

REDES DE CONTROL DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Amable Sánchez González.
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Dirección General de Obras Hidráulicas.

RESUMEN

Se señala la importancia de conocer la evolución temporal de los recursos de agua subterránea, diferenciándose entre los objetivos y métodos de control correspondientes al interés general y al de los usuarios, así como los de las redes específicas de vigilancia. Se informa sobre el PROGRAMA REDES, presentado en el Libro Blanco de las Aguas Subterráneas, cuya implantación definitiva está prevista para el año 2.000, y que constará de unos 1.600 puntos para el control piezométrico, y 1.300 para el de la calidad de las aguas.

ABSTRACT

The importance of establishing a nationwide groundwater monitoring network is emphasized. Clear distinctions must be made between the objectives and the methods of control corresponding to basic or reference networks, to user related networks, as well as to those designed for the monitoring of specific problems. The paper reports on the compliance of the NETWORKS ACTION PROGRAMME, currently under execution by the Ministry of Public Works, Transportation and Environment, which will end by the year 2000 with the setting up of about 1.600 water level control stations and 1.300 points for the control of groundwater quality.

INTRODUCCIÓN

Las reservas de agua almacenadas en los acuíferos son varias veces superiores a las de agua dulce existentes en lagos y embalses, incluso en un país como el nuestro, que dispone de una gran infraestructura de regulación superficial. Casi el cuarenta por ciento del territorio español está cubierto por formaciones geológicas consideradas como acuíferos productivos desde el punto de vista de la planificación hidrológica regional. La recarga media de estos acuíferos es de unos 20.000 hm³/año, aproximadamente el 18% de la circulación total de agua en España.

Nuestros recursos subterráneos juegan un papel importante en la economía, en la salud pública,

y en el mantenimiento de ecosistemas acuáticos. Mediante explotación o captación directa satisfacen las necesidades de agua potable de 12 millones de personas y las del riego de casi un millón de hectáreas. En la medida en que las descargas naturales de los acuíferos a través de manantiales alimentan a los ríos, estos recursos se aprovechan indirectamente a partir de los embalses y derivaciones construidas en los cursos fluviales. La importancia ecológica del agua subterránea estriba en innumerables tramos de ríos, principales y secundarios, cuya permanencia de caudales se debe a la existencia de manantiales, y en las 126 zonas húmedas con superficie superior a 10 has que dependen igualmente de la alimentación subterránea (MOPTMA, 1994).

Se admiten comentarios a este artículo, que deberán ser remitidos a la Redacción de la ROP antes del 30 de marzo de 1996.

Recibido en ROP:
octubre de 1995

Las necesidades y objetivos del control de los recursos superficiales y subterráneos son idénticas, diferenciándose en los métodos de observación y de elaboración de las mediciones. La primera diferenciación que cabe establecer en las redes de control se refiere al objeto de la misma, según interese el aspecto cantidad del recurso o el de su calidad.

REDES PIEZOMÉTRICAS Y REDES DE CALIDAD

La masa hídrica de un acuífero se obtiene del conocimiento de su porosidad y del de la superficie piezométrica del agua en el mismo, que es observable mediante sondeos en los que se mide la profundidad a que se encuentra el agua. La forma y posición de la superficie piezométrica dependen de las características del flujo subterráneo horizontal, de la distribución espacial de los parámetros porosidad y permeabilidad, y de los procesos de entradas verticales de agua, sean originados por la infiltración natural o por la extracción de agua en sondeos de explotación.

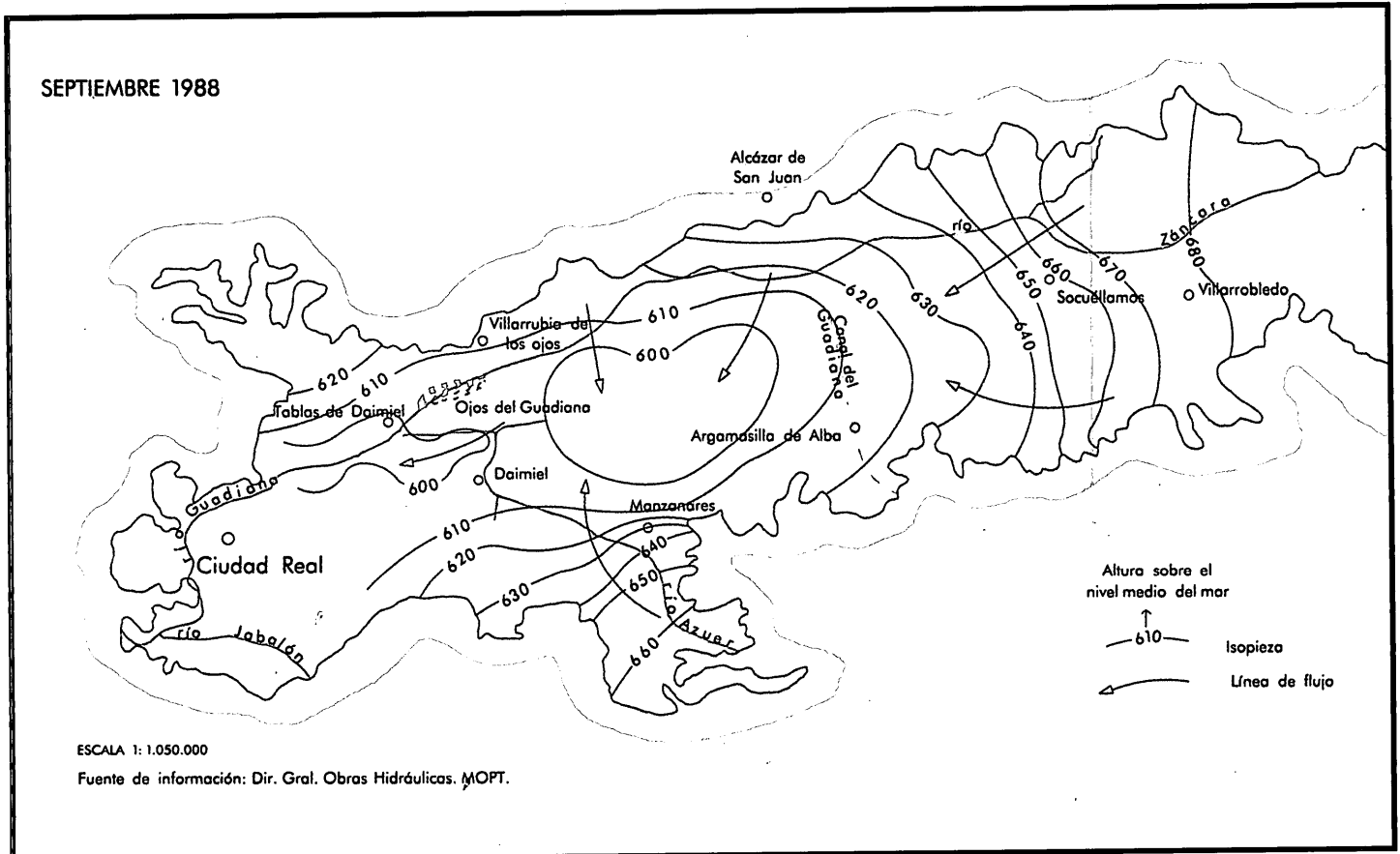
El control del aspecto cantidad de un acuífero precisa por ello de un número relativamente alto de sondeos de observación, tanto mayor cuanto mayores sean su extensión y las variaciones espaciales y temporales de los factores mencionados. Pero la piezometría no sólo determina el volumen de recurso existente, sino el flujo circulante que se deduce de los gradientes. Esto último tiene un gran valor para la predicción a corto-medio plazo del caudal de base de los ríos, un dato fundamental para la toma de decisiones en la explotación de los sistemas hídricos.

El control del aspecto calidad se realiza mediante la extracción de muestras de agua de los sondeos. Se utiliza una bomba instalada o un equipo portátil, capaz para eliminar la columna de agua estática del sondeo, de modo que la muestra sea representativa del acuífero.

OBJETIVOS DEL CONTROL

Se distinguen tres tipos de redes según el objetivo del control: redes básicas o de referencia,

Figura 1.
Piezometría del
acuífero de La
Mancha Occidental.



redes de usuarios, y redes especiales de vigilancia.

Las redes básicas se diseñan para definir el estado y controlar la evolución de los recursos de agua subterránea, a nivel nacional o regional. La información que proporcionan sirve para mejorar a largo plazo el conocimiento de los recursos naturales, y para la toma de decisiones en materia de asignación de recursos, protección de la calidad, y gestión del agua, a nivel de cuenca o de sistema de explotación. También se utilizan en estudios e investigaciones.

Este tipo de redes son diseñadas, construídas y operadas a nivel estatal o regional, según la organización administrativa de cada país. Las densidades de cobertura son de un punto de observación para varias decenas de kilómetros cuadrados de acuífero, en función del valor del agua y de la variabilidad espacial de diversos factores.

Las redes de usuarios son operadas por los usuarios interesados (empresas de abastecimiento público, asociaciones de regantes, zonas industriales). Sirven para la toma de decisiones en la gestión ordinaria de los aprovechamientos. Los puntos de observación utilizados suelen ser los propios sondeos de explotación, y la autoridad administrativa se reserva normalmente algún tipo de control, en especial en los casos de abastecimiento público.

Las redes especiales se proyectan y operan con un objetivo específico de vigilancia. Su implantación suele ser impuesta por una norma administrativa, como es el caso de instalaciones de residuos potencialmente contaminantes. En España podemos citar además los casos de los acuíferos declarados sobreexplotados o salinizados, en los que es obligatorio seguir la evolución temporal del problema.

En las redes especiales el control se realiza a nivel de acuífero concreto o de zona específica del mismo. Contrariamente a las redes básicas o generales, cuya pervivencia temporal es indefinida, la duración de las especiales se limita al período de existencia del problema.

REDES BÁSICAS DE CONTROL EN ESPAÑA

En la actualidad no disponemos de una red oficial de control de las aguas subterráneas que cubra la totalidad del territorio acuífero del Estado. Esperamos que así sea en un plazo de cuatro a cinco años, cuando hayan sido implantadas las re-

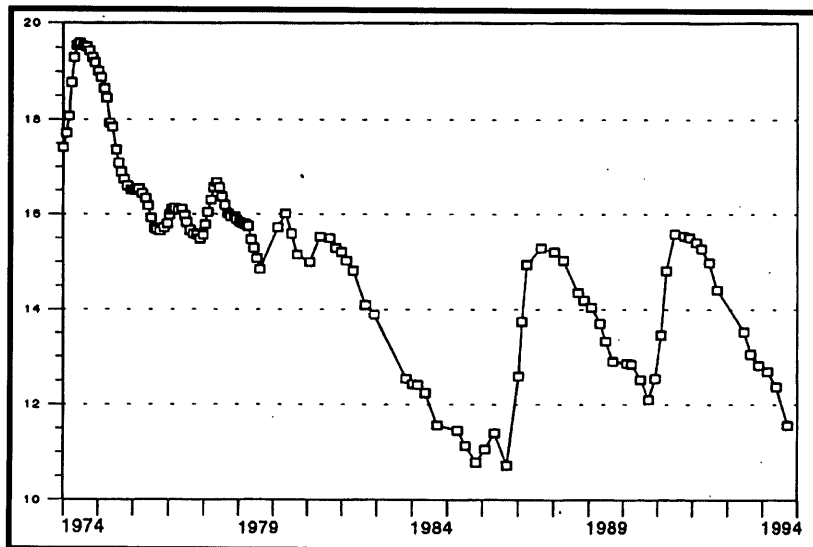


Figura 2.
Evolución
piezométrica a
largo plazo en un
punto del acuífero
Inca-La Puebla
(Mallorca).

des de todas las cuencas intercomunitarias e intracomunitarias, que a su vez proporcionarán datos a la Agencia Europea del Medio Ambiente.

La principal información estadística existente sobre piezometría y calidad de las aguas subterráneas es la obtenida por el Instituto Tecnológico Geominero de España. Desde mediados de la década de los setenta, el ITGE ha realizado un control cuyos objetivos, cobertura espacial, y densidad-frecuencia de observación han variado en el tiempo. Las series más representativas se refieren a unos 3.000 puntos de control piezométrico y a unos 1.300 puntos de muestreo para el de calidad. Es destacable la red de control piezométrico operada por la Junta de Aguas de Cataluña, constituida por 361 puntos, buena parte de los cuales son antiguos sondeos de investigación o piezómetros construídos por el Servicio Geológico del entonces Ministerio de Obras Públicas (JUNTA D'AIGÜES, 1995). Las Diputaciones Forales de Navarra y de Álava también operan desde aproximadamente 1980 sendas redes de piezometría y calidad sobre varias unidades hidrogeológicas situadas en sus respectivos territorios.

PROYECTOS DE REDES PARA LAS CUENCAS INTERCOMUNITARIAS

La Disposición Adicional Quinta de la Ley de Aguas atribuye al MOPTMA la responsabilidad del mantenimiento de las estadísticas de las aguas continentales, en sus aspectos de cantidad y calidad. En cumplimiento de este mandato, la Dirección General de Obras Hidráulicas elaboró en

| CUENCA HIDROGRAFICA | IMPLANTACION | | | | OPERACION (20 AÑOS) | TOTAL |
|---------------------------------|--------------|---------------------|----------------|-----------------|------------------------|---------------|
| | PROYECTO | RED PIEZOMETRICA | RED CALIDAD | INSTRUMENTACION | | |
| NORTE Y GALICIA COSTA | 15 | 270 | 120 | 25 | 170 | 600 |
| DUERO | 35 | 910 | 460 | 90 | 600 | 2.095 |
| TAJO | 25 | 600 | 310 | 55 | 400 | 1.390 |
| GUADIANA | 25 | 350 | 220 | 55 | 260 | 910 |
| GUADALQUIVIR | 35 | 820 | 540 | 110 | 590 | 2.095 |
| SUR | 35 | 300 | 250 | 40 | 250 | 875 |
| SEGURA | 25 | 340 | 180 | 35 | 230 | 810 |
| JUCAR | 45 | 850 | 480 | 110 | 590 | 2.075 |
| EBRO | 30 | 420 | 250 | 55 | 300 | 1.055 |
| CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA | 20 | 250 | 150 | 40 | 190 | 650 |
| BALEARES | 30 | 260 | 240 | 40 | 230 | 800 |
| CANARIAS | 25 | 250 | 140 | 40 | 190 | 645 |
| TOTAL | 345 | 5.620 | 3.340 | 695 | 4.000 | 14.000 |

1992 un documento de base sobre objetivos, directrices, métodos, y evaluación previa, para la implantación de una red de control general de las aguas subterráneas (DGOH, 1992). En el mismo año, el Consejo de la UE aprobó su primera resolución sobre la necesidad del Plan de Acción de Aguas Subterráneas, entre cuyas medidas básicas incluye el establecimiento de redes de control.

El PROGRAMA REDES es uno de los 16 contenidos en el Libro Blanco de las Aguas Subterráneas, elaborado por el MOPTMA y el Ministerio de Industria y Energía, de cuyo texto hemos recogido el cuadro de predefinición de costes de estas redes. (Mptas)

El PROGRAMA REDES se encuentra en la fase de redacción de los proyectos para las cuencas intercomunitarias y para Baleares. En el primer trimestre de 1996 habrán sido finalizados estos diez proyectos, de modo que pueda pasarse inmediatamente a la fase de contratación de la construcción de los sondeos necesarios. Cada proyecto es dirigido por un funcionario del respectivo Organismo de cuenca, asesorado por técnicos de la DGOH y del ITGE.

Para uniformizar los criterios generales de diseño y evaluación se creó mediante convenio tripartito el Equipo de Coordinación Técnica (ECT), integrado por especialistas de la DGOH, del ITGE, y de la Dirección General de Calidad de las Aguas. El ECT ha impartido recomendaciones técnicas relativas a la densidad y frecuencia de las observa-

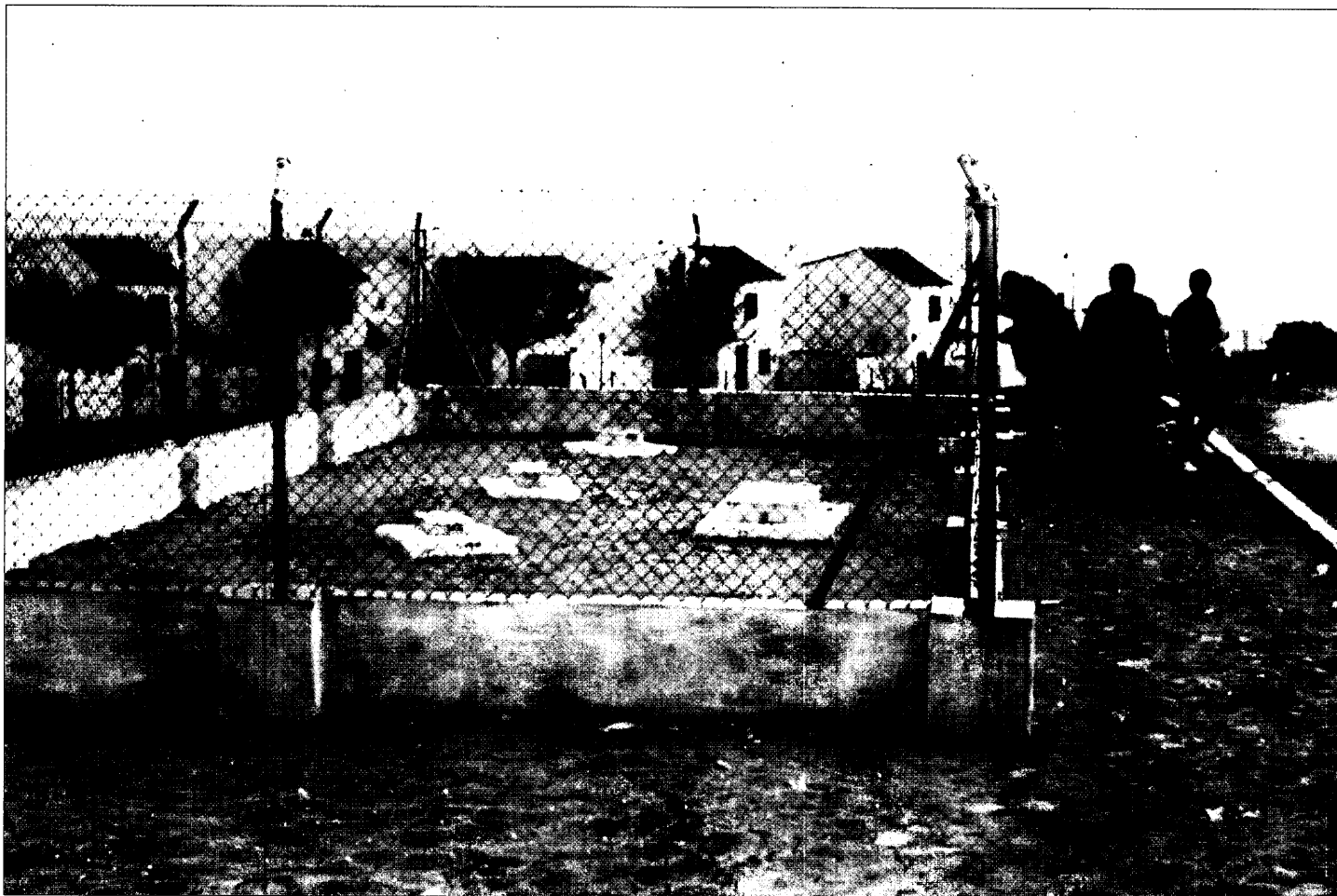
ciones, al diseño de los puntos de control, a la propiedad pública o privada de los mismos, y al tipo de instrumentación. Además ha elaborado una relación de precios unitarios para la contratación de las obras y un pliego de prescripciones técnicas para su ejecución.

Al nivel de elaboración actualmente disponible, es posible adelantar que la red piezométrica intercomunitaria (y Baleares) estará constituida por unos 1.800 puntos, de los que unos 700-750 son sondeos existentes que pueden ser aprovechados, y el resto deberá ser construido. Todos los puntos serán de propiedad pública y exclusivamente destinados al control de los acuíferos. La red de calidad estaría compuesta por unos 1.200 puntos, mayoritariamente basada en sondeos de explotación existentes y en puntos de la red piezométrica.

CONTROL MANUAL

La explotación de las redes de observación de aguas subterráneas se basa en la operación manual, lo que implica que cada vez que se realiza una medición o una toma de muestra, una persona debe desplazarse hasta el punto de control.

El procedimiento usual para medir el nivel del agua en un sondeo es utilizar una sonda eléctrica, que determina la profundidad mediante el cierre de un circuito eléctrico al contacto con el agua.



La sonda es fácilmente transportable y proporciona una buena precisión ($\pm 0,5$ cm) hasta profundidades incluso de 500 m. El *limnómetro* indica permanentemente en un dial la posición del nivel del agua, pero este sistema de flotador, cable, contrapeso, poleas y engranajes requiere más espacio, tiene menos versatilidad para adaptarse a las variaciones piezométricas, y hay que calibrarlo con cierta frecuencia; su única ventaja es la posibilidad de acoplar una plumilla y un tambor con cinta de papel para el registro continuo, pero en hidrología subterránea la información continua es necesaria pocas veces.

La obtención de muestras de agua para determinar su calidad es sencilla cuando el punto de control es un sondeo de explotación, que tiene un equipamiento permanente de extracción. No siendo éste el caso, puede utilizarse un equipo portátil relativamente manejable hasta profundidades del agua de 80-100 m; para profundidades mayores es preferible instalar permanentemente en el

sondeo una bomba de pequeña capacidad extractiva.

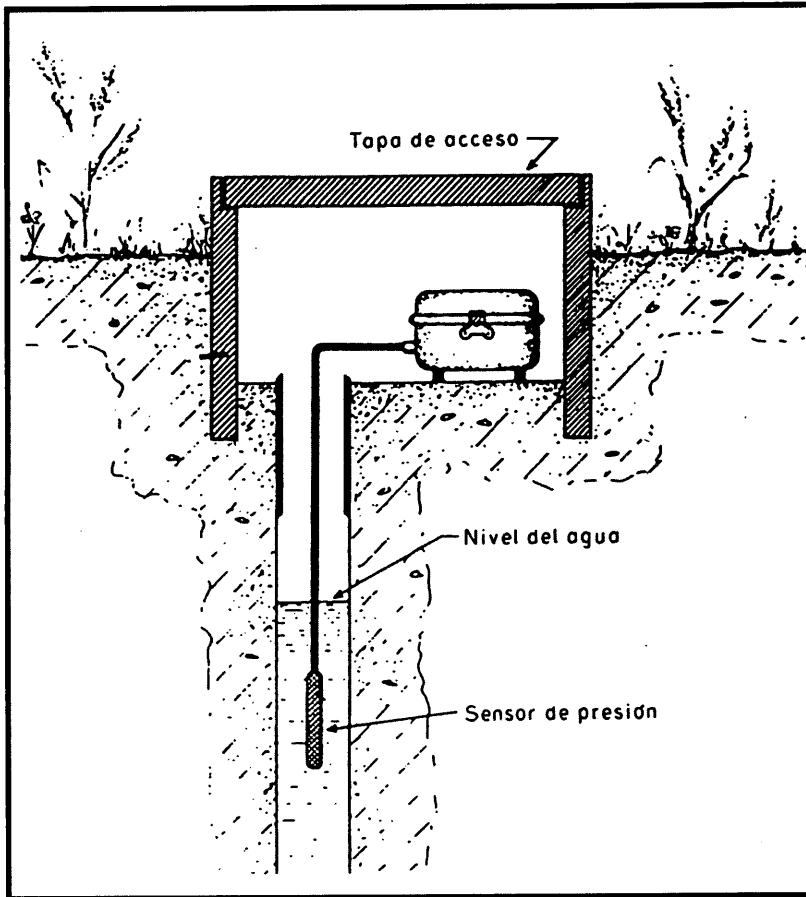
CONTROL AUTOMÁTICO

En las redes básicas generalmente basta con una observación mensual para la piezometría y una semestral o trimestral para la calidad. La obtención manual del dato o de la muestra es entonces el método más sencillo y económico. La observación automática es más conveniente, e incluso necesaria, en las siguientes circunstancias:

- ▼ Acuíferos kársticos cuyos procesos de llenado y vaciado son intensos y rápidos. En zonas muy lluviosas pueden producirse recargas y descargas en esta clase de acuíferos, que podrían pasar desapercibidas si sólo se realizase una medida mensual de niveles.
- ▼ Zonas de difícil acceso, sea por su lejanía o por las condiciones de vialidad.

Nido de tres piezométricos, y caja para el registro automático en Matalascañas (Huelva).

Figura 3.
Esquema de
registrador
automático.



tes puntuales por fugas o accidentes en instalaciones de determinado tipo de residuos también es clasificable en este grupo.
▼ Por razones de estudios o investigaciones especiales.

En todos estos casos se dota al sondeo de la instrumentación adecuada para obtener de forma autónoma y programable la información requerida. El equipo debe tener autonomía para funcionar a intervalos programados, sin ser atendido durante semanas o meses, y capacidad para almacenar o transmitir la información a una unidad central.

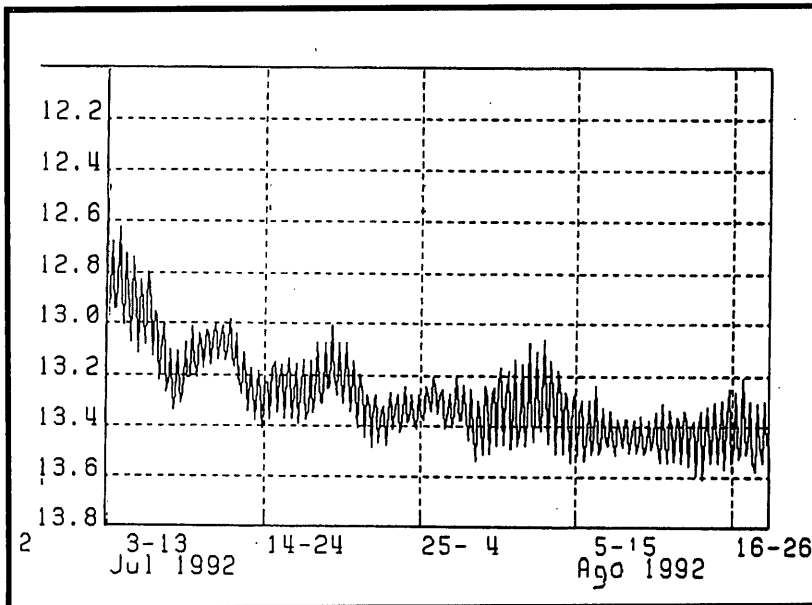
La medición de las variables de control se realiza de una forma indirecta. El nivel del agua en el sondeo se deduce de la presión que el agua ejerce sobre una lámina o membrana contenida en la

sonda-sensor instalada con carácter fijo, y a profundidad conocida. Los elementos que caracterizan la unidad automática de control son los siguientes:

- ▼ 1. El sensor o transductor, que transforma la magnitud física medida (presión-deformación de la membrana) en señales eléctricas, que se representan fácilmente en un galvanómetro o voltímetro digital. Los sensores se alojan en sondas conectadas mediante cables a la unidad receptora.
- ▼ 2. Un conversor analógico digital, que convierte la señal enviada por el sensor en su representación binaria para que pueda ser utilizada por un sistema informático. El conversor suele estar en el sistema central, aunque a veces, como el amplificador de la señal eléctrica, se incorpora a la sonda.
- ▼ 3. La unidad de proceso-almacenamiento-transmisión de datos trabaja con la información en código binario, y tiene las características de cualquier equipo informático: almacenamiento en cintas o discos magnéticos, mi-

Figura 4. Registro
automático del
efecto de la marca
en un piezómetro.
(Matalascañas).

▼ Sondeos integrados en un sistema de operación y control automáticos, como suele ser el caso de abastecimientos y riegos importantes. El caso de vigilancia de posibles contaminan-



croprocesador y programa de gestión del sistema.

El control automático de la calidad del agua en sondeos se realiza usualmente sobre las variables salinidad y temperatura, ya que son las únicas magnitudes susceptibles de transformación en señales eléctricas. En todo caso, ambas sirven como indicadores de alerta en ciertos procesos de contaminación, como la intrusión marina o los vertidos a aguas subterráneas de sustancias y líquidos procedentes de industrias.

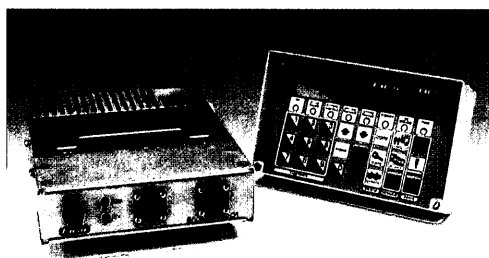
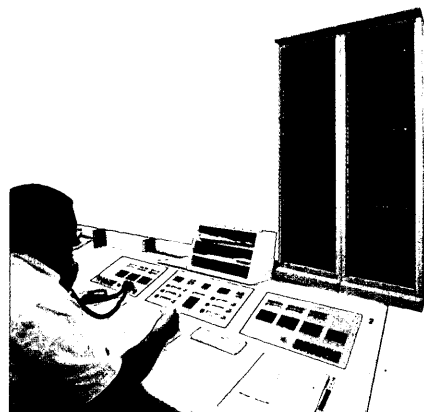
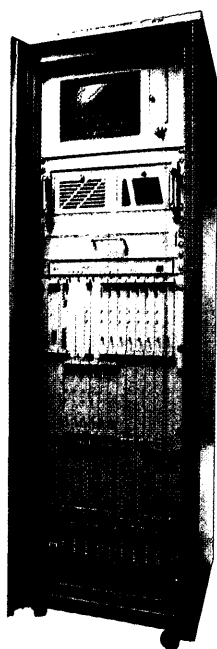
El coste de adquisición de un equipo de medida automático es relativamente alto. Mientras una buena sonda manual, de 400 m. de cable graduado cada medio centímetro cuesta unas trescientas mil pesetas, el conjunto sensor piezométrico -100 m. de cable- estación de adquisición de datos, supera el millón de pesetas. Los equipos automáticos deben ser visitados para la captura de la información almacenada, y en todo caso para su inspección, una o dos veces por año, lo cual supone un coste de explotación, variable según las cir-

cunstancias, entre cincuenta y ciento cincuenta mil pesetas anuales. En casos especiales, la transmisión de los datos puede hacerse también automática, por vía telefónica, por radio, o por satélite, a través de Sistemas de Información instalados por el Ministerio de Obras Públicas, Transportes, y Medio Ambiente, y especialmente a través del SAIH, cuya utilización sería de gran utilidad.

REFERENCIAS

- DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS HIDRÁULICAS, 1992. Estudio de establecimiento y explotación de redes oficiales de control de las aguas subterráneas (Cuencas intercomunitarias). Servicio Geológico. Febrero 1992.
- MOPTMA, 1994. Libro Blanco de las Aguas Subterráneas. Centro de Publicaciones. serie Monografías. Octubre 1994.
- JUNTA D'AIGÜES, 1975. Anuari de Dades Hidrològiques. 1987-1990. ●

Ensa es el líder español en Sistemas Integrados de Comunicaciones



Electrónica Ensa, S.A.
San Rafael, 6
28100 Alcobendas
Madrid (ESPAÑA)
Tel.: 34-1-396 7000
Fax: 34-1-396 7096