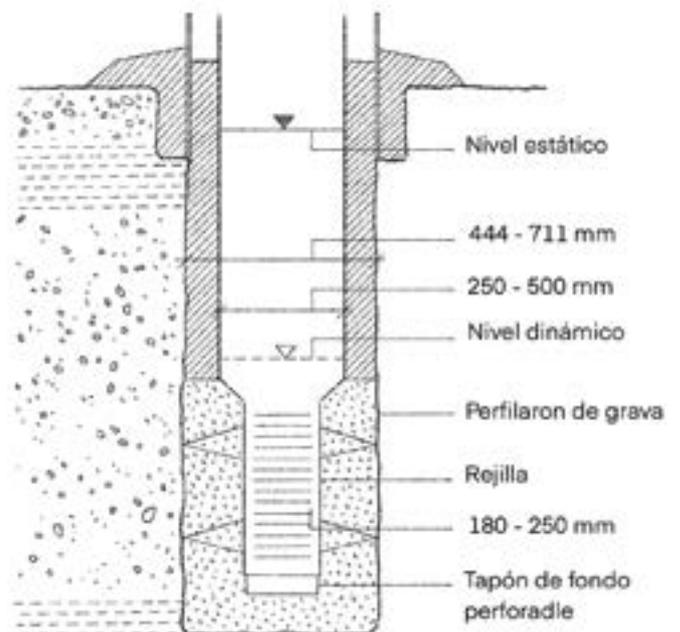
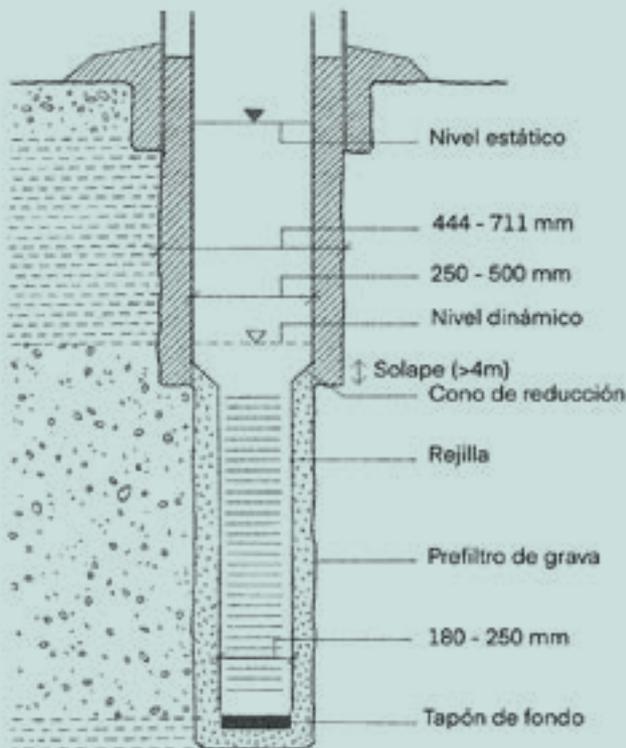


Figura 4.8. Esquema constructivo de sondeos en acuíferos detríticos.



En el caso de acuíferos detríticos profundos, en los que el peso de la columna de entubación es muy importante, se opta por colocar la tubería de admisión independiente de la entubación general del sondeo (figura 4.9). De esta forma la zona de admisión debe quedar colgada en una zona de reducción del diámetro de perforación. Este esquema constructivo obliga a colocar el macizo de grava mediante procedimientos especiales que requieren de la inyección hidráulica de la grava y de piezas de distribución (cross-over). Estos sistemas se explican con mayor detalle en el epígrafe 7.3 de esta guía. Se requiere, también, que el solape entre la tubería de la zona de admisión y la zona donde se reduce el diámetro sea de un mínimo de 4 m (ver figura 4.9). Al igual que en el caso anterior, para facilitar la colocación adecuada del prefiltro de grava se recomienda el uso de centradores.

Figura 4.9. Esquema constructivo de sondeos en acuíferos detríticos profundos.

5

TRAMITACIÓN LEGAL PARA LA CONSTRUCCIÓN Y APROVECHAMIENTO DE UN POZO DE CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

5. Tramitación legal para la construcción y aprovechamiento de un pozo de captación de agua subterránea

5.1. Introducción

El análisis detallado de la legislación vigente realizado en este capítulo pone de manifiesto que la competencia en materia de aguas subterráneas renovables, tanto en el aspecto de obras de explotación como en instalaciones de extracción, seguridad, así como en los aspectos de uso privativo, recae de manera exclusiva en las diferentes administraciones hidráulicas.

En la actualidad y en general, para la construcción de un sondeo de aguas subterráneas es preciso obtener licencia de obra en el ayuntamiento donde se vaya a construir el pozo, presentar un proyecto constructivo de perforación a la autoridad autonómica competente en materia de minería (en algunas comunidades autónomas), solicitar, si el sondeo es positivo, en función del volumen anual solicitado, la autorización o concesión del uso del agua subterránea en el organismo competente de la demarcación hidrográfica correspondiente, y requerir la autorización de equipamiento electromecánico a la autoridad autonómica competente en materia de industria y energía.

El **epígrafe 5.2** de este capítulo describe el marco legal referente a la captación y explotación de aguas subterráneas. En el siguiente, **epígrafe 5.3**, se explican los trámites necesarios hoy en día para la construcción de un sondeo. A modo de ejemplo, en el **epígrafe 5.4** se mencionan algunas particularidades de las gestiones a realizar en dos demarcaciones intracomunitarias y en tres comunidades autónomas españolas. Por último, en el **epígrafe 5.5** se exponen una serie de reflexiones, con el deseo de que las administraciones públicas responsables tomen conciencia de la complejidad que conlleva realizar los trámites necesarios para conseguir todas las autorizaciones mencionadas, y que se adopten las medidas correctoras oportunas de coordinación, que permitan el cumplimiento de la ley.

Equipo de bombeo. Autor: Eduardo Dorizzi.



5.2. Marco legal

El marco legal que regula la perforación de sondeos para captación de aguas subterráneas y su posterior aprovechamiento está disperso entre múltiples normas. La interpretación de éstas ha creado y crea todavía disfunciones administrativas, especialmente en lo referente a la legislación minera respecto a la legislación de aguas. A modo de síntesis, y de forma esquemática, se puede agrupar el ámbito legal básico de la captación de aguas subterráneas en España en cuatro grandes grupos:

- Legislación de minas
- Legislación de aguas
- Legislación de régimen local
- Legislación ambiental

5.2.1. Legislación de minas

La **Ley de Minas de 1973**, en su **artículo segundo, apartado 2**, establece que:

“En cuanto al dominio de las aguas se estará a lo dispuesto en el Código Civil y leyes especiales, sin perjuicio de lo que establece la presente ley en orden a su investigación y aprovechamiento”.

En su **artículo 3** se clasifican los recursos objeto de la ley:

- A) ...
- B) Incluye, con arreglo a las definiciones que establece el capítulo primero del título IV, las aguas minerales, las termales ...
- C)

Artículo 117.

Uno. Incumbe al Ministerio de Industria, en la forma que reglamentariamente se establezca, la inspección y vigilancia de todos los trabajos de exploración, investigación, explotación y aprovechamiento de todos los recursos regulados por esta Ley ... Las referidas funciones de inspección y vigilancia en lo relativo a prevención de accidentes de trabajo y de enfermedades profesionales, así como de la exacta observancia de las normas de seguridad e higiene en el trabajo, se circunscriben a las explotaciones mineras de cualquier orden y a cuantos trabajos regulados por esta Ley exijan la aplicación de técnica minera.

El Reglamento General del Régimen de la Minería (RD 2857/1978) establece en su **artículo 1.4** que:

... “Se entiende necesaria la aplicación de técnica minera en los trabajos que a continuación se enumeran, cuando estos tengan por finalidad la investigación y aprovechamiento de recursos minerales.

- 1º Todos los que se ejecuten mediante labores subterráneas cualquiera que sea su importancia.*
- 2º Los que requieran el uso de explosivos, aunque sean labores superficiales.*
- 3º Los que realizándose a roza abierta y sin empleo de explosivos, requieran la formación de cortas, tajos o bancos de más de tres metros de altura.*

4° Los que, hallándose o no comprendidos en los casos anteriores, requieran el empleo de cualquier tipo de maquinaria para la investigación, extracción, preparación para concentración, depuración o clasificación.

5° Todos los que se realicen en las salinas marítimas y lacustres y en relación con aguas minerales, termales y recursos geotérmicos”.

En su **artículo 2.2** se establece, al igual que en la **Ley de Minas de 1973**, que “en cuanto al Dominio de las Aguas, se estará a lo dispuesto en el Código Civil y leyes especiales, sin perjuicio de lo que establece la Ley de Minas y el presente Reglamento en orden a su investigación y aprovechamiento.”

Por su parte en su **artículo 5**, transcribe la clasificación de los recursos minerales de la Ley de Minas.

Por tanto, de acuerdo a la definición de técnica minera, que implica la investigación y aprovechamiento de recursos minerales, y dado que los recursos de aguas subterráneas no se encuentran incluidos en ninguno de los grupos (A, B, C y D) de la Ley de Minas y de este Reglamento, debe entenderse que los sondeos de captación de aguas subterráneas no aplican técnica minera.

La Ley de Minas excluye de su ámbito de aplicación a las aguas subterráneas (dominio de las aguas), a excepción de los trabajos de investigación, control y aprovechamiento de las aguas objeto de la ley, es decir, las minerales, minero medicinales o termales.

El **Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera**, entre sus 169 artículos, establece en **artículo 108** lo siguiente:

- *Los trabajos de prospección y explotación de aguas subterráneas, mineras y minero medicinales, precisarán aprobación previa.*

- *Periódicamente se efectuará un reconocimiento detallado de los mismos con objeto de controlar su evolución para evitar su agotamiento o sobreexplotación.*

En este reglamento se introduce, junto a las aguas minerales (mineras según el reglamento) y minero medicinales, las aguas subterráneas, excluidas de la Ley de Minas y del Reglamento General de la Minería. Es decir, en este reglamento se contradice el artículo 3 y el artículo 117 de la Ley de Minas y el artículo 1.4 del Reglamento General de la Minería, por lo que la inclusión de las aguas subterráneas no es jurídicamente correcta.

En relación con las normas de seguridad minera, hay que referirse también a la Directiva Europea 89/391/CEE y a la 92/91/CEE, traspuesta esta última a la legislación española por el Real Decreto 1389/1997, modificando el artículo 109 del **Reglamento de Normas Básicas de Seguridad Minera**. Dicha directiva, en su artículo 2 tiene las siguientes definiciones:

- a) *Industrias extractivas por sondeos: las industrias que realizan*
- *De extracción propiamente dicha de minerales por perforación de sondeos y/o*
 - *De prospección con vistas a dicha extracción*
 -

Por su parte, la **Ley 31/1995** de prevención de riesgos laborales establece en su **artículo 7.2** que, “*las funciones de asesoramiento, vigilancia y control del cumplimiento de la normativa de seguridad y salud laboral, continuarán siendo desarrolladas, en lo referente a los trabajos en minas, canteras y túneles que exijan la aplicación de técnica minera, a los que impliquen fabricación, transporte, almacenamiento, manipulación y utilización de explosivos o el empleo de energía nuclear, por los órganos específicos contemplados en su normativa reguladora*”.

Existe suficiente jurisprudencia que establece que un reglamento tiene por función el desarrollo y concreción de una ley, pero no puede introducir aspectos no contemplados en la misma, corroborando que no se debe aplicar el **Reglamento de Normas Básicas de Seguridad Minera** a los sondeos de captación de aguas subterráneas (obras hidráulicas según la **Ley de Aguas**).

Por otra parte, la gestión de la seguridad en una máquina de sondeos para captación de aguas subterráneas es bastante más simple que en cualquier obra de construcción o de ingeniería civil. Los riesgos asociados al uso de estas máquinas no son superiores a los de una grúa-pluma usada para construcción o una máquina de pilotaje, o un bulldozer. Parece no estar justificada la aplicación de normas de seguridad minera que, por lo que se ha expuesto en el análisis de la Ley de Minas y del Reglamento General del Régimen de la Minería, no son aplicables más que a la investigación y explotación de recursos minerales recogidos en la Ley de Minas. A los sondeos de captación y explotación de aguas subterráneas se les debe aplicar, en cuanto a normas de seguridad, lo establecido en la **Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995)** y sus decretos de desarrollo:

- **Real Decreto 487/1997** de 14 de abril sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos en particular dorso lumbares para los trabajadores.
- **Real Decreto 773/1997** de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- **Real Decreto 1215/1997** de 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- **Ley 54/2003**, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- **Real Decreto 171/2004**, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.



5.2.2. Legislación de aguas

TEXTO REFUNDIDO DE LA LEY DE AGUAS (TRLA) Real Decreto Legislativo 1/2001, modificación Ley de 1985

Artículo 1. Objeto de la Ley.

....

-2. Las aguas continentales superficiales, así como las subterráneas renovables, integradas todas ellas en el ciclo hidrológico, constituyen un recurso unitario, subordinado al interés general, que forma parte del dominio público estatal como Dominio Público Hidráulico.

....

- 4. Las aguas minerales y termales se regularán por su legislación específica.

Se separan, al igual que en la Ley de Minas, las aguas subterráneas que corresponden al Dominio Público Hidráulico objeto de esta Ley y de sus reglamentos, de las minerales y termales objeto de la citada Ley de Minas y de los suyos.

- Artículo 2. Definición de Dominio Público Hidráulico.

Constituyen el dominio público hidráulico del Estado, con las salvedades expresamente establecidas en esta Ley:

a. Las aguas continentales, tanto las superficiales como las subterráneas renovables con independencia del tiempo de renovación.

b.

c.

d. Los acuíferos subterráneos a los efectos de los actos de disposición o de afección de los recursos hidráulicos.

- Artículo 17. Funciones del Estado en relación con el dominio público hidráulico.

En relación con el dominio público hidráulico y en el marco de las competencias que le son atribuidas por la Constitución, el Estado ejercerá, especialmente, las funciones siguientes:

a) La planificación hidrológica ...

b) La adopción de las medidas precisas para el cumplimiento de los acuerdos internacionales en materia de aguas.

c) El otorgamiento de concesiones referentes al Dominio Público Hidráulico en las cuencas hidrográficas que excedan del ámbito territorial de una sola comunidad autónoma.

d) El otorgamiento de autorizaciones referentes al Dominio Público Hidráulico, así como la tutela de éste, en las cuencas hidrográficas que excedan del ámbito territorial de una sola comunidad autónoma. La tramitación de las mismas podrá, no obstante, ser encomendada a las comunidades autónomas (ver artículo 53 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH)).

- Artículo 23. Funciones.

1. Son funciones de los organismos de cuenca:

- a) La elaboración del plan hidrológico de cuenca así como su seguimiento y revisión.
- b) La administración y control del Dominio Público Hidráulico.
- c)
- d)
- e)

- Artículo 24.

Los organismos de cuenca tendrán, para el desempeño de sus funciones, además de las que se contemplan expresamente en otros artículos de esta Ley, las siguientes atribuciones y cometidos:

- a) El otorgamiento de autorizaciones y concesiones referentes al Dominio Público Hidráulico...
- b) La inspección y vigilancia del cumplimiento de las condiciones de concesiones y autorizaciones relativas al Dominio Público Hidráulico.
-

- Artículo 25. Colaboración con las comunidades autónomas.

- 1. ...
- 2. Los organismos de cuenca podrán celebrar convenios de colaboración con las comunidades autónomas, las Administraciones locales y las comunidades de usuarios para el ejercicio de sus respectivas competencias, conforme a lo dispuesto en la legislación vigente.
- 3.
- 4.

- Artículo 74. Autorizaciones para investigación de aguas subterráneas.

- 1. El organismo de cuenca podrá otorgar autorizaciones para investigación de aguas subterráneas, con el fin de determinar la existencia de caudales aprovechables ...
- 2.
- 3. Si la investigación fuera favorable, el interesado deberá, en un plazo de seis meses, formalizar la petición de concesión, que se tramitará sin competencia de proyectos

- Artículo 116. Acciones constitutivas de infracción.

3. Se considerarán infracciones administrativas:
....

- c) La apertura de pozos y la instalación en los mismos de instrumentos para la extracción de aguas subterráneas sin disponer previamente de concesión o autorización del organismo de cuenca para la extracción de las aguas.

Según sentencia del Tribunal Superior de Justicia de Castilla-La Mancha (sentencia número 467/2009 de 28 octubre de 2009), para un caso ocurrido en la Confederación Hidrográfica del Guadiana, esto se debe de interpretar en el sentido de que es sancionable la construcción del pozo, o la instalación de los elementos de extracción sin disponer de concesión o autorización, o la realización de ambas cosas.

- Artículo 122. *Concepto de obra hidráulica.*

A los efectos de esta ley se entiende por obra hidráulica la construcción de bienes que tengan la naturaleza inmueble destinados a la captación, extracción ... control y aprovechamiento de las aguas ... y las que tengan como objeto la recarga artificial de acuíferos ... piezómetros, redes de calidad ...

- Artículo 123. *Régimen jurídico de las obras hidráulicas.*

1.

No podrá iniciarse la construcción de una obra hidráulica que comporte la concesión de nuevos usos del agua sin que previamente se obtenga o declare la correspondiente concesión, autorización o reserva demanial.

REGLAMENTO DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO Y OTROS RELACIONADOS

Las administraciones hidráulicas, tanto a nivel estatal para las cuencas intercomunitarias como autonómico en las intracomunitarias, tienen atribuidas por ley la responsabilidad de la gestión, control y protección del Dominio Público Hidráulico, así como la consecución de los objetivos de buen estado cuantitativo y cualitativo, fijados por la Directiva Marco del Agua y su trasposición a la legislación de aguas española.

El **Real Decreto 849/1986 de 11 de abril (Reglamento del Dominio Público Hidráulico, RDPH)**, fija en su **artículo 179** la documentación a presentar para solicitar un permiso de investigación y en el **artículo 180** se regula la actuación de la Administración, en el condicionado de la autorización y la documentación a entregar al final de la obra:

1.

2. *El organismo de cuenca establecerá las condiciones que procedan en las autorizaciones de investigación que otorguen, que, en su caso, se ajustarán a las normas fijadas para cada acuífero o unidad hidrogeológica en el plan hidrológico de cuenca. En particular, podrá establecer*

a)

b)

c) *Normas técnicas de ejecución, como situación de zonas filtrantes, sellado de acuíferos, aislamientos y aquellas otras que resulten convenientes para la mejor conservación de los acuíferos.*

d) *Aforos, ensayos y análisis a realizar*

e) *Para el caso de que la investigación resultase negativa o no interesase la explotación, las normas para el sellado de la perforación y la restitución del terreno a las condiciones iniciales.*

El punto 3 de este artículo establece también que el interesado debe entregar a la Administración: corte geológico de los terrenos atravesados, niveles piezométricos encontrados, profundidades, diámetros, entubación, zonas de filtros y demás características de orden técnico.

En el **artículo 184.3** se dice que, para la obtención de una concesión, el procedimiento contendrá análogos documentos a los indicados para las autorizaciones de investigación.

El Real Decreto 907/2007 de 6 de julio (Reglamento de la Planificación Hidrológica) establece por su parte en el artículo 54, en sus puntos 1 y 4, que el plan hidrológico determinará los criterios básicos para la protección de las aguas subterráneas y establecerá para cada masa de agua subterránea, en la medida que se requiera, normas para el otorgamiento de concesiones, referidas al caudal máximo instantáneo por captación, distancias entre aprovechamientos, profundidades de perforación y de instalación de bombas, sellado de pozos abandonados o en desuso, así como las condiciones que deben reunir las concesiones para que sean consideradas de escasa importancia.

El Real Decreto 1514/2009 de 2 de octubre, en el que se regula la protección de aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro, en trasposición de la Directiva 2006/118/CE de 12 de octubre, en su **artículo 6** Medidas para prevenir o limitar las entradas de contaminantes en las aguas subterráneas, establece en su punto 1b), que se deberán aplicar las mejores prácticas ambientales y las mejoras técnicas disponibles especificadas en la normativa que sea de aplicación, incluyendo en particular:

“ ...

Las relativas a aquellas actividades, en particular obras subterráneas y construcción de pozos, que puedan facilitar la entrada de contaminantes en el acuífero ...”.

Además, hay que recordar que conforme al **Derecho de la Unión Europea** “los estados miembros habrán de aplicar las medidas necesarias para evitar o limitar la entrada de contaminantes en las aguas subterráneas y evitar el deterioro del estado de todas las masas de agua subterránea” (artículo 4.1.b.i) de la **Directiva 2000/60/CE** y que “siempre que sea técnicamente posible, se tendrán en cuenta las entradas de contaminantes procedentes de fuentes de contaminación difusas que tengan un impacto en el estado químico de las aguas subterráneas” (artículo 6.2 de la Directiva 2006/118/CE). Téngase en cuenta que, como señala la adaptación española de esta última directiva, la adopción de medidas de prevención es importante en las “obras subterráneas y construcción de pozos, que puedan facilitar la entrada de contaminantes en el acuífero” (artículo 6.1.b del Real Decreto 1514/2009).

Igualmente es relevante considerar que según la jurisprudencia del **Tribunal de Justicia de la Unión Europea** al aplicar el derecho interno y, en particular, las disposiciones de una normativa específicamente adoptada para ejecutar lo exigido por una directiva, los órganos jurisdiccionales nacionales están obligados a interpretar ese derecho, en la medida de lo posible, a la luz de la letra y de la finalidad de esta directiva para alcanzar el resultado que ésta persigue y, por lo tanto, atenerse al artículo 249 CE, párrafo tercero» (sentencia del Tribunal de Justicia de la Unión Europea de 10 de abril de 1984, C-14/83, Colson y Kamann, EU:C:1984:153, apartado 26).

Conforme a la citada jurisprudencia las autoridades españolas deben interpretar al artículo 180.2 del **Real Decreto 849/1986** conforme al artículo 4.1.b.i) de la **Directiva 2000/60/CE** y artículo 6.2 de la **Directiva 2006/118/CE**, y por lo tanto, aplicar las medidas necesarias para evitar o limitar la entrada de contaminantes en las aguas subterráneas y evitar el deterioro del estado de todas las masas de agua subterránea, lo que comprende necesariamente establecer y exigir el cumplimiento de unas normas técnicas de ejecución de pozos y sondeos.

Por su parte, el **Real Decreto 907/2007, de 6 de julio**, por el que se aprueba el **Reglamento de la Planificación Hidrológica** establece en su artículo 54: *El plan hidrológico determinará los criterios básicos para la protección de las aguas subterráneas y establecerá para cada masa de agua subterránea, en la medida que se requiera, normas para el otorgamiento de concesiones, referidas al caudal máximo instantáneo por captación, distancias entre aprovechamientos, profundidades de perforación y de instalación de bombas, sellado de pozos abandonados o en desuso, así como las condiciones que deben reunir las concesiones para que sean consideradas de escasa importancia.*

COMPETENCIA EN MATERIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS RENOVABLES

El análisis detallado de la legislación vigente pone de manifiesto, de acuerdo con el principio de prevalencia, que la competencia en materia de aguas subterráneas renovables, tanto en el aspecto de obras de explotación como en instalaciones de extracción (consideradas obras hidráulicas por la Ley de Aguas), seguridad, así como en los aspectos concesionales de caudales y volúmenes aprovechables, recae de manera exclusiva en las diferentes administraciones hidráulicas.

En este sentido se han manifestado las sentencias, emitidas por cuestiones de competencias profesionales, pero que aportan suficientes consideraciones al respecto:

- **TSJ de Castilla y León**, de 23 de diciembre de 1998
- **TSJ de Madrid**, sección octava de la Sala de lo Contencioso Administrativo, sentencia número 66 de 17 de febrero de 2015.
- **TSJ de Cataluña**, sentencia número 30/2016 de 22 de enero.
- **Tribunal Supremo**, Sala de lo Contencioso Administrativo, sección cuarta, sentencia 1756/2017, con relación a la sentencia número 66/2015 del Tribunal Superior de Justicia de Madrid.

Resulta asimismo interesante por su claridad, el **informe de la Abogacía del Estado de Zaragoza** (4 de enero 2013), a consulta de la Confederación Hidrográfica del Ebro, en el que se afirma: *“debe mantenerse la inequívoca competencia de esa CHE y la correlativa incompetencia de la DGA para autorizar perforaciones y aprovechamientos de aguas mediante pozos (con carácter general y no solo en los supuestos del artículo 54.2 del TRLA), salvo en aquellos supuestos en los que su destino sea cualquier aprovechamiento minero, de aguas minerales o termales o que se encuentre en un perímetro de protección señalado para un aprovechamiento minero de la Sección B...”*.

A los efectos del análisis de estas cuestiones, es también aclaratorio el **informe de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia**, de 1 de febrero de 2017, referido a competencias profesionales pero que marginalmente toca los aspectos de competencias administrativas.

Dichas sentencias han llevado a la Agencia Catalana del Agua, a obviar a la autoridad minera para las captaciones e instalaciones de elevación de aguas subterráneas y recientemente a la Administración de Minas de la Comunidad de Madrid, a no tramitar los expedientes de captación de aguas subterráneas por no considerarlos de su competencia.

Por todo lo mencionado, y para poder dar una solución a los problemas de competencia aquí comentados, es necesario y urgente modificar la **Ley de Minas** para adaptarla a lo establecido en la **Ley de Aguas de 1985**.

5.2.3. Legislación de régimen local

Para la construcción de un pozo o sondeo de aguas subterráneas, según la **Ley 7/1985** de 2 de abril, reguladora de las **bases de régimen local** y sus posteriores actualizaciones, es preciso obtener licencia de obra en el ayuntamiento donde se vaya a construir el pozo. En algunas ocasiones, de cara a la tramitación municipal, el proyecto de la captación hidrogeológica se recoge de forma integrada en un proyecto más amplio de edificación al que se refiere la **Ley 38/1999** de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (en sus **artículos 2 y 4**, entre otros). También es preciso considerar que las **leyes del suelo de ámbito autonómico** dan las instrucciones a los ayuntamientos en relación con los procedimientos de otorgamiento de licencias de obra, como puede suceder con las captaciones a realizar en terrenos no urbanizables.

5.2.4. Legislación medioambiental

La **Ley 21/2013**, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental es la normativa básica donde se pueden identificar los aspectos medioambientales que hay que considerar en un proyecto de captación de aguas subterráneas. En esta normativa el requisito del estudio de evaluación de impacto ambiental presenta dos modalidades, según el tipo de proyecto: **evaluación de impacto ambiental ordinaria o evaluación de impacto ambiental simplificada**.

Los requerimientos medioambientales en relación con la captación de aguas subterráneas se recogen en el artículo 7 de la citada normativa: *“Ámbito de aplicación de la evaluación de impacto ambiental”*. En este artículo se indica que serán objeto de una evaluación de impacto ambiental ordinaria los proyectos de ingeniería hidráulica y de gestión de agua que correspondan a *“proyectos para la extracción de aguas subterráneas o la recarga artificial de acuíferos, si el volumen anual de agua extraída o aportada es igual o superior a 10 hectómetros cúbicos”* (anexo I, Grupo 7-b). También en este artículo 7 se indica que serán objeto de una evaluación de impacto ambiental simplificada los proyectos de ingeniería hidráulica y de gestión de agua que correspondan a *“extracción de aguas subterráneas o recarga de acuíferos (no incluidos en el anexo I) cuando el volumen anual de agua extraída o aportada sea superior 1 hectómetro cúbico e inferior a 10 hectómetros cúbicos anuales”* (anexo II, Grupo 8-b). Además, en el anexo II al que se refiere el artículo 7, se incluyen también las *“perforaciones de más de 120 metros para el abastecimiento de agua”* (anexo II, Grupo 3-a- 3.º). En este artículo 7 (apartado 2. b) también se indica que serán objeto de una evaluación de impacto ambiental simplificada los proyectos no incluidos ni en el anexo I ni el anexo II (entre los que se encuentran los supuestos comentados antes) pero que puedan afectar de forma apreciable, directa o indirectamente, a espacios protegidos de la Red Natura 2000. Por lo tanto, cuando se esté proyectando una captación hidrogeológica es importante evaluar si existe posibilidad de afección a algún espacio del tipo indicado.

Las comunidades autónomas, en el uso de sus competencias, elaboran normativas que amplían los contenidos de la legislación estatal referida en los anteriores párrafos, por lo que es preciso también consultar estas legislaciones al realizar un proyecto de captación de aguas subterráneas.

Ensayo de bombeo con medida de caudal con tubo pitot. Autor: Juan José Rodas Martínez.



5.3. Trámites

De forma general a nivel nacional, para la realización de una obra de perforación de un pozo o sondeo, a fecha de hoy, es necesario obtener las siguientes autorizaciones:

- Propiedad del terreno.
- Ayuntamiento.
- Organismo autonómico competente en materia de minería (según la comunidad autónoma).
- Organismo autonómico competente en materia de industria.
- Confederación hidrográfica u organismo autonómico competente.
- Órgano administrativo de medioambiente.

A continuación se recoge en forma resumida el contenido de estas autorizaciones.

5.3.1. Propietario del terreno

Habitualmente el propietario de un terreno es el que efectúa los pozos para captación de agua, pues la titularidad de la obra es del dueño de la finca donde se ubique el sondeo. Pero existen ocasiones en las que esto no es así, como, por ejemplo, cuando se desea realizar sondeos de investigación en un determinado terreno dado. En estos casos es preciso proceder en primer lugar a obtener el permiso del dueño. Lo más adecuado es que el permiso se formalice mediante un escrito.

En los terrenos de titularidad pública, tales como Dominio Público Hidráulico, montes públicos, etc., es necesario ajustarse a lo establecido en las correspondientes normativas (Ley de Montes, Ley de Aguas, etc.) y obtener las correspondientes autorizaciones en los organismos competentes (Servicios de Montes de las Consejerías de Agricultura, Comisarías de Agua de los organismos de cuenca, organismos autonómicos, etc.).



Ensayo de bombeo (Gilena, Sevilla).
Autor: Sergio Martos-Rosillo.

5.3.2. Ayuntamiento

Para efectuar una perforación de un pozo o sondeo, como en general ocurre en cualquier tipo de obra que se realiza en un determinado municipio, es necesario solicitar y obtener la licencia de obras en el correspondiente ayuntamiento. Para obtener esta licencia es preciso presentar el proyecto constructivo de la obra. Las tasas que hay que abonar son función del presupuesto que figura en proyecto, aplicándole un porcentaje, que depende de que el ayuntamiento considere la perforación como obra mayor o menor.

En el caso de los pozos de agua no es necesario solicitar la licencia de apertura de obra como ocurre en otro tipo de pozos como son los de explotación de hidrocarburos u otros recursos minerales, en cuyo caso es necesario solicitar la mencionada licencia de apertura puesto que dichas actividades son consideradas como actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas.

Además, los ayuntamientos deben requerir a los solicitantes los proyectos y autorizaciones administrativas mencionadas en los siguientes párrafos.

Cierre de la cabeza de sondeo para su acidificación.

Autor: Sergio Martos-Rosillo.



5.3.3. Organismo autonómico competente en materia de minería

Como ya se ha indicado, en algunas comunidades autónomas, debido a la falta de actualización de la Ley de Minas, se considera que la autoridad minera es el órgano competente de la Administración en las obras de perforación de pozos y sondeos. En la actualidad estas competencias están transferidas a las comunidades autónomas, y para obtener estas autorizaciones hay que acudir a las unidades de minas de los servicios territoriales de las comunidades autónomas, en la provincia donde vaya a realizarse la perforación. En estas comunidades autónomas hay que entregar el proyecto constructivo de la obra en la unidad de minas, elaborado por técnico competente y visado por el colegio profesional correspondiente, proponiendo el director facultativo de la misma. El proyecto debe incluir también la titularidad de los terrenos en donde radican las obras. Por otro lado, la empresa que va a ejecutar las obras debe presentar también a la administración minera el documento de seguridad y salud. La empresa tiene que estar inscrita en el registro industrial de empresas de dicho servicio, habiendo presentado para ello los certificados de maquinaria correspondientes. Cabe recordar que, como en todas las obras, la empresa debería comunicar a la autoridad laboral la apertura del centro de trabajo (con copia del documento de seguridad y salud, proyectista, promotor y coordinador de seguridad). A continuación, la unidad de minas inicia un expediente administrativo de autorización y una vez aprobado el proyecto, y aceptado el director facultativo, se comunica la aprobación del comienzo de las obras, previo pago de las correspondientes tasas. Al acabar la obra, se debe presentar en la unidad de minas el certificado final de obra firmado por el director facultativo, en donde quede descrito el acabado de la obra y las condiciones de seguridad frente a terceros.

5.3.4. Organismo autonómico competente en materia de industria

Una vez recibida la resolución de inscripción o concesión del aprovechamiento desde el organismo competente en materia de aguas, para realizar el equipamiento electromecánico del pozo que permita la extracción de agua subterránea es necesario presentar un proyecto en el organismo competente en materia de industria y energía. Estas competencias están transferidas a las comunidades autónomas, y por tanto hay que dirigirse también a las unidades de industria y energía de los servicios territoriales de las comunidades autónomas, en la provincia donde se efectúe el equipamiento. En algunas comunidades autónomas es la propia unidad de minas la que realiza los trámites del equipamiento electromecánico.

Para proceder la solicitud de autorización es preciso presentar un proyecto de electrificación suscrito por un técnico competente, y hacer un nombramiento de director facultativo. El organismo competente requerirá también que la instalación eléctrica sea realizada por un instalador autorizado.

A la finalización de la instalación, el director facultativo emitirá el certificado final de la obra ante el organismo que dio la autorización, y que también será el que finalmente concederá la autorización de puesta en servicio de la instalación.

Para la fase de explotación, si se necesita instalar una nueva línea eléctrica o modificar una existente, es necesario presentar también un proyecto de instalación eléctrica en baja tensión y un certificado de la instalación en unidad territorial de industria.

Desarrollo de un sondeo por sobrebombeo (Fuentetheridos, Huelva). Autor: Sergio Martos-Rosillo.



5.3.5. Confederación hidrográfica u organismo autonómico competente en materia de aguas

Al finalizar el equipamiento electromecánico de la captación de agua subterránea, y previamente a su puesta en servicio, es necesario solicitar autorización, acorde con la normativa de aguas. El permiso tiene carácter de autorización o concesión, según se trate respectivamente de volúmenes anuales de aprovechamiento inferiores o superiores a 7.000 m³.

La autorización o concesión del uso del agua subterránea se debe solicitar en el organismo competente de la demarcación hidrográfica correspondiente. En las cuencas hidrográficas intercomunitarias el organismo competente es el organismo de cuenca correspondiente, a través de la Comisaría de Aguas. En este caso las competencias recaen en la Administración General del Estado, a través de las Confederaciones Hidrográficas. En las cuencas hidrográficas intracomunitarias las competencias para autorización y concesión están atribuidas al organismo autonómico competente en materia de aguas. Una excepción a lo anteriormente señalado es la captación y aprovechamiento de las aguas minerales, cuya competencia corresponde al organismo minero en el ámbito autonómico.

Como ya se ha indicado anteriormente, en estricto rigor, la autorización de la confederación u organismo competente es necesaria para el alumbramiento de agua y no es obligatoria para la realización de la obra en sí misma. La legislación actual no regula la obligatoriedad de solicitar una autorización de perforación previa para todos los casos o para determinados supuestos. Por ello, y como además ocurre que la obra de perforación de un sondeo tiene como finalidad la extracción de agua, lo más práctico es acudir a la comisaría de aguas para solicitar información, previamente a la realización de la obra. Asimismo, en las páginas web de las distintas confederaciones u organismos competentes se pueden encontrar los formularios e instrucciones para solicitar autorizaciones de investigación de aguas subterráneas y autorizaciones y concesiones de las mismas, en función del caudal a solicitar y el uso.

Es obligatorio obtener autorización de la confederación hidrográfica, o del organismo autonómico competente, cuando el sondeo se vaya a realizar en zona de policía, afecte a una zona húmeda o esté en una masa de agua subterránea en riesgo, independientemente de cuál sea la titularidad del terreno. Este permiso es también necesario, con mayor motivo si cabe, cuando el sondeo vaya a realizarse en zona de Dominio Público Hidráulico. Asimismo, se debe recordar que los planes hidrológicos de cuenca tienen sus propias normativas y éstas pueden contener indicaciones constructivas y de equipamiento que deben contemplarse en un proyecto de ejecución de sondeo.

Hay que tener en cuenta que para la ejecución de un pozo es frecuente la necesidad de agua para la elaboración del lodo de perforación. En el caso en que dicho suministro se realice a partir de cauce público es necesaria la autorización previa del organismo competente en materia de agua. Cuando se utilizan métodos de perforación que precisan de espumante que facilite la expulsión del ripio, deberá procurarse, si se encuentra en las proximidades de algún cauce, que el retorno del sondeo no alcance a las aguas superficiales. Adicionalmente es necesario solicitar autorización a la confederación u organismo competente si se emplean técnicas de desarrollo de pozos (e.g., acidificación). Cabe recordar que la inyección de ácido al acuífero sin permiso podría considerarse como un vertido peligroso al acuífero. Una última consideración con respecto a los ensayos de bombeo, también es necesario obtener un permiso de vertido a cauce público.



5.3.6. Organismo administrativo de medioambiente

Es muy importante solicitar información previa a la realización de un pozo o sondeo sobre los requisitos medioambientales que le son de aplicación de acuerdo con la Ley 21/2013 de 9 de diciembre de Evaluación Ambiental. Cabe destacar que, además, la mayoría de las comunidades autónomas han desarrollado una amplia legislación en materia medioambiental, y que esta legislación está en permanente modificación o ampliación.

La realización de los pozos y sondeos para captación de agua pueden requerir autorizaciones de los organismos medioambientales por los siguientes motivos:

- Realización de la obra de perforación.
- Extracción de agua en los pozos.
- Ubicación de la obra en zonas protegidas.

En algunas comunidades autónomas, la realización de sondeos para captación de agua subterránea se encuentra entre las actividades que obligatoriamente deben ser sometidas a estudios previos de impacto ambiental de carácter preliminar. Esa obligación se basa en las obras de movimiento de tierras que están asociadas a la realización de un sondeo como son la construcción de pistas, accesos, explanaciones, excavación de balsas, labores todas ellas previas a la ejecución de la obra. Como ejemplo de este último supuesto cabe destacar los estudios preliminares de impacto ambiental (EPIA) que requiere la administración de Asturias para la realización de perforaciones, aunque estas no tengan como objetivo la captación de aguas subterráneas.

Posteriormente a la finalización de la perforación, debe realizarse una adecuada restauración de los terrenos, operación que se somete a aprobación del organismo medioambiental.

Además de los supuestos de extracciones de agua y sondeos profundos, indicados en el apartado anterior de este capítulo, a veces cuando se realiza una captación de agua subterránea es necesario realizar estudios de impacto ambiental, cuando la perforación esté situada en zona de especial interés (parajes protegidos, etc.), en función de los requerimientos de la autoridad competente en materia medioambiental.



Ensayo de recuperación después de un bombeo con aire comprimido.

Autor: Alberto Alba.

5.4. Ejemplos de tramitación administrativa

Se han recogido en esta sección ejemplos de los trámites necesarios para la obtención de una concesión o autorización de aguas subterráneas en dos demarcaciones intracomunitarias (Islas Baleares y Cuencas Internas de Cataluña) y en tres comunidades autónomas (Madrid, Comunidad Valenciana y Andalucía). A través de estos ejemplos se quiere reflejar la diversidad de trámites existentes a nivel nacional.

5.4.1. Demarcación Hidrográfica de las Islas Baleares

En el segundo ciclo 2015-2021 del Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de las Illes Balears (PHDHIB), se incluye el artículo 126, en el que se describe con detalle la tramitación administrativa de concesiones y autorizaciones. Además, el artículo 127 detalla la legalización de los sondeos, y el 128 explica la modificación y revisión de las concesiones y autorizaciones. Se resume a continuación el contenido de los tres artículos.

Con carácter general, en Baleares, el procedimiento para la tramitación de una autorización o concesión de aguas subterráneas consta de tres fases que son:

- **Fase 1.** Aprobación de la realización del sondeo. Cada una de las autorizaciones puede estar conformada por uno o varios sondeos.
- **Fase 2.** Autorización del afloramiento y explotación de aguas subterráneas u otorgamiento de concesión y explotación de aguas subterráneas.
- **Fase 3.** Autorización de las instalaciones de extracción o impulsión (bombas).

En el caso de las autorizaciones, la fase 1 y la fase 2 se realizarán simultáneamente, obteniéndose ambos permisos en una resolución conjunta.

Una vez obtenida la aprobación del sondeo, el plazo para la finalización de la totalidad de las obras, y por lo tanto para la solicitud de sus respectivas autorizaciones (fases 2 y 3), será de un año.

Fase 1. Para la tramitación de la aprobación del sondeo se presentará solicitud según modelo normalizado acompañado de:

- a) Documento acreditativo del pago de la tasa (Modelo 046), concepto autorización de afloramiento y explotación, o concepto concesión de aguas subterráneas.
- b) Fotocopia del NIF, CIF o equivalente del titular.
- c) Fotocopia del NIF o equivalente y poder de quien firma la solicitud, si es distinto del titular.
- d) Escritura de constitución de la empresa en el caso de que el solicitante sea una empresa y poder de quien firme la solicitud, si procede.
- e) Inscripción actualizada en el Registro de la Propiedad o documento que acredite la propiedad de la finca.
- f) Documentos justificativos del uso del agua (según el artículo 120 del PHDHIB).
- g) Proyecto de labores subterráneas a realizar, suscrito y firmado en cada una de sus partes por técnico competente, y según el Real Decreto 863/85, de 2 de abril, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera y su ITC 06.0.07 "Prospección y explotación de las aguas subterráneas".
- h) En función del uso que se pretenda para la concesión de agua subterránea, se deberán aportar otros documentos exigidos en la normativa vigente.

Una vez obtenida la aprobación para realizar el sondeo para una concesión de aguas subterráneas, o la autorización simultánea de alumbramiento y explotación de aguas subterráneas y aprobación para realizar el sondeo, la empresa encargada de la perforación del mismo deberá exigir a la persona titular antes del inicio de las obras, la presentación de dicha autorización y habrá de disponer de una copia en el lugar de trabajo.

Fase 2. Para el otorgamiento de concesión y explotación de aguas subterráneas, se presentará solicitud según modelo normalizado, los documentos necesarios propios de cada uso que disponen el TRLA y el RDPH y la siguiente documentación:

- a) Documento acreditativo del pago de la tasa (Modelo 046), concepto concesión de aguas subterráneas.
- b) Documento justificativo del uso y del volumen máximo anual a solicitar, si no se ha presentado en la solicitud de sondeo o este no es suficiente.
- c) Certificado de la dirección de obra por parte de la persona responsable que indique que en la ejecución del sondeo se han cumplido las normas técnicas del proyecto.
- d) Hoja de características del sondeo con caracterización de la litología atravesada, incluyendo descripción y registro fotográfico de la misma, acuíferos encontrados y niveles estáticos.
- e) Niveles dinámicos, caudal punta y caudal medio de explotación previstos.
- f) Plano de la zona con la distancia al aprovechamiento más cercano y con un inventario de puntos de aprovechamiento de agua.
- g) En el caso de estar en condiciones de tomar una muestra de agua, analítica del agua por laboratorio acreditado con determinación, como mínimo, de conductividad, cloruros, sulfatos y nitratos. Se deberá acompañar con la identificación del punto de muestreo. En caso contrario se presentará en la fase 3.

Fase 3. Autorización de las instalaciones de extracción o impulsión (bombas).

Se presentará solicitud según modelo normalizado e irá acompañada de:

- a) Documento acreditativo del pago de la tasa (Modelo 046), concepto puesta en servicio de las instalaciones de elevación.
- b) Certificado de la dirección de obra subterránea suscrito por la persona directora facultativa.
- c) Hojas de características del sondeo suscrita por la persona anterior. Esta será responsable legal de la veracidad de los datos de la hoja de características.
- d) Modelo normalizado de memoria técnica de diseño.
- e) En el caso de no haberla presentado previamente, analítica del agua por laboratorio acreditado con determinación, como mínimo, de conductividad, cloruros, sulfatos y nitratos. Se deberá acompañar con la identificación del punto de muestreo.
- f) Certificado de adecuación emitido por la persona directora facultativa.
- g) Certificado de persona instaladora eléctrica autorizada.

Para la ejecución de un pozo es necesario presentar en el proyecto adjunto a la solicitud de autorización o concesión el diseño constructivo según las condiciones técnicas del artículo 130 del PHDHIB.

Para la clausura de un pozo es necesario presentar un proyecto de clausura con los requisitos mínimos del artículo 130 del PHDHIB, y además acompañarlo de:

- a) Nombre de la persona propietaria de la parcela donde se sitúa el pozo.
- b) Características geográficas e hidrogeológicas de la captación: coordenadas, cota y masa de agua subterránea donde se localiza.
- c) Características técnicas de la captación: diámetro, profundidad del pozo, profundidad del nivel piezométrico, tipo de entubación, tipo de cementación y otra información disponible (columna litológica, calidad del agua...).
- d) Normas de seguridad para la ejecución de los trabajos.

Una vez finalizados los trabajos de clausura se deberá presentar un certificado final de obra suscrito por la persona facultativa directora.

Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan, para legalizar aquellos sondeos o captaciones realizados sin autorización o concesión que sean legalizables, se deberá acreditar ante la administración hidráulica que no se ha producido deterioro al Dominio Público Hidráulico durante su ejecución o que se adoptarán medidas correctoras para minimizar dicho daño. En caso contrario, el sondeo deberá ser clausurado y el Dominio Público Hidráulico repuesto a su situación original.

La revisión de las concesiones se realizará de acuerdo con la normativa vigente en materia de aguas, en especial según lo dispuesto en el TRLA y el RDPH. La administración hidráulica podrá autorizar la sustitución de captaciones en el caso de abastecimientos públicos, cualquiera que sea su título legal, cuando dichas captaciones presenten calidad del agua inadecuada y previo informe hidrogeológico. Dicho informe deberá justificar la necesidad y la ubicación de la nueva captación propuesta.

Unión de tubería metálica por soldadura. Autor: Juan Franqueza.



5.4.2. Cuencas Internas de Cataluña

La Agencia Catalana del Agua (ACA) tiene la competencia de la gestión del agua y del Dominio Público Hidráulico en las Cuencas Internas o Distrito de Cuenca Fluvial de Cataluña (ríos que nacen y desembocan en las costas de Cataluña). Se distinguen tres casos en que es necesario pedir autorización previa para hacer una nueva perforación en el ámbito de las cuencas internas de Cataluña (CIC):

1. Concesión y construcción de pozos de más de 7.000 m³/año **código formulario H0330** (enlace web <https://aca.gencat.cat/ca/tramits/tramits-temes/Concessions.-Captacions-daigues-i-construccio-de-pous-de-mes-de-7.000-m3-any>).
2. Autorización administrativa previa para la perforación de pozos hasta 7.000 m³/año en masas declaradas en mal estado cuantitativo, químico, o en riesgo de estarlo, en zona de policía o acuífero protegido **código formulario H0346** (enlace web <https://aca.gencat.cat/ca/tramits/tramits-temes/Aprofitaments-daigues-subterranyes-fins-a-7.000-m3-any-i-daigues-pluvials>).
3. Perforación de pozos hasta 7.000 m³/año en el caso específico que el agua del pozo salga del predio por lo que se tramitaría como una concesión de aguas **código formulario H0330** (enlace web <https://aca.gencat.cat/ca/tramits/tramits-temes/Concessions.-Captacions-daigues-i-construccio-de-pous-de-mes-de-7.000-m3-any>).

Cuando se trata de una nueva captación de menos de 7.000 m³/año que no cumpla ni el caso 2 ni el caso 3, sólo se requiere una comunicación a la Administración para que inscriba el aprovechamiento en el Registro de Aguas.

En las CIC, las solicitudes de nueva perforación (o investigación de aguas subterráneas) presentadas a la Agencia Catalana del Agua (tres casos expuestos anteriormente) deben contener una memoria técnica con los datos mínimos suficientes para poder informar al respecto (técnicos, justificativos y la acreditación de la disponibilidad del terreno). A partir de que se solicita una nueva perforación, los siguientes trámites son:

- **Informe técnico de viabilidad favorable.**
- **Envío del informe al interesado.**
- **Petición de informe al ayuntamiento.**
- Si es necesario, **petición de informe a otras entidades** (comunidades de usuarios, parques naturales, etc.).
- **Pago de la exposición pública** a cargo del interesado.
- **Exposición pública (30 días) en el Diario Oficial de la Generalitat.** Si la petición cumple el artículo 38.8 no se requiere la información pública (Decreto 1/2017, de 3 de enero, por el que se aprueba el Plan de gestión del distrito de cuenca fluvial de Cataluña para el período 2016–2021. Artículo 38.8 “La sustitución de un pozo inscrito por otro de características similares no requiere de comunicación administrativa siempre que se realice dentro de la misma finca, a una distancia no superior a los 30 m del sondeo original y que se mantengan las mismas capacidades de extracción que las del pozo a substituir”).
- **Recepción de informes solicitados.** Conforme a lo definido en el artículo 80 de la Ley 39/2015 del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones públicas, en caso de no haber respuesta se continúa con el trámite.
- **Resolución de obras** (si no hay ninguna alegación durante el proceso de exposición pública) con un plazo determinado, siendo el máximo por ley de 2 años para ejecutar las obras. Una vez transcurrido el plazo otorgado, el titular tiene que proporcionar una memoria final de obra que contenga todo lo requerido en la resolución (es la misma que fija el informe técnico en sus conclusiones). A partir de esa información se tramita directamente la concesión manteniendo el mismo número de expediente.

El trámite de investigación conlleva un tiempo de 3 a 4 meses desde que se presenta la solicitud hasta que se resuelve. Si en los casos previstos en el Plan de Gestión del Distrito de Cuenca Fluvial de Catalunya (PGDCFC) no hiciera falta la información pública, el plazo se reduce entre 1 y 1,5 meses.

En la resolución de investigación, como en la de concesión, se informa que esta autorización no exime de otras autorizaciones que se deban de pedir, como por ejemplo la licencia de obra municipal al ayuntamiento.

Otras condiciones interesantes que se suelen incluir en la resolución son:

- La resolución permite al interesado realizar hasta 2 o 3 nuevas perforaciones siempre que las anteriores sean negativas, se comunique y justifique adecuada y previamente y la ACA lo autorice.
- En el caso de una investigación que resulte negativa o que no interese su explotación, el interesado presentará un proyecto de sellado de la perforación y restitución del terreno a sus condiciones iniciales, conforme a la guía de clausura y sellado de pozos de la ACA, disponible en la web.
- El interesado deberá comunicar mediante correo electrónico la fecha de inicio de las obras del nuevo sondeo, con una antelación mínima de 2 semanas para que se pueda realizar una visita "in situ" si se considera necesario.

A diferencia de otras comunidades, no se pide informe a otro estamento de la Generalitat ni a la Dirección General de Energía, Seguridad Industrial y Seguridad Minera, donde sí se tramitan las aguas minerales.

5.4.3. Comunidad de Madrid

En primer lugar, se debe acudir al Ayuntamiento antes del comienzo de las obras. Este organismo debe concederle una licencia de obra. Es posible que esta licencia venga condicionada a la autorización previa de la Confederación Hidrográfica del Tajo y de la Comunidad de Madrid. El modelo a presentar en la Comunidad de Madrid se recoge en https://www.bocm.es/boletin/CM_Orden_BOCM/2017/02/14/BOCM-20170214-10.PDF.

A continuación, se debe obtener la autorización de extracción de agua subterránea por parte de la Confederación Hidrográfica del Tajo. La Confederación Hidrográfica del Tajo dispone en su página web, en el apartado de trámites, distintos modelos de solicitud de aprovechamientos de agua, así como las instrucciones para su cumplimentación. Para aprovechamientos de aguas subterráneas utilizadas en la misma finca o predio en la que se encuentra la captación, y con un volumen anual no mayor de 7000 m³, la solicitud de inscripción en la sección B del registro de aguas se localiza actualmente en <http://www.chtajo.es/Servicios/Tramitaciones/Documents/AprovechamientosAgua/PLANTILLA%20SB%20-%20V8-1.pdf>. Si el pozo se ubica es en zona de policía de cauces, deberá contar con autorización, según el artículo 87.4 del RDPH. Para ello existe la siguiente solicitud <http://www.chtajo.es/Servicios/Tramitaciones/Documents/ActuacionesCauces/ZP1.%20CONSTRUCCI%C3%93N%20DE%20CAPTACIONES%20DE%20AGUAS%20SUBTERR%C3%81NEAS.pdf>

Si el volumen demandado es superior a 7.000 m³/año o el uso se realiza fuera del predio, existen diferentes solicitudes de concesión de aguas en función del uso previsto (regadío, ganadero, abastecimiento, hidroeléctrico, acuicultura, industrial, etc).

Para realizar la inscripción en la Sección B del Registro de Aguas del aprovechamiento solicitado es necesario que las obras de alumbramiento se encuentren ejecutadas, sin perjuicio de las autorizaciones que en su caso sean necesarias. El formulario para solicitar la inscripción en la Sección B se encuentra en la web <http://www.chtajo.es/Servicios/Tramitaciones/Documents/AprovechamientosAgua/PLANTILLA%20SB%20-%20V8-1.pdf>.

La Confederación Hidrográfica del Tajo, en su solicitud para autorización de construcción de un pozo (<http://www.chtajo.es/Servicios/Tramitaciones/Documents/ActuacionesCauces/ZP1.%20CONSTRUCCI%C3%93N%20DE%20CAPTACIONES%20DE%20AGUAS%20SUBTERR%C3%81NEAS.pdf>), indica que fuera de la zona de policía y siendo el volumen total anual a derivar menor de 7.000 m³/año, no es necesaria autorización expresa de este organismo con las limitaciones que se fijan en el artículo 54.2 del texto refundido de la Ley de Aguas y en el artículo 87 del RDPH.

Esto implica que, una vez finalizadas las obras de alumbramiento y antes de iniciar la explotación del pozo, deberá solicitar la inscripción en el Libro Registro de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Tajo. Las aguas del aprovechamiento se podrán utilizar exclusivamente en el predio o finca registral donde se alumbren o afloren. Extraer las aguas sin declararlas previamente podrá ser objeto de sanción. Si es en zona de policía deberá contar con la autorización. Si el volumen demandado es superior a 7.000 m³/año o fuera del predio, antes de realizar la perforación, tendrá que solicitar la oportuna concesión de aguas subterráneas.

5.4.4. Comunidad Valenciana

En la tabla 5.1 se indican las solicitudes y documentación que son actualmente necesarias para realizar un pozo de aguas subterráneas en un término municipal de la Comunidad Valenciana. Son tres las Administraciones a las que el promotor de las obras debe pedir permiso para la construcción de un pozo: ayuntamiento en donde se localiza el pozo, organismo competente de la demarcación hidrográfica correspondiente, y el servicio territorial de industria y energía (hay uno para cada dirección territorial provincial, actualmente pertenecientes a la Conselleria de Economía Sostenible, Sectores Productivos, Comercio y Trabajo). Para el ayuntamiento solo hay un trámite administrativo, que es la solicitud de licencia de obra, con la presentación de la documentación referida en la tabla 5.1. En el caso de confederación y el servicio territorial de industria y energía pueden ser uno o dos los trámites necesarios.

	Hasta 7000 m³ de explotación anual acuífero en buen estado cuantitativo o químico		Más de 7000 m³ de explotación anual	
	Hasta 120 m de profundidad	Más de 120 m de profundidad	Hasta 120 m de profundidad	Más de 120 m de profundidad
Ayuntamiento	Solicitud licencia de obras Proyecto básico visado: memoria descriptiva de la obra; cuadros resumen; documentación fotográfica; planos y anejos Anexo II de la Ordenanza Reguladora de Obras de Edificación y Actividades			
Organismo de cuenca	Memoria técnica Justificación de necesidades hídricas; croquis, descripción y justificación de las obras; planos		Proyecto de Investigación Memoria explicativa, planos y presupuesto - Art. 179 RDPH Proyecto de concesión Justificación de necesidades hídricas; propuesta de perímetro de protección; descripción y justificación de las obras; planos; estudios complementarios a petición de la Administración - Art. 106 RDPH	
Servicio Territorial de Industria y Energía	Solicitud de concesión. Proyecto de obra Certificado final de obra Proyecto de obras de sondeos para aguas subterráneas: memoria; planos; pliego de condiciones; relación de equipos y maquinaria; estudio básico de seguridad y salud; presupuesto			
		Estudio de impacto ambiental simplificado		Estudio de impacto ambiental simplificado

Tabla 5.1. Trámites y solicitudes requeridos para legalizar un sondeo según el volumen de explotación anual y la profundidad del sondeo en la Comunidad Valenciana, aplicables de forma muy similar en la mayoría de las demarcaciones.

Nota: Un único proyecto, que recoge todo el contenido incluido en el RDPH, y en el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, vale tanto para la licencia de obras como para proyecto de investigación en el organismo de cuenca o proyecto de obra ante el servicio territorial de industria y energía.

En la actualidad existe polémica en la tramitación ante los servicios de industria y energía, en lo referente al técnico competente. Los mencionados servicios admiten a los geólogos como proyectistas de obra, pero a la hora de la certificación final de la misma sólo admiten a los facultativos de minas, lo que implica que la dirección de obra sólo la podrían realizar estos. Hay jurisprudencia a favor de los geólogos para permitir que puedan firmar el certificado final de obra (sentencia 1756/2017 del Tribunal Supremo), pero es un tema todavía no resuelto.

5.4.5. Comunidad Autónoma de Andalucía

En el libro recientemente publicado por Peinado (2019) se recogen, entre otros puntos de construcción y clausura de sondeos en la provincia de Granada, los trámites necesarios para la legalización de un sondeo en dicha provincia, siendo los siguientes:

1. Para realizar la perforación es necesario tener el **otorgamiento de la Administración competente en materia de aguas**. Este organismo es la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, dependiente del Estado en las cuencas intercomunitarias, o la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas, dependiente de la Junta de Andalucía en las cuencas intracomunitarias. Se debe presentar una solicitud de concesión de aguas, acompañada de un proyecto técnico, junto con la documentación acreditativa. Se publicará en el Boletín Oficial de la Provincia la concesión de aguas públicas solicitada. Si el caudal es superior a 4 l/s se publicará en el Boletín Oficial de la Provincia la competencia de proyectos. Finalmente, debe publicarse también en el Boletín Oficial de la Provincia el otorgamiento. Se deben liquidar unas tasas por tramitación del expediente, y además se debe abonar el importe de cada una de las publicaciones anteriores.
2. Cuando se trate de aguas de consumo público se debe presentar un **informe sanitario sobre la idoneidad de la captación y la calificación sanitaria de las aguas y los mínimos precisos para su potabilización**. El organismo competente es la Delegación Provincial de la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía.
3. Antes de realizar la perforación es necesario disponer de la **autorización para obras de captación de aguas subterráneas**. El organismo competente es la Delegación Provincial de Minas, dependiente de la Junta de Andalucía. Se debe presentar una solicitud, acompañada de un proyecto técnico, junto con la documentación acreditativa y la liquidación de las tasas conforme al modelo 046.
4. Una vez concluida la perforación es necesario, para extraer el agua, equiparla y conectarla a una **fuentes de suministro de energía**. Esta conexión puede ser a una línea eléctrica, a placas solares, a un aerogenerador o a un grupo electrógeno. Es necesario disponer de la **autorización de puesta en servicio de la captación**. El organismo competente es igualmente la Delegación Provincial de Minas. Se debe presentar una solicitud, acompañada de un proyecto técnico, junto con la documentación acreditativa y liquidar unas tasas conforme al modelo 046. Se debe hacer la presentación telemática del boletín de instalación a través de la aplicación denominada tramitador HAPR.



5.5. Reflexiones sobre la tramitación

Tal y como se ha mencionado ya, en el **artículo 184.3 del RDPH** se dice que, para la obtención de una concesión, el procedimiento será análogo al indicado para las autorizaciones de investigación. Pero, para la interpretación de una norma no basta con tomar en consideración únicamente el significado común de las palabras, como señala el título preliminar del **Código Civil**, la interpretación de cualquier norma debe realizarse *“según el sentido propio de sus palabras, en relación con el contexto, los antecedentes históricos y legislativos, y la realidad social del tiempo en que han de ser aplicadas, atendiendo fundamentalmente al espíritu y finalidad de aquellas”* (artículo 3 del Código Civil). Se considera la interpretación contextual de la intervención pública a través del citado sistema autorizador, que no es otra que la **protección del Dominio Público Hidráulico** conforme establece la Ley (artículos 1.2, 14.3, 40.1, 90 y 92. bis.b.a’ del Real Decreto Legislativo 1/2001), por lo que ello debe condicionar necesariamente la interpretación correcta del transcrito texto. Así pues, conforme a dicho contexto y finalidad, si se otorgaran autorizaciones sin establecer normas técnicas de ejecución se estaría incumpliendo la finalidad principal de sistema autorizador ya que dichas normas son de forma clara una garantía necesaria para que no se produzcan contaminaciones superficiales directas a través del sondeo o intercambios de aguas entre distintas capas de acuíferos u otros deterioros ambientales indeseables.

El **artículo 103** de la **Constitución española** establece que la Administración Pública *“... actúa con los principios de eficacia, jerarquía, descentralización, desconcentración y coordinación...”*.

Por su parte, la **Ley de Aguas** en su **artículo 14** *“Principios rectores de la gestión en materia de aguas”* establece que, *“la gestión del agua se someterá a los principios:*

- 1. Unidad de gestión, tratamiento integral, economía del agua, descentralización, coordinación, eficacia y participación de los usuarios.*
- 2. Respeto a la unidad de la cuenca hidrográfica, de los sistemas hidráulicos y del ciclo hidrológico.*
- 3. Compatibilidad de la gestión pública del agua con la ordenación del territorio, la conservación y protección del medio ambiente y la restauración de la naturaleza.”*

De la lectura del análisis de la tramitación de los sondeos, instalación de equipos de extracción, autorizaciones o concesiones, cabe extraer la siguiente conclusión: la tramitación en muchas de las cuencas intercomunitarias, y quizá también en alguna intracomunitaria, puede llegar a ser ilógico, además de largo y complejo para todas las partes. La consecuencia de esta situación es la grave inseguridad jurídica en la que queda el ciudadano, puesto que se puede dar el caso de que se consiga el permiso para la realización del sondeo por parte de la autoridad minera, se apruebe las instalaciones de elevación por parte de la autoridad de industria y, finalmente, el organismo de cuenca no otorgue la concesión porque en los anteriores documentos no se han tenido en cuenta las limitaciones impuestas para cada masa de agua.

5.5.1. Posibles soluciones a los problemas planteados

Además, para intentar racionalizar la gestión y tramitación de los expedientes de autorización y concesión de aguas subterráneas, con el principio de eficacia, coordinación, economía de medios y servicio al ciudadano, se pueden plantear algunas cuestiones. En primer lugar, el ministerio competente (actual Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico), en cumplimiento de sus obligaciones tanto constitucionales (artículo 149.1. 22ª) como del texto refundido de la Ley de Aguas (artículo 17 a, b, c), debería establecer, siguiendo por ejemplo el modelo francés, mediante una orden ministerial (o con otra figura) una instrucción de normas técnicas marco o de mínimos y un manual de buenas prácticas para ayudar a la aplicación de dicha instrucción (similar al presente documento), sin perjuicio de que los organismos de cuenca pudieran desarrollarlo en sus territorios, según lo previsto en el RDPH (artículos del 179 a 184), en función de las características y conocimientos disponibles sobre las masas de agua subterráneas de la demarcación hidrográfica. Esto facilitaría la actuación de los funcionarios de las distintas administraciones implicadas, disminuyendo la carga de trabajo y supliendo en algunos casos, la falta de conocimientos hidrogeológicos por la falta de técnicos expertos en agua subterránea en las Comisaría de Aguas.

En cuanto a intentar racionalizar los procesos de tramitación administrativa, partiendo de la optimización de recursos, de la Ley de Aguas y de la competencia de las administraciones hidráulicas, debemos considerar dos situaciones distintas: cuencas intracomunitarias y cuencas intercomunitarias.

En las cuencas intracomunitarias, la solución es relativamente simple. Por ejemplo, la ACA, basándose en la sentencia del TSJC ya citada, simplemente no contempla en sus trámites a la administración minera de la comunidad autónoma. La situación en las Islas Baleares es distinta. Por el Decreto autonómico 106/1990, en su artículo 5 se unifican todas las competencias de la comunidad autónoma en materia de aguas en la Dirección General de Recursos Hídricos, incluso se incorporó en su día personal de la Conselleria de Industria. Por tanto, en Islas Baleares existe ventanilla única. Cuestión distinta es que la falta de personal cualificado haga que se retrase la tramitación, y que no se pueda analizar adecuadamente los proyectos presentados. En las cuencas intracomunitarias la solución es, por tanto, bastante simple: **un decreto de la comunidad autónoma unificando las competencias de agua en la Administración hidráulica.**



Perforación de un sondeo de captación de agua subterránea
(Gilena, Sevilla).
Autor: Juan Franqueza.

La situación en las cuencas intercomunitarias es mucho más difícil y parece imposible de solucionar por el procedimiento utilizable en las cuencas intracomunitarias, dada la complejidad de la estructura territorial. El primer paso para racionalizar la tramitación es que los organismos de cuenca cumplan con lo establecido en los artículos 179 a 184 del RDPH o en su defecto, apliquen la una imprescindible instrucción del ministerio competente y un manual de buenas prácticas. La “ventanilla única” debe residir en el organismo de cuenca, que es la Administración competente a todos los efectos. Para facilitar la proximidad territorial al ciudadano, el organismo de cuenca podría utilizar lo previsto en los artículos 17. d y 25. 1 y 2 del TRLA y establecer convenios de forma que, la Administración responsable de minas de las comunidades autónomas de la cuenca pudiesen actuar de “ventanilla” delegada del organismo. Las posibilidades de tramitación electrónica facilitarían la labor. De este modo, las administraciones mineras de las distintas comunidades autónomas implicadas podrían supervisar e informar los proyectos de captación presentados, en base a las normas técnicas establecidas por los organismos de cuenca o por el ministerio en su caso, garantizando asimismo el cumplimiento, por parte de los directores facultativos responsables del proyecto, de sus obligaciones legales.

La eficacia en la tramitación administrativa es importante, pero la burocracia no es un objetivo en sí mismo. Debe estar al servicio del mandato legal de gestionar los recursos de aguas subterráneas para una explotación sostenible y protegerlos frente a contaminaciones, interconexiones de acuíferos, etc... Para ello, además de solucionar los problemas de tramitación, hay que dotar a las Administraciones responsables de personal experto en hidrogeología, de capacidad de inspección y de medios técnicos para realizarla, como, por ejemplo, equipos móviles de registros en perforaciones.

Soldadura de la columna de entubación de un sondeo. (Sierra Norte, Sevilla). Autor: Sergio Martos-Rosillo.



6

PROPUESTA DE CONTENIDOS DEL PROYECTO TÉCNICO DE UN SONDEO

6. Propuesta de contenidos del proyecto técnico de un sondeo

Un sondeo de investigación o explotación de aguas subterráneas es una obra de ingeniería hidráulica que ha de basarse en un proyecto técnico. Por ello, en esta guía se quiere resaltar la idoneidad técnica y la obligación legal de presentar para toda obra de captación de aguas subterráneas, con independencia de la explotación prevista, un proyecto en el que han de estar reflejados un mínimo de apartados que permitan conocer la ubicación de la obra, sus características físicas, sus objetivos, el contexto hidrogeológico, las medidas de seguridad y salud, tiempo previsto de ejecución, etc.

El proyecto de captación debe regirse por los **artículos 179, 180 y 184** del **Reglamento de Dominio Público Hidráulico** (RDPH) sobre los proyectos de investigación y concesión de aguas subterráneas y su desarrollo en los planes hidrológicos de cuenca. En las Islas Baleares y la Agencia Catalana del Agua se especifica la documentación a aportar para todas las captaciones, incluidas aquellas con una explotación prevista inferior a 7.000 m³/año. En algunas demarcaciones no se da una instrucción clara para dichas explotaciones.

Teniendo en cuenta **los artículos 2, apartado 2, y el 117 de la Ley de Minas de 1973**, la definición de “técnica minera” del **artículo 1.º 4 del Reglamento General de la Minería** (R.D. 2857/1978), el **artículo 2 de la Directiva 92/91/CEE** y el **artículo 7.2 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales**, queda patente que las medidas de seguridad y salud en las captaciones de aguas subterráneas, deben regirse exclusivamente por lo dispuesto en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y sus decretos de desarrollo. No es de aplicación el Reglamento de Normas Básicas de Seguridad Minera ni está justificada la intervención de la autoridad minera.

Perforación con un equipo de rotación/rotopercusión inversa (Sierra de Estepa, Sevilla). Autor: Sergio Martos-Rosillo.



El proyecto de obra, basado en el correspondiente estudio hidrogeológico, y donde, aparte de lo especificado en la reglamentación citada (localización detallada, justificación de la disponibilidad de los terrenos, caudal de explotación, destino del agua captada, existencia de otros puntos de agua próximos, plan de seguridad y salud, etc.), debería expresamente contener al promotor de las obras, el nombre del director facultativo, el sistema de perforación, el esquema constructivo, la columna litológica, el aforo previsto y el procedimiento de clausura en caso de ser negativo. Esto podrá hacerse en los apartados de anejos, planos y pliego de prescripciones técnicas particulares.

El director facultativo de la perforación debe ser un técnico con la capacidad legal y formativa adecuada. El director facultativo debe realizar el estudio hidrogeológico, definir el punto más adecuado de perforación, la serie litológica prevista a atravesar, los niveles permeables a captar, llevar la dirección de obra, gestionar y supervisar las labores posteriores a la ejecución de la captación (desarrollo, aforo y ensayo de bombeo), emitir un informe final de obra y certificar el correcto sellado en caso de que el sondeo sea negativo. Conviene incidir en la necesidad de la exigencia de que en los certificados de fin de obra se especifique muy claramente, y recogido con fotografías, el procedimiento de sellado del sondeo, en el caso de que la captación sea negativa.

Testificación litológica de un sondeo. Autor: Juan José Rodas Martínez.



Supervisión de una obra de perforación (Alicante).

Autor: Juan José Rodas Martínez.

Habría que diferenciar entre el contenido de un proyecto técnico relacionado con una obra de una captación de abastecimiento o de riego de gran volumen, que debe cumplir con todos los apartados recogidos en la tabla 6.1, y la memoria que debe presentar un particular para que se pueda valorar una solicitud de una pequeña captación a construir. En este último caso, se deberían pedir documentos sencillos, aplicando el criterio técnico. Con independencia de las dimensiones de la captación, y aunque no es un documento necesario en muchas demarcaciones, se recomienda realizar ensayos de bombeo con recuperación (ver **capítulo 7.5**), que estén acompañados de un informe interpretativo en el que figuren los parámetros hidráulicos deducidos y el caudal de explotación recomendado.

La Administración debería intentar que no se tenga que entregar información a la que la misma Administración ya tiene acceso. En general, los esfuerzos de la Administración deberían centrarse en facilitar la tramitación al interesado, disponer de la información mínima necesaria para poder informar la solicitud, agilizar el tiempo de respuesta al máximo y que el interesado cumpla las obligaciones en la resolución de obras. El objetivo sería intentar que todas las nuevas perforaciones que actualmente no se tramitan tengan menos pretextos para evitarlo, y no penalizar a la pequeña porción de particulares/entidades que sí lo solicitan. Es más, se podría intentar disponer de un listado de empresas de perforación y de ensayos de bombeo que cumplan en sus procedimientos de trabajo y su metodología con un contenido técnico mínimo y homogéneo respecto a la memoria técnica a presentar posteriormente a la realización del sondeo.

A continuación de la tabla 6.1 se presenta una propuesta de índice más detallado que el que se da en la tabla de los documentos a presentar sobre el proyecto de obra.

PROYECTO TÉCNICO DE UN SONDEO		Opcionalidad	
DOCUMENTO N° 1	MEMORIA	1. Datos básicos	Necesario. Puede estar resumida en una tabla, ficha o documento sencillo.
		2. Objeto del proyecto	
		3. Necesidades hídricas	
		4. Características de la obra	4.1. Ubicación y acondicionamiento: Necesario. Simplificar (coordenadas).
			4.2. Sistemas y diámetros de perforación: Necesario. Formato ficha.
			4.3. Acondicionamiento: Opcional en pequeñas captaciones. La Administración informará de su necesidad.
			4.4. Ensayos de bombeo: Adaptar en función del volumen a extraer. La Administración informará de su necesidad.
			4.5. Desarrollo del sondeo: Opcional en pequeñas captaciones. La Administración informará de su necesidad.
	5. Procedimiento de cierre o clausura	Necesario.	
	6. Plazo de ejecución y Empresa perforadora	Necesario.	
	7. Presupuesto	Necesario para la autoridad minera.	
	8. Clasificación del contratista	Opcional en pequeñas captaciones.	
ANEJOS	A1. Estudio geológico-hidrogeológico	Necesario.	
	A2. Justificación de precios (costes directos e indirectos)	Opcional en pequeñas captaciones.	
	A3. Plan de obra	Necesario.	
	A4. Estudio básico de Seguridad y Salud	Necesario.	

PROYECTO TÉCNICO DE UN SONDEO			Opcionalidad
DOCUMENTO N° 2	PLANOS	M1. Mapa de situación	Necesario. Sencillo.
		M2. Mapa parcelario	Necesario. Hay que decir parcela y polígono, efectivamente para aportar títulos de propiedad o autorización de la propiedad.
		M3. Mapa geológico/hidrogeológico	Necesario (la Administración podría considerarlo opcional en función de los medios que disponga).
		M4. Esquema del sondeo	Necesario.
		M5. Columna litológica	Necesario (si no está incluida en el esquema del sondeo).
		M6. Esquema instalación electromecánica	Opcional, aunque hay Administraciones que si lo piden.
DOCUMENTO N° 3	PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES	PT1. Definición y alcance del pliego	Necesario (la Administración podría considerarlo opcional en función del tamaño de la captación).
		PT2. Normativa	
		PT3. Descripción de la obra	
		PT4. Condiciones que deben cumplir los materiales	
		PT5. Condiciones que debe cumplir la maquinaria	
		PT6. Ejecución de las obras	
		PT7. Medición de las obras	
		PT8. Abono de las obras	
		PT9. Disposiciones generales	
DOCUMENTO N° 3	PRESUPUESTO	PR1. Mediciones	Necesario.
		PR2. Cuadros de precios	
		PR3. Presupuesto general	

Tabla 6.1. Propuesta de índice del proyecto técnico de un sondeo con el objetivo de poder realizar todas las solicitudes necesarias con el mismo proyecto en la mayoría de las demarcaciones.

DOCUMENTO N.º1: MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA

La memoria es el documento explicativo en el que se relacionan las principales características de la obra. Debería tener los siguientes contenidos:

1. Datos básicos

En este apartado se indicará el solicitante (persona física, agrupación, entidad, etc.) que demanda la ejecución de la obra y los motivos de esta solicitud.

2. Objeto del proyecto

Se explicará el motivo por el que se requiere la ejecución de la obra (satisfacer una demanda; investigación; mejora o renovación de las instalaciones de explotación, etc.).

3. Necesidades hídricas (demanda)

Este apartado deberá analizar (si procede) el sistema ya existente de explotación y las necesidades hídricas que debe satisfacer la obra proyectada (estimación mediante dotaciones de riego, consumos por habitante, demandas industriales específicas, etc.).

Panorámica de un equipo de rotopercusión directa (Castalla, Alicante). Autor: Pablo Rodes Martínez.





Equipo de perforación a rotopercusión. Autor: José Antonio Domínguez.

4. Características de la obra

4.1. Ubicación y obras de acondicionamiento previas

Se indicará la ubicación de la obra (término municipal, paraje, parcela, polígono, coordenadas UTM, cota...) y se especificará claramente la ruta de acceso al punto de perforación (carreteras, desvíos...). De igual manera se indicará si es necesario acondicionar los caminos de acceso, así como la zona de obras (allanado, deforestación, vallado...), para que tenga una superficie libre adecuada para la correcta instalación de la maquinaria, acopio de material, movilidad de vehículos, etc. También se hará referencia a cualquier elemento físico que por su proximidad pueda condicionar la ejecución de la obra: edificaciones, líneas eléctricas, caminos, carreteras, líneas férreas, labores mineras, presencia de otras captaciones o puntos de agua, etc. Deberá acreditarse, también, la propiedad de los terrenos en los que se va a realizar la perforación mediante certificado del Registro de la Propiedad o por la escritura de propiedad con nota simple registral expedida en fecha actual. Si el promotor no es el propietario deberá presentar autorización del mismo para la ejecución de la obra.

4.2. Sistemas y diámetros de perforación

Se indicará el método de perforación propuesto (percusión, rotopercusión directa, rotopercusión con circulación inversa,...) y se establecerán los diámetros y profundidades de perforación de la obra.

4.3. Acondicionamiento

Se indicará el tipo de tubería prevista (PVC, acero...) sus diámetros y espesores, sus características en los tramos de filtro, profundidades de instalación, así como el sistema empleado para su introducción en el sondeo. Igualmente se preverá la posibilidad de instalar prefiltro entre la entubación y las paredes del sondeo, el tipo de material empleado (grava, otros), la cementación de tramos determinados de la perforación, así como la cementación de la parte superior de la misma y las características del sellado superficial (cementación de los metros más superficiales, ejecución de losa de hormigón en la boca del sondeo, etc.).

4.4. Ensayo de bombeo

Se indicará la conveniencia de ejecución de un ensayo de bombeo que permita determinar la capacidad de explotación del sondeo. Para ello, se preverá un determinado tipo de bomba (capacidad de bombeo) y la profundidad aproximada a la que deberá instalarse en función de los condicionantes hidrogeológicos de la zona (profundidad del nivel piezométrico, transmisividad, profundidad final de la obra, diámetros definitivos de entubación, etc.). A veces las administraciones competentes piden que en el proyecto constructivo se recoja un diseño previo del equipamiento electromecánico necesario para la extracción del agua subterránea.

4.5. Desarrollo del sondeo

Si tras la realización del ensayo de bombeo la dirección de obra estimara conveniente el desarrollo de la captación, se llevaría a cabo esta operación. Seguidamente se realizaría un nuevo ensayo de bombeo en las mismas condiciones que el primero, para determinar el caudal final de explotación.

5. Procedimiento de cierre o sellado del sondeo

Una vez finalizada la obra, se preverá un cierre adecuado del sondeo, así como las medidas de seguridad necesarias para evitar daños a terceros o al medio ambiente. Además, en el caso de una investigación que resulte negativa o que no interese su explotación, se deberá presentar en el proyecto una propuesta de sellado de la perforación y restitución del terreno a sus condiciones iniciales.

6. Plazo de ejecución y empresa perforadora

Se establecerá el tiempo (en días) previsto para la ejecución de la obra. En el anejo correspondiente se justificará la duración del plazo de ejecución y se incluirá un diagrama de Gantt del desarrollo de las actividades. Así mismo se indicará el nombre de la empresa perforadora.

7. Presupuesto

Se indicará el coste de ejecución de la obra al que se aplicará el correspondiente Impuesto del Valor Añadido (I.V.A.). En el anejo correspondiente se desarrollará el mismo en función de los cuadros de precios aplicados a las unidades de obra y las mediciones previstas. Se podrán describir: (i) las mediciones específicas de cada una de las unidades de obra que son necesarias para la ejecución del sondeo proyectado, y (ii) cuadro de precios aplicables para la valoración de las unidades de obra. En función de los precios unitarios establecidos en los cuadros anteriores se calculará el presupuesto general de ejecución de la obra proyectada, incluido el de abandono de las obras.

8. Clasificación del contratista

Se establecerá la clasificación que deberá tener el contratista en función la normativa legal vigente y de las características y coste de la obra.

ANEJOS

La memoria vendría acompañada de los siguientes anejos:

A1. Estudio geológico-hidrogeológico

Se incluirá un estudio geológico-hidrogeológico realizado por técnico competente. Se incorporará la columna litológica que se prevé atravesar, con la indicación del acuífero objetivo y la existencia o no de acuíferos superpuestos, especificando la piezometría esperada en todos ellos, hidrodinámica general, la calidad del agua en cada uno, un inventario de puntos cercanos y las medidas a adoptar para evitar conexiones indeseadas. Se incluirán también las posibles testificaciones a realizar durante o al final de la obra.

A2. Justificación de precios (justificación de costes directos e indirectos)

En este apartado se incluirán tablas con el listado de las diferentes unidades de obra que sean de aplicación y sus precios unitarios.

A3. Plan de obra

Este anejo incluirá el diagrama de actividades del sondeo proyectado, en el que se indicarán los tiempos previstos y el coste de cada fase de ejecución de la obra (traslados y accesos, emplazamiento, perforación, acondicionamiento, aforo, desarrollo, cierre del sondeo, otros).

A4. Estudio básico de seguridad y salud (RD 162/97 de 24.10.97, BOE, nº 256 de 25.10.97)

Incorporará las disposiciones mínimas de seguridad y salud exigidas por la legislación vigente para todas las fases de ejecución de la obra concreta proyectada. Su objetivo será el de identificar y evaluar los riesgos laborales que pueden ser evitados; señalando las medidas de prevención y protección que deban establecerse para ello. Igualmente, se identificarán y evaluarán los riesgos laborales que no pueden eliminarse, estableciendo las correspondientes medidas de prevención y protección al objeto de controlar y minimizar dichos riesgos. Este estudio básico de seguridad y salud fijará las directrices que deberá cumplir la empresa constructora (contratista) para redactar convenientemente el plan de seguridad y salud y así lograr los objetivos mínimos en el campo de la prevención de riesgos laborales. En dicho plan se analizarán, estudiarán, desarrollarán y complementarán las previsiones contenidas en este estudio, en función de su propio sistema de ejecución de obra. El plan de seguridad y salud permanecerá en la obra, donde además existirá, con fines de control y seguimiento del propio plan de seguridad y salud, un libro de Incidencias.

Reconocimiento litológico del detritus de perforación. Autor: José Antonio Domínguez.



DOCUMENTO N.º2: PLANOS

M1. Mapa de situación

Se adjuntarán los mapas necesarios, a una escala adecuada, para identificar con claridad la posición y accesos al lugar de ejecución de la obra.

M2. Mapa parcelario

Deberá adjuntarse un mapa con la identificación catastral de la parcela o parcelas en las que se realiza la obra.

M3. Mapa geológico e hidrogeológico

Se adjuntarán mapas geológicos o hidrogeológicos, a escala adecuada, en los que se indicará la posición de la perforación proyectada y la de los puntos de agua existentes en el entorno de la captación proyectada.

M4. Esquema del sondeo

Será necesario incluir un esquema constructivo del sondeo proyectado en el que queden claramente especificados, al menos, la profundidad de la obra, y los diámetros de perforación y entubación, así como el tipo y edad de los materiales que se prevé atravesar y la profundidad prevista del nivel piezométrico. Para este apartado puede resultar muy práctica la aplicación informática CROQUIS, promovida por el Ciclo Hídrico de la Diputación de Alicante, de distribución gratuita (<https://ciclohidrico.com/download/croquis-2-0/>).

M5. Columna litológica prevista

En muchas ocasiones esta columna se recoge en el esquema constructivo del sondeo, con la ayuda de la aplicación informática indicada.

M6. Esquema de instalación electromecánica prevista para la extracción del agua subterránea.

Se establece la potencia y tipo de bomba y del suministro eléctrico en baja tensión previsto. Con los datos que se obtengan en el aforo podrá efectuarse los cálculos y diseño definitivo.

Acopio de tubería ranurada a soplete (Pinoso, Alicante). Autor: Juan José Rodas Martínez.



DOCUMENTO N.º3: PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

PT1. Definición y alcance del pliego

El pliego de condiciones servirá como documento contractual de la obra.

PT2. Normativa

Se especificará la normativa de aplicación en este tipo de obras.

PT3. Descripción de la obra

Se describirá el tipo de obra (sondeo vertical para captación de aguas subterráneas) de acuerdo con lo especificado en la memoria del proyecto. Se indicará, no obstante, que tanto los diámetros y profundidades que en ella se establecen como otras características o fases de la perforación podrán ser modificadas por la dirección de obra, si esta lo considera necesario para la correcta ejecución de la misma, como consecuencia de las características geológicas de los terrenos que se estén atravesando.

PT4. Condiciones que deben cumplir los materiales

En este apartado se especificarán las condiciones que deberán cumplir los materiales empleados en la ejecución de la obra (tuberías, cemento, bentonita, cierres, ácidos, colmatantes...).

PT5. Condiciones que debe cumplir la maquinaria

En este apartado se especificarán las características técnicas de la maquinaria de perforación (máquina de percusión, sonda rotativa...).

PT6. Ejecución de las obras e instalaciones

Se especificará el plazo de ejecución de las obras (acorde con lo establecido en la memoria), el sistema de perforación y se indicarán las cementaciones previstas, el ensayo de bombeo, los desarrollos y desviaciones máximas admitidas, así como otras labores que lleven a la correcta ejecución de la obra. Igualmente se fijará la periodicidad de la toma de muestras.

PT7. Medición de las obras e instalaciones

En este apartado se especificará lo que se establece como metro lineal de perforación, de entubación, de cementación, etc.

PT8. Abono de las obras e instalaciones

La forma de abono de la obra al contratista, la recepción de la obra y el plazo de garantía de la misma.

PT9. Disposiciones generales

Dentro de este apartado se especificarán las funciones y obligaciones tanto de la dirección de obra como de la empresa contratista. A la primera le corresponde la supervisión de los trabajos y tiene la facultad, si lo considera oportuno, de modificar el proyecto. Por su parte, será responsabilidad de la empresa contratista, el mantenimiento de la seguridad en la obra y su entorno de actuación durante la realización de la misma. A no ser que se especifique contractualmente, suele ser el promotor el encargado de obtener los permisos y licencias oficiales o particulares que se requieran para la ejecución del trabajo, siendo de su cuenta los gastos que se deriven de derechos, indemnizaciones, daños a terceros y trabajos de acceso a los emplazamientos.

Por último, se quiere indicar la documentación que deben aportar las empresas de perforación antes del inicio de la obra. En primer lugar, deben solicitar al contratante, con anterioridad a la prestación de sus servicios, la acreditación de la autorización emitida por el organismo competente para la realización de los trabajos, debiendo ceñirse al contenido y limitaciones que en la misma se refieran. Los supuestos en los que las empresas o contratantes acometan cualquier trabajo de perforación sin las autorizaciones pertinentes, o que incumplan con sus directrices, pueden acarrear sanciones tipificadas en el RDPH:

“Artículo 318

2. Los cómplices y encubridores podrán ser sancionados con multas que oscilarán entre el tercio y los dos tercios de las que correspondan a los autores de la infracción.”

“Artículo 325. Responsables.

Las obligaciones de reponer las cosas a su primitivo estado y las de indemnizar daños serán exigibles de forma solidaria, en primer lugar, a los responsables directos, y, sucesiva y subsidiariamente, a los cómplices y encubridores.”

“Artículo 326 bis. Valoración de daños al dominio público hidráulico en los supuestos en que no se vea afectada la calidad del agua.

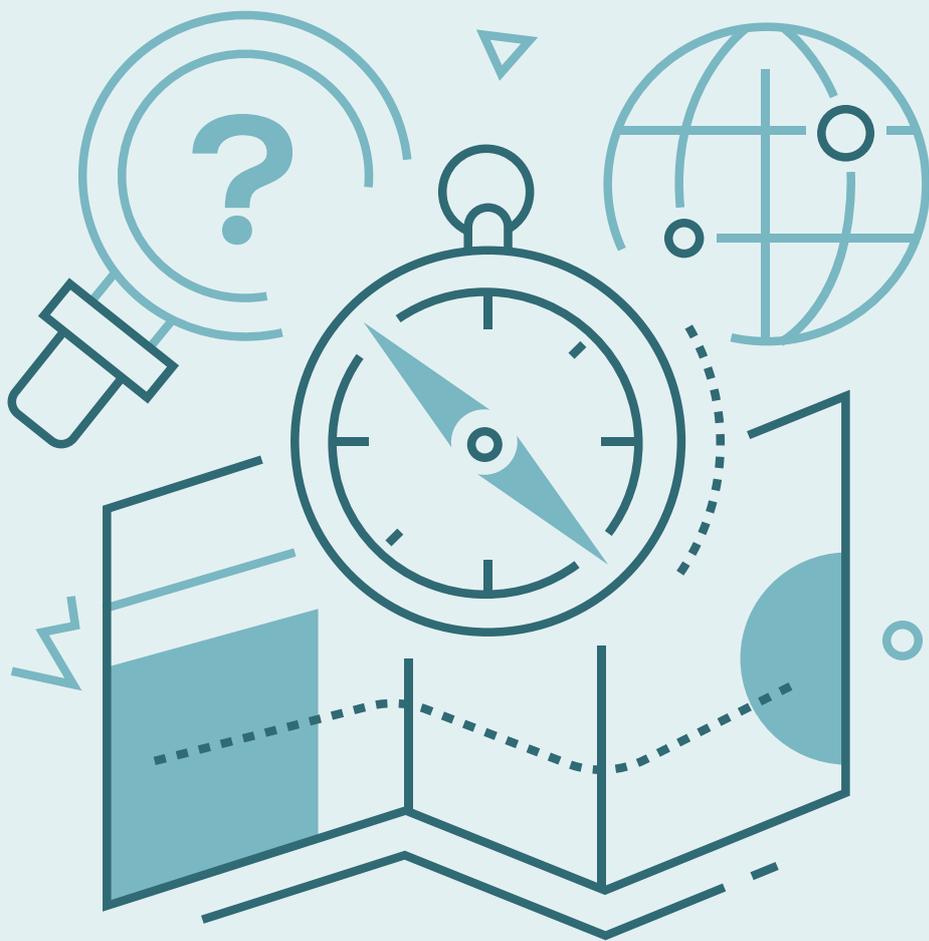
1. La valoración de los daños por extracción ilegal de agua se realizará teniendo en cuenta los siguientes criterios...”

Sondeo a rotoperusión directa para el abastecimiento (Biar, Alicante). Autor: Juan José Rodas Martínez.



7

CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL POZO



7.1 | Condicionantes a considerar en la ubicación de un sondeo

7.1. Condicionantes a considerar en la ubicación de un sondeo

La ubicación de un sondeo viene determinada por una serie de condicionantes en la localización de las captaciones, como son: la disponibilidad de terrenos, objetivos perseguidos, criterios hidrogeológicos, accesos, legislación y asuntos presupuestarios (entronque con línea eléctrica, distancia a depósitos o embalses, etc.). Además, y descontando también la localización en una zona inundable, debe considerarse la existencia en el entorno de algún foco potencial de contaminación.

Según el **Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH)** del **Real Decreto 849/1986, artículo 173**, los perímetros de protección deben proteger una captación para abastecimiento a poblaciones o de zonas de especial interés ecológico, paisajístico, cultural o económico. Así mismo, el **artículo 173** establece que el proceso de delimitación de perímetro de protección lo debe iniciar el Organismo de Cuenca y lo debe delimitar la Junta de Gobierno, con informe previo del Consejo del Agua. En el apartado 8 del mencionado artículo queda claro que para los abastecimientos es posible exigir un informe técnico sobre el perímetro de protección: “a las solicitudes de delimitación de perímetros de protección de aprovechamientos de aguas subterráneas destinadas al consumo humano se podrá exigir un informe técnico que contemple, entre otros, la propuesta de delimitación del perímetro en base a las características hidrogeológicas del acuífero, a las características, régimen de explotación y área de influencia de la captación y a la preservación de la cantidad y calidad del recurso captado”. Por otro lado, la **Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH)**, publicada en la **Orden ARM/2656/2008**, define como zonas protegidas aquellas zonas en las que se realiza una captación de agua destinada a consumo humano, siempre que proporcione un volumen medio de al menos 10 m³/día o se abastezca a más de 50 personas, así como los perímetros de protección delimitados. Según esta definición, una zona protegida puede englobar más de un perímetro de protección. Si el perímetro de protección no ha sido definido, entonces la zona de protección será la captación y su zona de salvaguarda. La zona de salvaguarda originalmente era considerada equivalente al perímetro de protección, aunque luego se ha interpretado de diferentes maneras (https://www.miteco.gob.es/es/agua/.../guia_n16_version_esp_tcm30-163011.pdf). No queda claro en la normativa vigente quién es el encargado de elaborar el estudio del perímetro de protección. El **Instituto Geológico y Minero de España** publicó un libro en el que se detalla el proceso de elaboración de perímetros de protección (Martínez-Navarrete y García-García, 2003).

Perforación de un pozo para la mejora del abastecimiento a Castalla, Alicante. Autor: Pablo Rodes Martínez.



En la presente guía se quiere destacar que, de forma general, deben existir distancias mínimas a: edificios, fosas sépticas con distintos tipos de drenaje, conducciones de aguas residuales y aplicación de las mismas, tanques de almacenamiento de hidrocarburos y otras sustancias, enterrados o no, actividades ganaderas en función de número de animales y su acondicionamiento, aprovechamientos geotérmicos, zonas industriales, puntos de vertido de estaciones depuradoras, cementerios, viviendas próximas con pozos ciegos, etc. Es necesario, por tanto, considerar en la elaboración del proyecto de captación estas circunstancias, realizándose un inventario de focos potenciales de contaminación en, al menos, 1 km de radio respecto al centro del pozo cuando se explotan caudales pequeños, extendiendo esta distancia en el caso de caudales de explotación importantes y en los pozos dedicados al abastecimiento de la población (perímetro de protección o zona de salvaguarda). A modo de ejemplo, la tabla 1 muestra las distancias mínimas establecidas en las normas de Minnesota (Minnesota Department of Health, 2011).

<i>Actividad</i>	<i>Distancia (m)</i>		
	A*	B*	C*
Edificios sin subterráneos y viviendas aisladas **	3	3	3
Tanques de propano, conducciones de gas y líneas eléctricas.	3	3	3
Recintos para animales (hasta 1 unidad de ganado mayor (UGM)). Tanques de combustible sobre impermeable (hasta 3 m ³). Tubería de aguas residuales, en plástico o acero aprobado, sirviendo a no más de 2 viviendas. Piscinas. Balsas de más de 1 m de profundidad.	6	12	18
Intercambiadores verticales de calor. Lagos. Corrientes de agua. Balsas. Ríos.	10	20	30
Coletores de residuales de material no aprobado o desconocido, sirviendo a un máximo de 2 viviendas. Intercambiadores de calor horizontales. Tanques de almacenamiento subterráneo de menos de 3 m ³ . Fosa séptica o tanque de retención. Sistema de dispersión o drenaje para menos de 3 m ³ /d. Comedero de animales entre 1 y 300 UGM. Estabulación de animales entre 1 y 20 UGM. Cementerio. Pozo en desuso.	15	30	45
Letrina. Pozo de drenaje o de infiltración y de fosa séptica individual.	25	50	75
Comedero de más de 300 UGM. Conducción de petróleo o similares. Sistema de dispersión de residuales hasta 10 m ³ /d (50 hab-eq).	30	60	90
Depósitos de petróleo, agroquímicos, abono líquido y sustancias peligrosas, sobre impermeable. Estabulación de ganado de más de 20 UGM. Sistemas de dispersión de residuales entre 10 y 30 m ³ /d.	60	120	180
Depósitos de petróleo, agroquímicos, abono líquido y sustancias peligrosas, sin solera impermeable. Sistema de dispersión de efluente en suelo de más de 30 m ³ /d. Depósitos enterrados de combustible de más de 3 m ³ .	100	200	300

(*) Tipologías:

A: Pozo con entubación cementada de al menos 15 m de profundidad o que alcanza una capa impermeable de al menos 3 m de espesor.

B: Pozos cuya cementación y entubado no cumple la condición anterior.

C: Pozos que aun perteneciendo a la tipología A, se ubican en materiales kársticos o detríticos de grandes bolos.

(**) Salvo normativa específica.

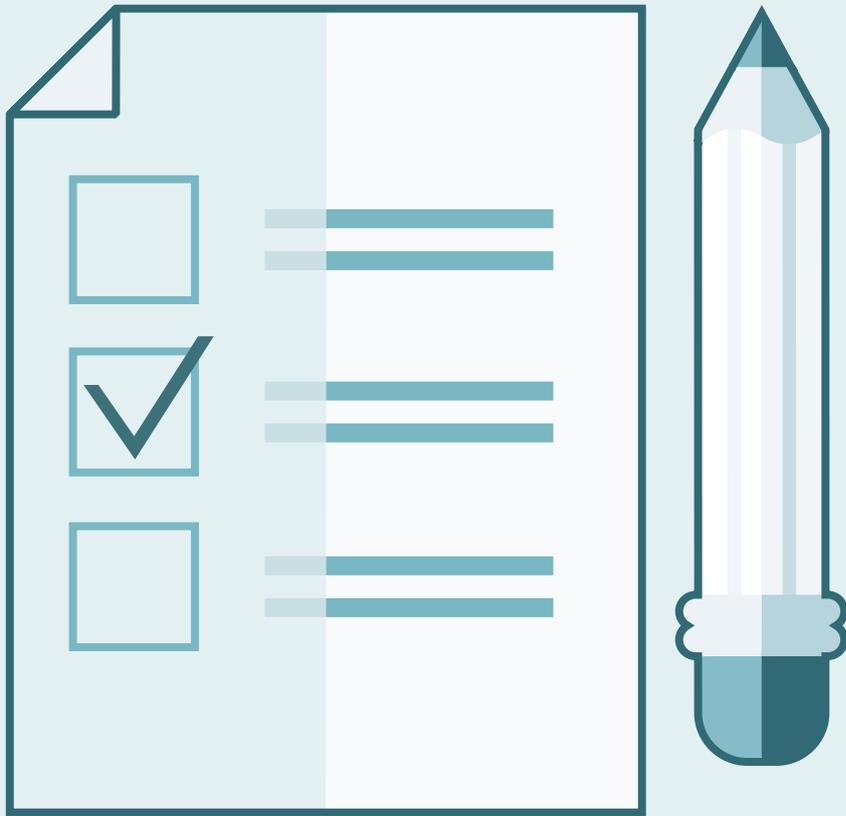
Tabla 1. Distancia mínima (m) de la captación a posibles focos de contaminación.

Resulta imprescindible en estos casos una evaluación hidrogeológica detallada que cuantifique el riesgo de contaminación, mediante un contrastado modelo hidrogeológico y aplicando diferentes metodologías, como puede ser la de Rehse-Bolsenköter (Rehse, 1977; Bolsenköter et al., 1984), o programas informáticos que estimen el tiempo de tránsito de un contaminante hasta la llegada al pozo (e.g. PEPOTE –Perímetros de Protección, distribuido gratuitamente por el Área de Ciclo Hídrico de la Diputación de Alicante: <https://ciclohidrico.com/download/delimitacion-de-perimetros-de-proteccion-para-captaciones-de-aguas-subterranas/pepote/>). Lo más efectivo sería disponer de una norma genérica que obligue a realizar el estudio tipo que en cada caso proceda, en función de la utilización del agua captada, de las características del acuífero, de la captación, y del foco potencialmente contaminante.

Las normas revisadas en el **capítulo 5** establecen unas recomendaciones genéricas sobre la ubicación topográfica del pozo: aguas arriba de cualquier fuente de contaminación, teniendo en cuenta la posible inversión de flujo provocada por el cono de bombeo, etc. Además, una sobreelevación mínima de la tubería de cabeza del pozo de 30 cm sobre la solera. En general, se prohíbe la ubicación del pozo en zona inundable y en su defecto, se impone una sobreelevación de 0,50 m por encima del máximo nivel de las aguas y unas condiciones de estanqueidad más estrictas (más información en el **epígrafe 7.7**). Existen además otras restricciones de seguridad (edificaciones por riesgo de subsidencia, a líneas eléctricas, etc.). Todos estos condicionantes fijarán a posteriori, de forma individual o conjunta, las características físicas de la captación (profundidad, diámetros de perforación y acondicionamiento).

Se enumeran a continuación ejemplos reales de contaminación en captaciones causadas por una mala ubicación según comunicación personal de Juan Antonio Hernández Brazo, jefe de la Unidad de Recursos Hídricos de la Diputación de Alicante:

- **Acopio de purines para abono agrícola en zonas próximas a una captación.** Si están cerca de tramos permeables la infiltración directa de lixiviados hace que lleguen con facilidad al pozo, ya sea porque este tiene como objetivo dichos tramos permeables o porque los atraviese en su tramo más superficial y no presente una cementación adecuada en los mismos. Igualmente, si el acopio de estos materiales se produce en un suelo poco permeable, puede causar contaminación si pasa cerca algún reguero o barranco que aguas abajo atraviese tramos permeables conectados con la captación.
- **Acopio de otros restos orgánicos en proximidades de captación,** como por ejemplo algas de retirada de playa para generar biomasa.
- **Vertido de estación depuradora de aguas residuales (EDAR) en regueros, barrancos o ríos conectados aguas abajo con tramos permeables atravesados por la captación.**
- **Fugas de la red de alcantarillado de núcleos urbanos en terrenos detríticos captados por drenes o pozos.**
- **Fugas de alcantarillado o pozos ciegos de urbanizaciones localizadas sobre afloramientos permeables,** especialmente en montañas formadas por afloramientos carbonatados.
- **Contaminación de manantiales por depósitos de combustible antiguos en terrenos carbonatados.**



7.2 | Control de perforación, testificación y auscultación de sondeos

7.2. Control de perforación, testificación y auscultación de sondeos

7.2.1. Conceptos generales

La perforación de un sondeo constituye siempre una oportunidad única e irrepetible de acceso a información real del subsuelo. A veces, la ejecución de un sondeo es la culminación de muchas horas de estudio e investigación por métodos indirectos, por tanto, es muy importante contar con los equipos técnicos y humanos especializados que puedan extraer la máxima información posible.

Durante la fase de perforación de un sondeo de captación de aguas subterráneas el equipo encargado de la construcción y los expertos en hidrogeología hacen una serie de observaciones y de medidas que son esenciales para conseguir un correcto diseño final del acabado del sondeo, para tener una primera idea de la calidad del agua y de la posición de los niveles productivos y para mejorar el conocimiento geológico e hidrogeológico de las formaciones perforadas.

De la adecuada combinación de las observaciones realizadas por los sondistas, y de la información generada por los especialistas en hidrogeología y de la testificación geofísica depende el éxito del diseño final de un sondeo para la captación de agua subterránea, dado que lo previsto en el proyecto inicial y lo que resulta tras la perforación no suele coincidir.

Se considera conveniente definir algunos de los conceptos empleados en este apartado. Así, a los distintos procedimientos empleados para la testificación geológica y geofísica de un sondeo se les conoce como **testificación de sondeos**.

La **testificación geológica** incluye el muestreo y el análisis del detritus generado durante la perforación y de los testigos de sondeo, cuando se perforan sondeos con recuperación de testigo. Por su parte, la **testificación geofísica** consiste en el registro y análisis de mediciones de las propiedades físicas de la formación geológica perforada y del fluido que contiene el interior del sondeo. Estos registros se realizan con sondas geofísicas que acceden al interior del sondeo y realizan la toma de datos de forma generalmente continua. La representación gráfica de estos registros se denomina **diagrfías** o **perfiles de pozo**.

La interpretación de estos registros puede proporcionar información sobre:

- Litologías: identificación y ubicación de formaciones geológicas, buzamiento de los estratos, tipo de contactos litológicos, permeabilidad y porosidad, densidad, resistividad, localización de zonas permeables, correlación de sondeos.
- Propiedades del fluido: calidad del agua, identificación de flujos.
- Aspectos constructivos: diámetro, desviación, azimut, unión entre tuberías, grado de corrosión de la tubería, etc.

Por su parte, la **auscultación de un sondeo** consiste en la evaluación del acabado constructivo de un pozo mediante la aplicación de registros geofísicos. Se conoce genéricamente como **testificación final de obra** e incluye fundamentalmente registros que evalúan aspectos constructivos como los registros videográficos, verticalidad y diámetros del sondeo. También se pueden realizar otros registros más específicos según necesidades del proyecto como diagrfías para el control de la unión de la tubería o de las cementaciones.

7.2.2. Control de la fase de operación

Durante la fase de perforación de un sondeo el equipo de perforación debe controlar tres aspectos fundamentales: a) la velocidad de avance de la perforación, b) las incidencias durante la fase de construcción y c) el comportamiento del fluido y del nivel de agua en el interior del sondeo.

El control de la velocidad de avance de la perforación es de gran ayuda para reconstruir la columna litológica del sondeo. Hay que entender que la velocidad de avance depende de muchos factores como el sistema de perforación, la presión que se ejerce en la herramienta de corte y la profundidad del sondeo, entre otros. Sin embargo, las formaciones más duras suelen ser más difíciles de perforar que las formaciones blandas y hacen que cambie el ritmo de avance de la perforación. Por eso, los perfiles de sondeo en los que se enfrenta la velocidad de avance (normalmente medida en m/min) con la columna litológica son de gran utilidad.

Es necesario conocer todas las incidencias que se producen durante la construcción de un sondeo. Es esencial una comunicación fluida con el equipo humano encargado de la construcción de la perforación. La existencia de agua durante la perforación, el aumento o la reducción del caudal que se extrae durante la perforación, el cambio en la humedad de las muestras, la presencia de tramos fracturados, las dificultades en la rotación de la sarta, la intercepción de cavidades kársticas y cualquier otro tipo de circunstancia debe quedar reflejada en el parte de perforación.

El control del nivel piezométrico del sondeo durante la fase de perforación es esencial. Cuando se puede conocer el descenso o el ascenso del nivel piezométrico de la perforación durante el avance de su construcción se consigue una información hidrogeológica muy valiosa. Asimismo, resulta de especial interés el poder realizar algunos ensayos hidráulicos durante la ejecución de un sondeo. Es el caso de los ensayos slug o de los clásicos ensayos de valvuleo, cuando se perfora a percusión. Estos ensayos permiten tener una idea aproximada de la permeabilidad de las formaciones perforadas, información que puede ser de especial interés para determinar si es necesario hacer un sondeo más o menos penetrante en una formación acuífera, con objeto de obtener un caudal determinado.

Equipo de testificación del Instituto Geológico y Minero de España. Autor: Jorge Jiménez.



7.2.3. Testificación geológica

El reconocimiento de las muestras del detritus que se genera durante la perforación de los sondeos de captación de agua subterránea permite adquirir una valiosa información geológica, que debe ser interpretada durante el avance de la perforación. El análisis de esta información permitirá al especialista en hidrogeología conocer la necesidad de continuar la perforación o de detenerla, así como planificar un adecuado diseño constructivo de la captación, entre otras cuestiones.

Por defecto, cuando se utilizan técnicas de perforación destructivas, que es lo habitual al construir sondeos para la captación de aguas subterráneas, se recomienda muestrear un kilo de muestra por cada metro de avance de la perforación. Estas muestras se deben introducir en bolsas de plástico transparente, que deben ser guardadas, numeradas según profundidad, e identificadas. Es muy importante que las muestras queden protegidas de las inclemencias meteorológicas.

La descripción litológica de las muestras debe hacerse por profundidades y de forma sucinta. En primer lugar, se debe indicar el nombre de la roca y su color, después sus características texturales, los componentes minerales más destacados y el tamaño del detritus. Si es posible se debe indicar la edad geológica de la formación perforada. Es recomendable utilizar las clasificaciones de rocas y de texturas más convencionales, así como una tabla de colores estándar, como es el caso de la tabla de Munsell.

Si se pretenden hacer análisis granulométricos, paleontológicos, mineralógicos o de otro tipo, se deberá consultar con el laboratorio correspondiente la cantidad de muestra necesaria y el procedimiento de muestreo más adecuado.

En el caso de sondeos de investigación hidrogeológica con recuperación de testigo continuo, los testigos deben ser identificados y almacenados en cajas, que deben estar protegidas de las inclemencias meteorológicas.

Muestras de detritus generadas durante una perforación a rotopercusión. Autor: Juan Antonio Hernández Bravo



7.2.4. Testificación geofísica

Con la testificación geofísica se pretende conocer, de forma indirecta, las características y los tipos de materiales perforados durante la construcción de un sondeo, así como algunas de las características físico-químicas del agua subterránea existente en las distintas formaciones geológicas atravesadas. Los equipos de testificación geofísica básicos constan de los siguientes elementos:

- 1) Vehículo de transporte. Actualmente el tamaño de los equipos de prospección se ha reducido de forma notoria y ya pueden ser desplazados en un vehículo de no muy grandes dimensiones.
- 2) Generador eléctrico.
- 3) Cabestrante y motor, también conocido como *winch*, en donde se encuentra enrollado el cable de acero con un conductor coaxial. Este cable es accionado mediante un motor con el que se puede regular la velocidad de ascenso y descenso de la sonda. Así mismo, permite conocer la profundidad a la que se encuentra la sonda en cada momento.
- 4) Equipo registrador o logger. Consiste en la unidad de comunicación y de adquisición de los datos proporcionados por las sondas geofísicas.
- 5) PC en el que se incluye el correspondiente software de control del *winch* y de adquisición y de procesado de datos geofísicos.
- 6) Sondas geofísicas. Estas están formadas por sensores, que pueden ser generadores y/o receptores de medidas de una o varias propiedades físicas y un convertidor analógico-digital de la señal captada.

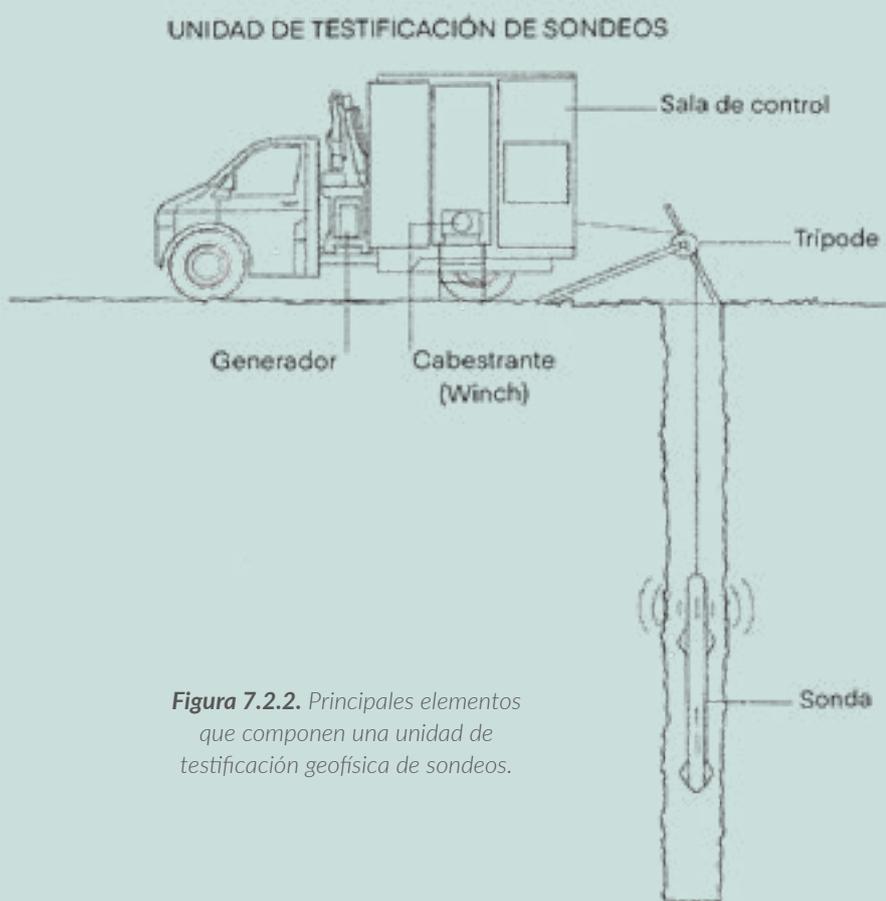


Figura 7.2.2. Principales elementos que componen una unidad de testificación geofísica de sondeos.

La selección de los diferentes tipos de registros geofísicos a realizar se debe estudiar de forma previa a la ejecución del sondeo, dado que su correcta aplicación depende de muchos parámetros como el diámetro de la perforación, la presencia de fluido, la existencia o no de entubado, de si este es metálico o no, etc. Por eso, la elaboración correcta del programa de testificación de un sondeo es esencial y debe obedecer a los objetivos para los que se diseña. En todo caso, se quiere hacer constar que la testificación geofísica debe partir de la testificación geológica previa de la columna del sondeo y de los datos del avance de la perforación facilitados por el equipo de perforación.

En la tabla 7.2.1 se describe y sintetiza la potencialidad de la mayoría de las diagráfias que se utilizan más frecuentemente en el campo de la hidrogeología. Para conocer adecuadamente el fundamento de los principales tipos de diagráfias empleadas en la testificación geofísica se recomienda la lectura de manuales específicos (Schlumberger, 1989; Hurst et al., 1992; Keary et al., 2002).

Información General	Tipo de registrostancia (m)	Diagrafía	Información detallada	Condicionante	Campo de Aplicación			
					Investigación	Construcción	Fin de Obra	Rehabilitación
Litología	Nuclear	Gamma Natural	Litología, contenido en arcilla, correlación	No requiere				
		Neutrón	Porosidad, fracturas, litología					
		Gamma - Gamma	Densidad aparente, porosidad litología					
	Eléctricas	Resistividad Normal corta 16"	Resistividad en zona invadida, litología, permeabilidad	Con fluido y pozo sin entubar				
		Resistividad Normal larga 64"	Resistividad en zona no invadida, litología					
		Potencial Espontáneo (SP)	Litología, identifica zonas acuíferas, anticipa calidad del agua					
		Resistencia Monoelectrónica (SPR)	Litología, correlación					
	Acústicas	Acustic Televiewer	Litología de alta resolución, obtiene testigo continuo orientado, diámetro	Con fluido y pozo sin entubar				
		Sonda Sónica de Onda completa	Litología, porosidad, fracturas, constantes elásticas, etc					
	Propiedades del fluido	Calidad del agua	Temperatura	Gradiente térmico, zonas permeables, nivel del agua	Con fluido y entubado indiferente			
Conductividad eléctrica			Calidad del fluido, zonas permeables, nivel del agua					
Toma de Muestras			2 litros de agua de un punto concreto para análisis químico					
Hidrodinámica		Flowmeter	Flujo en pozo, zonas permeables	Con fluido y entubado indiferente				
Aspectos constructivos	Estructural	Calibre	Diámetro en perforación o tubería	No requiere				
		Desviación	Desviación con la vertical, orientación de la desviación	No requiere para verticalidad, sin tubería metálica para orientación (Azimut)				
	Tubería	Cámara de TV sumergible	Inspección directa del estado interior del sondeo	No requiere				

Tabla 7.2.1. Síntesis de los registros fundamentales de testificación en sondeos de captación de aguas subterráneas, información obtenida y campo de aplicación habitual.

Las técnicas de testificación geofísica en sondeos de captación de agua subterránea y los registros videográficos se pueden aplicar de forma previa a la ejecución de la captación, durante su construcción, una vez finalizada y durante el periodo de operación del sondeo.

1. Durante la **fase de investigación**, la realización de diagrfías en sondeos existentes, en el entorno donde se va a realizar una perforación, permite correlacionar la información geológica, mejorando el conocimiento de la geometría de los acuíferos, conocer las características físico-químicas del agua subterránea, identificar las zonas más productivas en profundidad e incluso conocer el comportamiento del entubado de los sondeos con el paso del tiempo frente al agua de las formaciones acuíferas.

2. En la **fase de construcción** del sondeo, la testificación geofísica combinada con la testificación geológica debe ser empleada para definir el orden de entubación del sondeo, es decir, para conocer a qué profundidades se deben colocar los tramos ciegos y los tramos filtrantes del entubado del sondeo y para saber qué tipo de rejilla es más adecuado a cada profundidad. En fase de construcción y previo al entubado también es recomendable realizar un registro de verticalidad ya que, en caso de valores no admisibles, el coste de remediación será siempre inferior al que tendrá cuando el sondeo esté entubado y engravillado. En esta fase también se puede emplear para verificar la correcta cementación realizada en un sondeo, para detectar posibles entradas de aguas con distintas propiedades físico-químicas (aportes salinos, aguas contaminadas...).

Cuando se va a definir el **orden de entubación** de un sondeo, perforado a rotación directa o inversa con lodos, la realización de diagrfías resulta esencial. El lodo suele generar una costra de baja permeabilidad en la pared del sondeo que sella las zonas productivas. Además, el detritus llega a superficie con un desfase temporal que aumenta con la profundidad de la perforación y que puede ser muy importante, haciendo difícil asignar una profundidad determinada a las muestras de detritus recogidas en la boca del sondeo. En estos casos se suelen realizar las diagrfías de gamma natural, resistividad corta y larga, potencial espontáneo y de conductividad y temperatura del fluido. En el caso de los sondeos perforados por los métodos de percusión y de rotopercusión la testificación geológica puede ser suficiente para diseñar correctamente el entubado del sondeo. No obstante, la testificación geofísica siempre permite obtener mucha más información de la que se obtiene solo con la testificación geológica. En el caso de los sondeos perforados en rocas duras y en materiales kársticos, los registros de televiever óptico y acústico combinados con el gamma natural y con los registros sónicos permiten identificar la profundidad, la apertura, el buzamiento y la dirección de las fracturas, así como si estas están rellenas de arcilla o no, entre otras cuestiones.



Tramo de filtro tipo puentecillo con un correcto estado de limpieza y desarrollo, se observa incluso el detalle de la grava del filtro a través de los puentes. Fuente: AQUATEC.



Mismo tipo de filtro con insuficiente grado de limpieza. Se observan depósitos de lodo de perforación. Fuente: AQUATEC.

3. Una vez **finalizada la perforación** es conveniente hacer su **auscultación**. Este proceso consiste en aplicar distintas técnicas de testificación geofísica para conocer cómo ha quedado finalizada la captación y así poder certificar correctamente si se han cumplido, o no, las prescripciones técnicas indicadas por la dirección técnica de la obra.

El reconocimiento videográfico del sondeo es el registro más común en la fase de auscultación. La inspección con la cámara de video permite medir la profundidad total de la perforación, conocer el estado de la tubería, el acabado de las soldaduras, el correcto roscado de la tubería cuando se utilizan este tipo de uniones, la presencia de reducciones de diámetro, el grado de limpieza de los tramos de filtro, etc.

La sonda de calibre o las de TWS (*Televiwer* sónico) y TWO (*Televiwer* óptico), según el tipo de entubado, permiten determinar los diámetros internos de la entubación, la existencia de posibles irregularidades, en especial cuando se utilizan conos de reducción, deformaciones, colapsos, etc. También existen en el mercado sondas como la CCL (Casing Collar Location) diseñada para verificar la longitud y las uniones de los distintos tramos entubados en un sondeo.

El proceso de auscultación es esencial en sondeos de elevado presupuesto, dado que esta es la forma más veraz de realizar una correcta certificación final de la obra.

4. Durante el periodo de operación de sondeos de explotación de agua subterránea importantes, como es el caso de sondeos de abastecimiento a poblaciones, sondeos para riego de grandes extensiones de cultivo, o sondeos para uso industrial, es adecuado hacer un control periódico mediante registros videográficos. Esta labor de control permite prevenir posibles problemas operativos y en caso de que existan, identificarlos y plantear posibles soluciones o el abandono de la captación. Otro campo importante de aplicación de la testificación geofísica es la rehabilitación de sondeos. Las patologías más usuales que pueden presentarse son:

- Roturas o incluso colapso en la tubería.
- Bajada de caudal o caudal específico no imputable a descenso regional en el acuífero.
- Bajada de nivel piezométrico que compromete la sumergencia de la bomba.
- Caída accidental de electrobombas.
- Problemas relacionados con la calidad del agua.

Para acometer el proyecto de rehabilitación es muy importante realizar los estudios previos y verificaciones pertinentes, entre los que se incluye casi de forma obligatoria un diagnóstico preciso de la captación mediante testificación geofísica. En este caso, lo más habitual es realizar los registros relacionados con los aspectos constructivos, destacando el registro videográfico, desviación y diámetros. Con el análisis de estos registros se pueden abordar con mayor garantía de éxito el diseño y prescripciones de la rehabilitación (re-entubación, re-perforación, limpieza, desincrustación, operaciones de “pesca” de elementos caídos accidentalmente, etc.).

7.2.5. Control de la desviación del sondeo

Se ha considerado conveniente realizar un apartado específico para la medida de la desviación de los sondeos, dado que un sondeo mal construido puede tener serias dificultades para ser instalado con un equipo de bombeo o, simplemente, no puede ser equipado.

Hay que entender que la mayoría de los sondeos de explotación de aguas subterráneas, salvo algunos casos excepcionales de sondeos perforados a percusión, suelen estar desviados. La presencia de estratos inclinados en profundidad, el cambio de dureza de los materiales y la existencia de cavidades u otro tipo de oquedades favorecen la desviación de la perforación. Además de las causas geológicas, un empuje inadecuado de la sarta de perforación sobre el útil de corte, la presencia de holguras en la cabeza de rotación o una velocidad de perforación excesiva también son causas, en este caso subsanables, que favorecen la desviación de un sondeo. En ese sentido, es recomendable dedicar atención al emplazamiento y a la nivelación inicial de la sonda de perforación, elegir una herramienta de corte adecuada a los materiales a perforar, realizar un buen control del empuje ejercido sobre el útil de corte, utilizar estabilizadores y controlar la velocidad de avance.

Antes de indicar cómo se mide la desviación de un sondeo y qué tipo de desviación se acepta como tolerable, se deben definir algunos conceptos de especial interés.

El primero de los conceptos a tener en cuenta es el de la **verticalidad** (*Plumbness*, en inglés). Un sondeo es vertical a una profundidad determinada cuando la proyección del sondeo, desde esa profundidad, en superficie, coincide con el punto central del inicio de la perforación. Si la proyección y el centro del inicio del punto de perforación no coinciden, se puede medir la **desviación** (*drift*, en inglés), que es la distancia horizontal entre esos dos puntos y el azimut, que sería el ángulo entre el segmento que une el punto central del inicio de la perforación y el proyectado en superficie con respecto al norte magnético. La **alineación o rectitud** (*alignment*, en inglés) es el mantenimiento del eje del sondeo como una línea recta (ver figura 7.2.3).

En el caso de sondeos desviados pero alineados, si la desviación no es excesiva, podrá realizarse una correcta entubación y cementación (con centradores) y la bomba tendrá un funcionamiento correcto, aunque es posible que sea necesario utilizar centradores para evitar el contacto con el entubado. En el caso de sondeos desviados y no alineados, al superar ciertos límites se compromete su correcto entubado y cementación, el posterior funcionamiento de la bomba o incluso, su colocación y mucho más, su extracción para el mantenimiento, la operatividad del sondeo y su vida útil.



Registro videográfico. Fuente: AQUATEC.



Sala de telecontrol de un equipo de diagraffas. Fuente: AQUATEC.

Al entubar un sondeo se puede comprobar si el sondeo está construido con una desviación tolerable. Un descenso sin problemas de la entubación, sin atranques y en el que la tubería cuando está suspendida se puede girar sin que se produzcan rozaduras entre el tubo y la pared del taladro, es un sondeo que va a poder ser bien acondicionado. Asimismo, cuando se instala el equipo de bombeo para la realización del correspondiente ensayo de bombeo, es conveniente inspeccionar si existen dificultades en el descenso del equipo de impulsión, al igual que comprobar si se han producido rozaduras en la tubería de impulsión o en la bomba o si se han deteriorado los cables de alimentación a la bomba cuando se extrae el equipo de impulsión. Igualmente, en el reconocimiento videográfico final se van a apreciar posibles rozaduras en el entubado, o deterioros en las reducciones del mismo, relacionados con dicha pérdida de verticalidad.

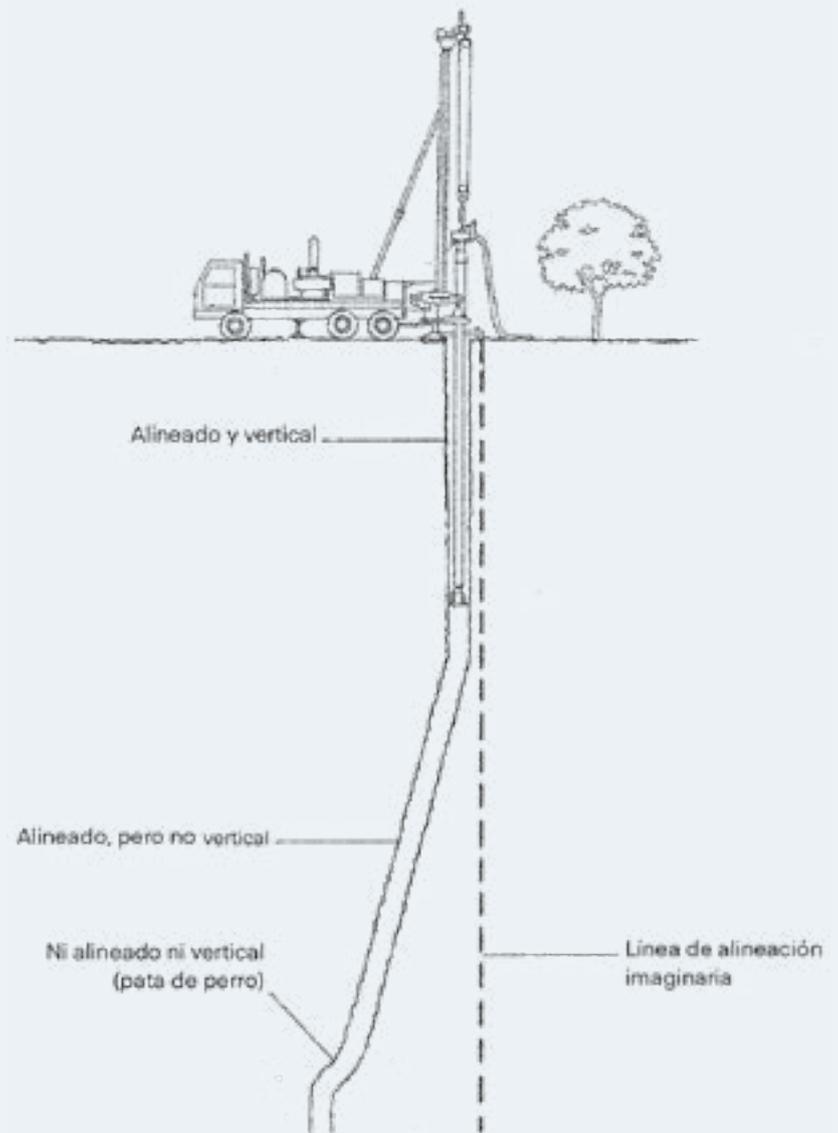


Figura 7.2.3. Conceptos de verticalidad y alineación.

Para medir la verticalidad y la alineación de un sondeo el procedimiento más habitualmente empleado es la testificación geofísica con sondas específicas para este uso. Los nuevos sistemas electrónicos que incorporan estas sondas y que miden la desviación se basan en la utilización de acelerómetros triaxiales, para determinar la inclinación, y magnetómetros triaxiales para medir el azimut. Si se trata de medir la orientación en terrenos con materiales magnéticos o sondeos entubados con tubería metálica, los magnetómetros se sustituyen por giroscopios, más caros y más delicados de manejo.

Los avances producidos por la industria petrolera, con motivo de la necesidad de control de la dirección de desviación de sondeos, han permitido disponer de tecnología cada vez más precisa, que ha sido exportada a la industria de testificación de sondeos de captación de agua subterránea. Los rangos de precisión disponibles en los equipos de testificación geofísica de sondeos de captación de aguas subterráneas cumplen con los rangos necesarios, que están comprendidos entre 0,1 y 0,2 grados para la inclinación y 0,5 y 1 grado para el azimut.



Diferentes sondas y cámara de video para sondeos. Fuente: AQUATEC.

Dados los avances citados, hoy existen en el mercado equipos asumibles económicamente para las empresas perforadoras de sondeos de agua. Las lecturas de estos equipos se procesan y permiten establecer con precisión, la geometría del sondeo, representarla de forma pseudotridimensional y calcular los parámetros necesarios para el dimensionado y colocación de la bomba (figura 7.2.4).

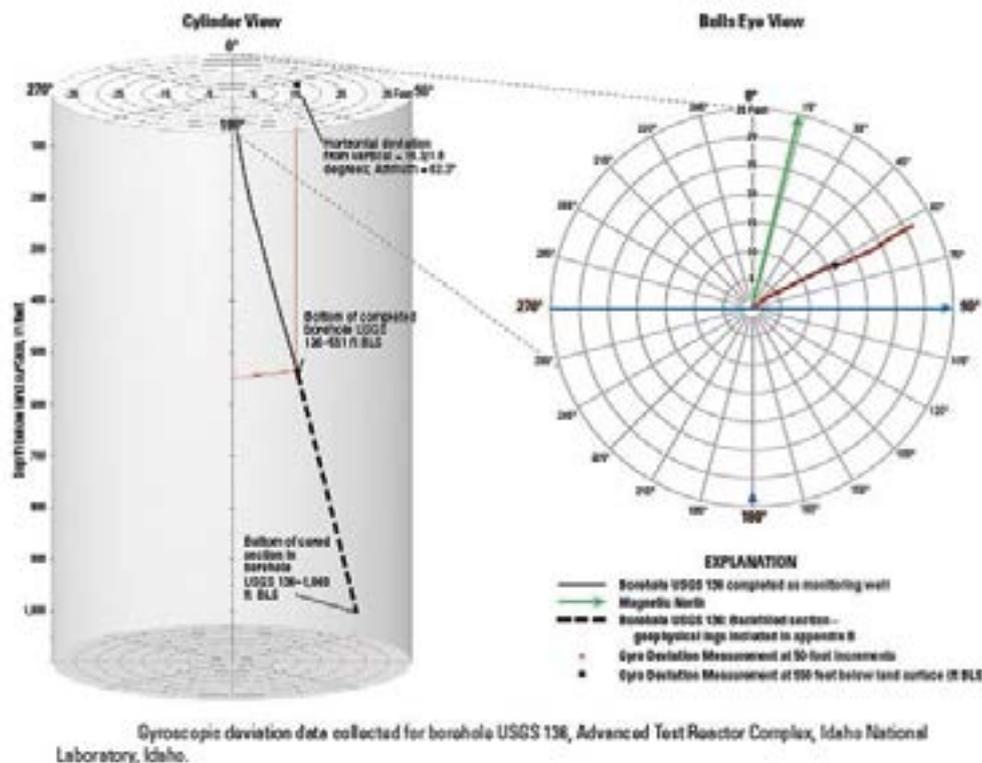


Figura 7.2.4. Ejemplo de diagráfias de verticalidad y desviación de un sondeo.