

*Proyecto de Construcción de Sondeos e Instalación  
de la Red Oficial de Control de Aguas Subterráneas de la  
Cuenca del Ebro*



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN  
HIDROGRÁFICA  
DEL EBRO

## **INFORME PIEZÓMETROS DE CALAHORRA: 09.405.01 Y 09.405.01 BIS**



## **ÍNDICE**

### **1. PROYECTO**

1.1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

1.2. METODOLOGÍA SEGUIDA EN LOS TRABAJOS DE ASISTENCIA TÉCNICA

1.3. OBJETIVO DEL PIEZÓMETRO

### **2. LOCALIZACIÓN**

### **3. SITUACIÓN GEOLÓGICA**

### **4. MARCO HIDROGEOLÓGICO**

### **5. EQUIPO DE PERFORACIÓN**

### **6. DATOS DE LA PERFORACIÓN**

### **7. COLUMNA LITOLÓGICA**

### **8. ENTUBACIÓN REALIZADA**

### **9. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS**

### **10. HIDROQUÍMICA**

### **11. CONCLUSIONES**

## **ANEJOS**

**ANEJO N° 0: REPLANTEO Y PERMISOS DE OCUPACIÓN**

**ANEJO N° 1: INFORMES DÍARIOS DE PERFORACIÓN**

**ANEJO N° 2: INFORMES GEOLÓGICOS**

**ANEJO N° 3: ENSAYO DE BOMBEO**

**ANEJO N° 4: ANÁLISIS QUÍMICOS REALIZADOS**

**ANEJO N° 5: FICHAS I.P.A. Y FICHAS MMA**

## **1. PROYECTO**

### **1.1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS**

En 1992, la D.G.O.H. Y C.A. realizó el estudio "Establecimiento y explotación de redes oficiales de control de aguas subterráneas", en el que se establecen los criterios generales de uniformidad para el diseño y operación de las redes de observación en las cuencas intercomunitarias. A partir de este marco de referencia, este mismo organismo realizó en 1996 el "Proyecto de instalación, mantenimiento y operación de redes oficiales de control de aguas subterráneas. Piezometría, hidrometría y calidad, Cuenca del Ebro", en el que se proyectó una red piezométrica constituida por 178 puntos, de los cuales 107 eran de nueva construcción y el resto puntos ya existentes.

La investigación hidrogeológica realizada desde entonces y la construcción por parte del Parque de Maquinaria del MIMAM de diversos sondeos, llevaron a la Oficina de Planificación de la Confederación Hidrográfica del Ebro a realizar una actualización del proyecto original, que se ha convertido en el proyecto constructivo.

Se han diseñado 80 sondeos. En total suponen 18.450 m de perforación, de los que 14.375 se realizan mediante rotoperforación y 4.075 mediante rotación con circulación inversa, En su mayor parte los sondeos no superan los 300 m de profundidad.

Con fecha 23 de febrero de 2004 fueron adjudicadas, por el procedimiento de Concurso Abierto las obras correspondientes al PROYECTO 01/2003 de CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRANEAS DE LA CUENCA DEL EBRO (Clave: 09.820.030/2111), por un presupuesto de adjudicación de 2.498.780,69 €, a la Unión Temporal de Empresas "UTE – CUENCA DEL EBRO" constituida por las empresas MICROTEC AMBIENTE, S.A.U. y SACYR, S.A.U.

El plazo de ejecución de las obras inicialmente previsto era de 36 meses.

El contrato se firmó el 30 de marzo de 2004, el Acta de Replanteo se firmó y se remitió a la Dirección General del agua del Ministerio de Medio Ambiente con fecha 30 de Abril de 2004 y las obras dieron comienzo el día siguiente.

Con fecha 11 de febrero de 2005 se contrató a la empresa CONTROL Y GEOLOGÍA S.A. (CYGSA), la Asistencia Técnica para la INSPECCIÓN Y VIGILANCIA DE LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRANEAS DE LA CUENCA DEL EBRO, TT. MM. VARIOS Clave: 09.820-030/0612.

Dentro de los trabajos a realizar por (CYGSA), se encuentra la redacción de un informe de cada uno de los piezómetros controlados. En este documento se recoge tanto el seguimiento de la perforación como los ensayos efectuados y sus resultados.

## 1.2 METODOLOGÍA SEGUIDA EN LOS TRABAJOS DE ASISTENCIA TÉCNICA

El seguimiento de las obras lo podemos clasificar en trabajos antes de la perforación, durante y al final de la misma.

- Trabajos anteriores a la perforación
  - Comprobación de replanteos (geográficos e hidrogeológicos)
  - Comprobación de accesos
  
- Perforación
  - Seguimiento de la perforación
  - Interpretación de la testificación geofísica
  - Propuesta de entubación a la Dirección de Obra
  - Control de tareas finales como limpieza del sondeo, toma de muestras de agua del piezómetro perforado y construcción y colocación del cierre con arqueta antivandálica.
  
- Ensayos de Bombeo
  - Seguimiento del ensayo en campo, tanto del bombeo como de la recuperación.
  - Representación e interpretación de datos obtenidos.
  
- Seguimiento de la Seguridad y Salud
  - Presentación ante la autoridad Laboral de los Avisos Previos y sus actualizaciones.
  - Revisión del Plan de Seguridad y Salud.
  - Control de documentación de maquinaria y trabajadores presentes en la obra.

- Visitas periódicas a las obras con atención especial a la señalización de las áreas de trabajo y al uso correcto de los equipos de protección individual (EPIS'S).

Este apartado de Seguridad y Salud es objeto de un informe aparte donde se recoge el seguimiento realizado antes y durante las obras.

- Redacción de informe final de cada piezómetro

Para facilitar la comunicación y la coordinación entre la Dirección de Obra, Empresa Constructora y Asistencia Técnica, se creó un Centro de Trabajo Virtual en el que se ha ido incorporando la documentación generada en la obra de forma casi inmediata.

### **1.3. OBJETIVO DEL PIEZÓMETRO**

Sondeo ubicado en la margen izquierda del río Cídacos en las proximidades de la desembocadura. El pozo se emplaza directamente sobre los materiales que constituyen el acuífero 49.02 Cuaternario Aluvial. El acuífero está constituido por el cuaternario aluvial, formado por las terrazas conectadas con el río y el aluvial actual del río Ebro. La geometría propia de estos depósitos es de perfil fusiforme. La terraza baja conectada con el río se encuentra a una altura máxima de 10 m sobre el cauce. Los espesores se encuentran entre 10 m en los afluentes y hasta 35 m en el sector central.

La recarga de la masa de agua subterránea se realiza por infiltración del agua de lluvia y retornos de riego. Otros mecanismos de recarga son el almacenamiento en riberas en épocas de avenida, aportes de barrancos laterales y aportes subterráneos del aluvial aguas arriba de la unidad. El flujo de las aguas subterráneas coincide grosso modo con el de las aguas

superficiales, modificado local y temporalmente por las extracciones y durante las crecidas, que invierten el sentido de la relación río-acuífero.

La circulación del agua subterránea es de tipo convergente desde los bordes del aluvial hacia el cauce del Ebro, con sentido general NO-SE. El pozo controlado se encuentra en la zona de recarga por retornos del regadío con acequias y tránsito hacia la descarga que se dirige hacia el río Ebro.

## 2. LOCALIZACIÓN

El piezómetro 09.405.01 está situado en el término municipal de Calahorra, junto al río Cidacos, a 1 km al NE del núcleo urbano.

Al emplazamiento del piezómetro se accede desde la carretera que pasa por el polígono industrial, al norte de Calahorra, y se une con la LR-134. Nada más cruzar las vías del tren se toma el primer camino a la derecha, situado entre dos naves. Se avanza por ese camino, paralelo a la vía. Al llegar al río, se toma el camino paralelo al río, en dirección aguas abajo. Se avanzan unos 500-600 m. El piezómetro se sitúa en la zona norte de una parcela llena de escombros.

Las coordenadas UTM punto son:

X= 587.123      Y= 4.684.420      Z= 305 m.s.n.m.

El piezómetro 09.405.01 bis está emplazado a 4 metros del anterior.



Figura 1. Ubicación del piezómetro de Calahorra sobre la GIS – OLEÍCOLA.



### 3. SITUACIÓN GEOLÓGICA

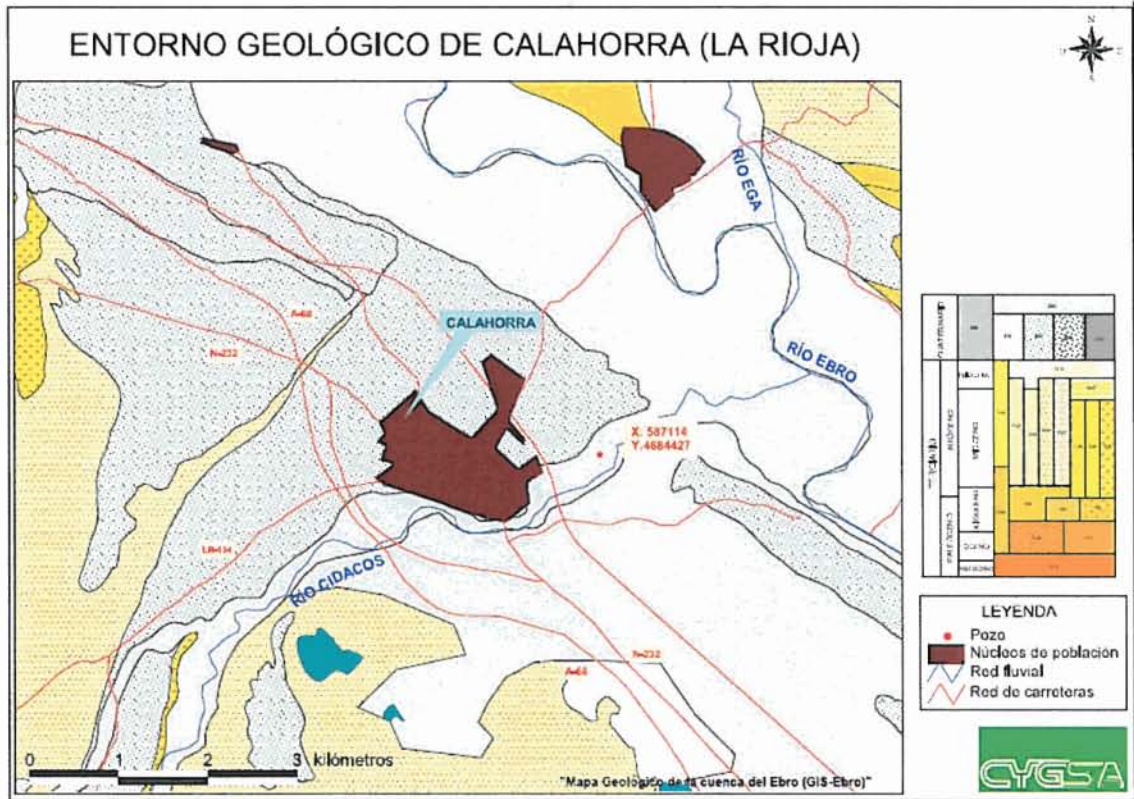


Figura 2. Entorno geológico del piezómetro de Calahorra.

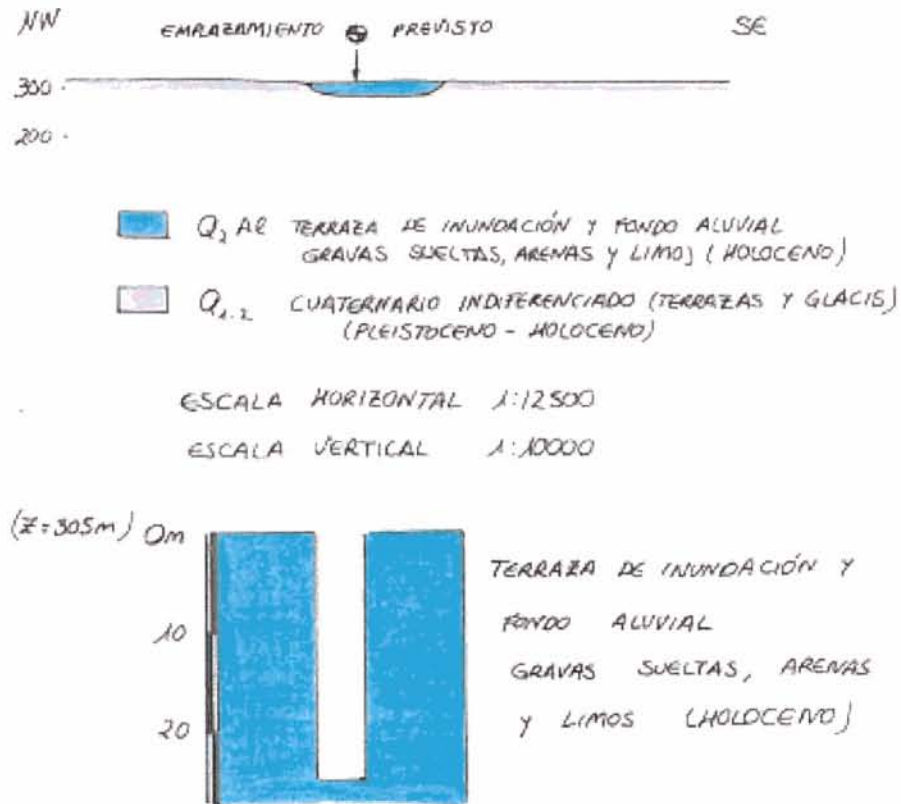


Figura 3. Corte geológico y columna prevista para el piezómetro de Calahorra.

## **4. MARCO HIDROGEOLÓGICO**

El sondeo se localiza en el dominio hidrogeológico 4 "Depresión del Ebro". Este dominio queda claramente inscrito entre las dos grandes estructuras que limitan las cadenas, se extiende la depresión del Ebro. Aquí los principales acuíferos son de naturaleza detrítica con porosidad intergranular, en general se trata de formaciones aluviales o de glaciares. También aparecen algunos acuíferos en rocas carbonatadas recientes (Calizas de Tárrega). Para el ITGE se trataba del Sistema Acuífero 62 (Terrazas aluviales del Ebro y afluentes).

A su vez, se sitúa dentro de la unidad hidrogeológica 405 "Aluvial del Ebro: Lodosa - Tudela", correspondiente a la masa de agua subterránea con Código 090.049 denominada "Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa - Tudela", y el acuífero a controlar es el aluvial del Ebro, del Cuaternario.

El acuífero de la masa de agua 090.049 es un acuífero libre que comprende. Está formado por los depósitos aluviales del Ebro y Aragón, y otros afluentes, entre las localidades de Lodosa y Tudela. El acuífero está constituido por el cuaternario aluvial, formado por las terrazas conectadas con el río y los aluviales actuales de los ríos Ebro, Cidacos, Alhama, Arga, Ega y Aragón, y por depósitos terciarios continentales, arenas, areniscas y limos. La terraza baja conectada con el río se encuentra a una altura máxima de 10 m sobre el cauce. Los espesores medios aproximados son de unos 10 m en los afluentes y hasta 35 m en el sector central. La recarga se produce principalmente por infiltración del agua de lluvia y por retornos de riego. Mientras que las salidas principales se verifican hacia los ríos.

El piezómetro está emboquillado sobre la terraza de inundación y fondo aluvial, de edad Holoceno.

(Entorno geológico y corte geológico y columna prevista pueden consultarse en figuras 2 y 3 respectivamente.)

## **5. EQUIPO DE PERFORACIÓN**

La construcción del pozo la ha realizado la empresa adjudicataria SACYR – MICROTEC. Se ha contado con un equipo de perforación a percusión.

## **6. DATOS DE LA PERFORACIÓN**

La perforación del 09.405.01 se realizó por el método de percusión. Se inició el 30 de abril de 2006 a las 10:30 horas y se terminó el 4 de mayo de 2006 a las 13:00 horas. Se alcanzaron 22 metros de profundidad.

Antes de comenzar a perforar se construyó una balsa, donde poder echar el material extraído con la cuchara.

Se perforaron los 22 metros con el trépano de 600 mm de diámetro. A la vez que se avanzaba en la perforación se iba colocando tubería auxiliar, de revestimiento, para evitar desprendimientos de las paredes. El piezómetro se entubó con tubería metálica ciega y tubería metálica con filtro de tipo puentecillo de 300 mm de diámetro, 5 mm de espesor y paso de puente de 0,2 mm. El anular se rellenó con gravilla silícea seleccionada. La velocidad de avance de la perforación fue muy lenta, sobre 2-3 m/h.

La perforación del piezómetro 09.405.01 bis se realizó a percusión. Se inició el 26 de abril de 2006 a las 11:00 horas y se terminó el 28 de abril de 2006 a las 20:00 horas. Se alcanzaron 20 metros de profundidad.

Antes de comenzar a perforar se construyó una balsa, donde poder echar el material extraído con la cuchara.

Se perforaron los 20 metros con el trépano de 400 mm de diámetro. A la vez que se avanzaba en la perforación se iba colocando tubería auxiliar, de revestimiento, para evitar desprendimientos de las paredes. El piezómetro se entubó con tubería metálica ciega y tubería metálica con filtro de tipo puentecillo de 180 mm de diámetro, 4 mm de espesor y paso de puente de 0,2 mm. El anular se rellenó con gravilla silíceo seleccionada. La velocidad de avance de la perforación fue muy lenta, de unos 2 m/h.

(Ver Anejo 1, Informes diarios de perforación.)

## 7. COLUMNA LITOLÓGICA

Durante la realización de la perforación, se efectuó una descripción de las litologías extraídas observando las muestras del ripio de perforación cada metro; de todas ellas, se eligieron las más representativas cada 5 metros, guardándolas en sus correspondientes botes.

Tabla 1.a. Descripción de campo de la columna litológica atravesada en el 09.405.01:

0-16 m	Gravas con matriz limo-arcillosa marrón.
16-19 m	Arcillas anaranjadas con gravas dispersas.
19-22 m	Margas grises.

Tabla 1.b. Descripción de campo de la columna litológica atravesada en el 09.405.01:

0-16 m	Gravas con matriz limo-arcillosa de tonos marrones.
16-19 m	Arcillas anaranjadas.
19-20 m	Margas o arcillas grises.

El Instituto Geológico Minero, mediante convenio de colaboración con la Confederación Hidrográfica del Ebro, efectúa una detallada descripción litoestratigráfica de las muestras extraídas, revisando las muestras de ripio mediante lupa. El informe correspondiente se recoge en el Anejo 2.

(Columna litológica y descripción ampliada en Anejo 2, Informe geológico.)

## 8. ENTUBACIÓN REALIZADA

Para la entubación de este piezómetro se han utilizado tramos de 6 y de 3 metros de longitud de tubería de acero al carbono de 300 mm de diámetro con espesores de la pared de 5 mm. Para la entubación del piezómetro imagen se han utilizado tramos de 6 metros de longitud de tubería de acero al carbono de 180 mm de diámetro de 4 mm de espesor de la pared.

Para la captación de los niveles aportantes se ha colocado tubería filtrante "tipo puentecillo", con una luz de malla de 0,2 mm. La situación de los tramos filtrantes viene dada por los aportes detectados durante la perforación.

Tabla 2.a. Entubación realizada en 09.406.A:

REVESTIMIENTO				
Tramo (m)	Diámetro tubería (mm)	Espesor pared (mm)	Tipo	Filtro
0-4	300	5	Acero al carbono	Ciega
4-16	300	5	Acero al carbono	Puente
16-22	300	5	Acero al carbono	Ciega

Tabla 2.b. Entubación realizada en 09.406.A bis:

REVESTIMIENTO				
Tramo (m)	Diámetro tubería (mm)	Espesor pared (mm)	Tipo	Filtro
0-5	180	4	Acero al carbono	Ciega
5-17	180	4	Acero al carbono	Puente
17-20	180	4	Acero al carbono	Ciega

Cada uno de los tramos de tubería ha sido soldado a medida que se introducían en el piezómetro construido.

Una vez finalizado todo el proceso se evita que la columna de entubación se apoye en el fondo del sondeo mediante el "colgado" y sujeción de las

tuberías de 300 mm y de 180 mm por 4 "asas" soldadas a la misma y apoyadas sobre la gravilla silíceas.

Para terminar la adecuación del piezómetro, en la cabeza del sondeo se coloca una arqueta antivandálica. La arqueta, a su vez, queda protegida por un dado de hormigón de 1X1X0.7m, que se construye a su alrededor.

En el piezómetro imagen se construye un dado más pequeño. En la boca del sondeo se coloca una tapa con un tapón roscado de galvanizado.



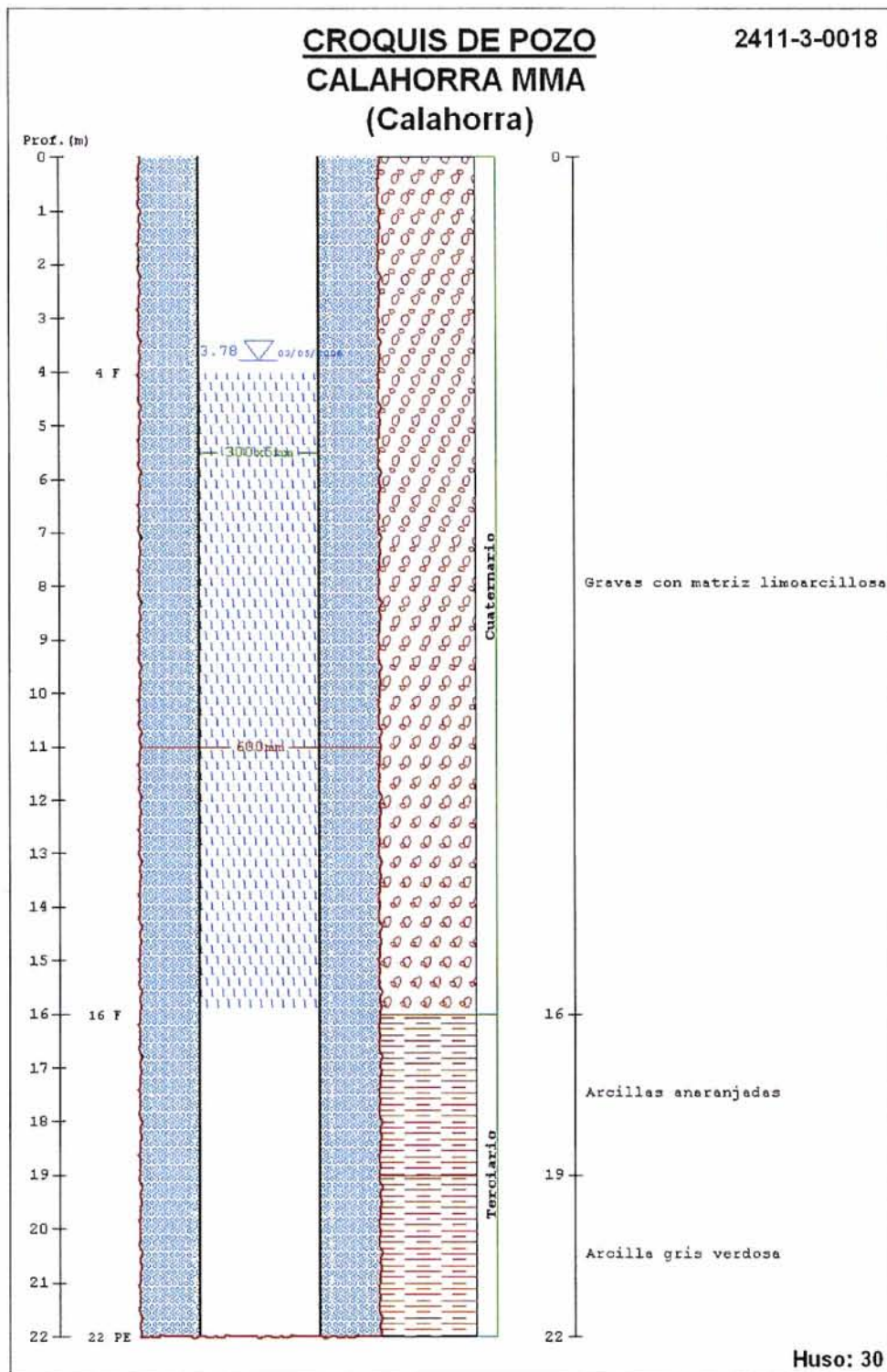


Figura 4. Esquema constructivo con las características litológicas y la entubación realizada en el sondeo 09.405.01.

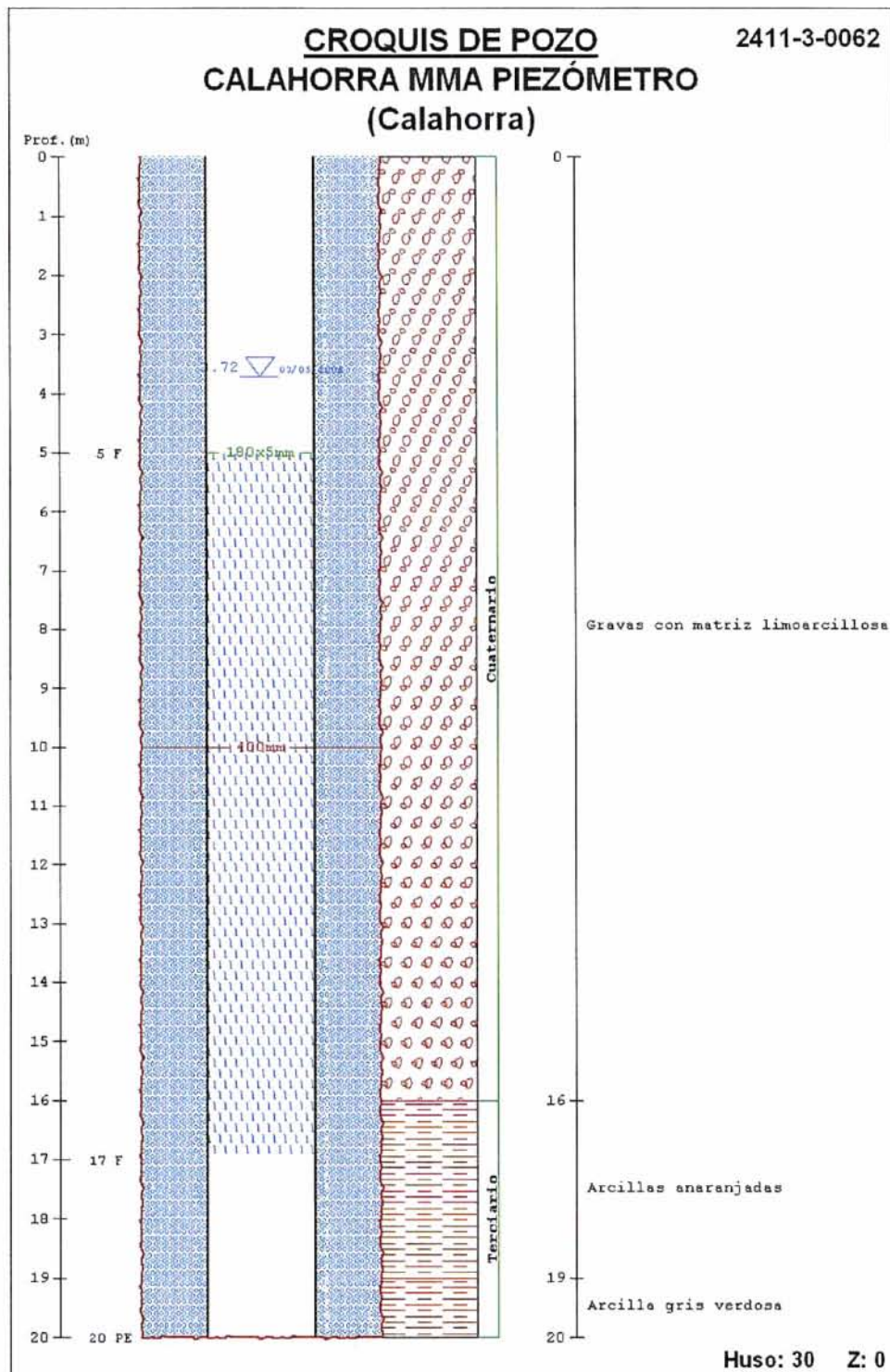


Figura 5. Esquema constructivo con las características litológicas y la entubación realizada en el sondeo 09.405.01 bis.

## **9. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS**

### CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DEL SONDEO 09.405.01

El acuífero atravesado está constituido por los materiales detríticos de la terraza de inundación y fondo aluvial.

Se observó un aporte de agua entre los 15-16 metros de profundidad, superior al de piezómetro imagen, estimado en unos 2 l/s.

Se tomó una muestra de agua del piezómetro. La conductividad del agua era superior a 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (límite superior del conductímetro) y el pH de 8.

Con los datos obtenidos durante la perforación, se diseñó la columna de entubación y la profundidad a la que colocar los tramos de tubería filtrante (tipo puentecillo).

El 3 de mayo de 2006, a las 11:40 horas el nivel estático estaba situado en 3,78 m.

### CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DEL SONDEO 09.405.01 bis

El acuífero atravesado está constituido por los materiales detríticos de la terraza de inundación y fondo aluvial.

A los 15 metros de profundidad el aporte de agua al piezómetro era muy escaso, de unos 0,25 l/s.

Con los datos obtenidos durante la perforación, se diseñó la columna de entubación y la profundidad a la que colocar los tramos de tubería filtrante (tipo puentecillo).

El 3 de mayo de 2006, a las 11:40 horas, el nivel del agua se situó en 3,72 metros.

## ENSAYO DE BOMBEO Y PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS DEL ACUÍFERO

Durante los días 4 y 5 de junio de 2007 se realizó un ensayo de bombeo escalonado de 24 horas con su correspondiente recuperación. El primer escalón duró 7 minutos. El caudal extraído fue de 5 l/s y el descenso del nivel fue de 5,25 m. El segundo escalón duró 113 minutos. El caudal extraído fue de 4,5 l/s. Al final de este tiempo el nivel sufrió una recuperación, respecto al escalón anterior, de 3,16 metros. El tercer escalón duró 7 minutos. El caudal extraído fue de 5,5 l/s. El descenso del nivel en este escalón fue de 0,57 m. El caudal se autorreguló a 5,3 l/s, caudal que se mantuvo durante 17 minutos. Al final de este tiempo el descenso del nivel respecto al escalón anterior era de, tan solo, 0,11 m. Se decidió aumentar el nivel a 5,5 l/s de nuevo. Este caudal se mantuvo durante 31 minutos y el nivel recuperó 0,11 cm. Al final de estos 31 minutos el caudal se autorreguló a 5,4 l/s. con este último caudal se llegó al final del ensayo. En este último escalón el nivel descendió 0,59 m.

El descenso total del nivel fue de 3,25 m.

El agua no salió clara hasta los 280 minutos de bombeo. La conductividad del agua, medida in situ, durante el ensayo fue de 1775  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , el pH de 8 y la temperatura media entre 16-17 $^{\circ}$  C. Se tomaron tres muestras de agua para analizar, una a las 6 horas de bombeo, otra a las 12 horas y una última a las 24 horas (ver resultados análisis de muestras de agua en anejo 5, Análisis químicos realizados).

Tras el bombeo se midió una recuperación de 60 minutos. El nivel se recuperó en 10 minutos. Al final de la hora el descenso residual del nivel fue de 18 cm.

Durante las 24 horas que duró el ensayo de bombeo se controló el nivel del piezómetro imagen.

Tabla 3, Resumen de la tabla de datos del ensayo de bombeo:

Tiempo de bombeo (minutos)	Pozo bombeo		Caudal (l/s)	Piezómetro	
	Profundidad (metros)	Descenso (metros)		Profundidad (metros)	Descenso (metros)
0	2,35	0,00	0,00	2,34	0,00
1	4,74	2,39	5,00	2,47	0,13
7	7,60	5,25	5,00	3,38	1,04
8	7,45	5,10	4,50	3,58	1,24
24	6,06	3,71	4,50	4,78	2,44
60	4,59	2,24	4,50	3,89	1,55
120	4,44	2,09	4,50	3,71	1,37
121	4,68	2,33	5,50	3,74	1,40
127	5,01	2,66	5,50	3,79	1,45
128	5,05	2,70	5,30	3,83	1,49
144	5,12	2,77	5,30	4,05	1,71
147	5,31	2,96	5,50	4,07	1,73
175	6,55	4,20	5,50	4,72	2,38
180	6,59	4,24	5,40	4,80	2,46
300	6,21	3,86	5,40	4,68	2,34
460	6,53	4,18	5,40	4,67	2,33
620	6,28	3,93	5,40	4,25	1,91
900	6,28	3,93	5,40	4,12	1,78
1260	6,28	3,93	5,40	4,05	1,71
1440	5,60	3,25	5,40	3,87	1,53
1441	2,62	0,27	0,00	3,76	1,42
1445	2,65	0,30	0,00	3,20	0,86
1450	2,61	0,26	0,00	2,83	0,49
1500	2,53	0,18	0,00	2,58	0,24

El Instituto Geológico Minero, mediante convenio de colaboración con la Confederación Hidrográfica del Ebro, realiza la correspondiente interpretación del ensayo de bombeo.

La interpretación del ensayo de bombeo se ha realizado tanto para el pozo bombeado como para el piezómetro, mediante el Método de Recuperación de Theis, el Método directo (Solución de Theis) y el Método directo (Solución de Hantush).

Tabla 4. Parámetros hidrogeológicos del acuífero obtenidos a partir de la interpretación del ensayo de bombeo:

Punto de control	Método	Transmisividad m <sup>2</sup> /día	S	r/B	r <sup>2</sup> .S m <sup>2</sup>
Pozo bombeo	Aprox. Log (Recuperación Theis)	653	---	---	---
Piezómetro	Aprox. Log (Recuperación Theis)	502	4,4E-2	---	---
Pozo bombeo	Simulación bombeo y recuperación (Solución Theis)	700	---	---	8,21E-4
Piezómetro	Simulación bombeo y recuperación (Solución Theis)	302	1,51E-5	---	2,71E-04
Pozo bombeo	Simulación bombeo 1 <sup>er</sup> escalón (Solución Theis)	17,4	---	---	2,25E-04
Piezómetro	Simulación recuperación 1 <sup>er</sup> escalón (Solución Theis)	18,1	8,51E-3	---	7,66E-04
Pozo bombeo	Simulación bombeo (Solución de Hantush)	20,4	---	1,38	7,52E-04
Pozo bombeo	Simulación recuperación (Solución de Hantush)	20,4	---	1,38	7,52E-04
Piezómetro	Simulación bombeo (Solución de Hantush)	16,5	8,36E-3	1,17	1,50E-01
Piezómetro	Simulación recuperación (Solución de Hantush)	20,4	8,36E-3	1,17	1,50E-01

Cabe destacar la imposibilidad de interpretar el ensayo en su fase de bombeo y la buena calibración de las recuperaciones obtenidas por el método de Hantush. Los partes, gráficos e interpretación ampliada del ensayo de bombeo se encuentran en el anejo A-4.)

## **10. HIDROQUÍMICA**

Tanto durante la perforación como en el ensayo de bombeo se tomaron datos in situ de conductividad eléctrica, pH y temperatura; también se tomaron 4 muestras de agua, para su posterior análisis, procedente de las siguientes fases de la obra:

- Final de la limpieza, con aire comprimido, de la perforación. (Conductividad: 2.030  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , pH: 7,17.)
- Muestra tomada a las 6 horas del inicio de ensayo de bombeo. (Conductividad: 1.704  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , pH: 7,41.)
- Muestra tomada a las 12 horas del inicio de ensayo de bombeo. (Conductividad: 1710  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , pH: 7,61.)
- Muestra tomada al final del ensayo de bombeo (a las 24 horas). (Conductividad: 1716  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , pH: 7,47.)

De todas las muestras, se ha efectuado un ensayo físico – químico para su caracterización.

Los valores obtenidos se han comparado con los recogidos en la Directiva 98/83/CE y el R. D. 140/2003 para aguas dulces de consumo humano.

Según los valores de conductividad eléctrica se considera un agua DULCE de MINERALIZACIÓN ALTA, por su dureza (cantidad de iones  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$  en solución) se considera un agua MUY DURA, y por su composición se clasifica como AGUA SULFATADA - CLORURADA – CÁLCICA (según clasificación de Pípper, en función de iones dominantes).

Los indicadores de contaminación en ese punto no superan los límites establecidos por la Directiva 98/83/CE y el R. D. 140/2003 para aguas dulces de

consumo humano, excepto los nitratos, cuya concentración sobrepasa los 50 mg/l establecidos por dicha legislación.

En general, las concentraciones de los iones mayoritarios no sobrepasan los valores marcados por la Directiva 98/83/CE y R.D. 140/2003, excepto para los sulfatos cuya concentración supera los 250 mg/l establecido en la legislación vigente.

Tabla 5. Resultados de los análisis de agua:

<b>Determinación</b>	<b>Agua de limpieza</b>	<b>Muestra 1 Ensayo de bombeo</b>	<b>Muestra 2 Ensayo de bombeo</b>	<b>Muestra 3 Ensayo de bombeo</b>
Cloruros	253,00 mg/l	241,20 mg/l	246,30 mg/l	241,20 mg/l
Sulfatos	593,30 mg/l	349,6 mg/l	311,6 mg/l	332,1 mg/l
Bicarbonatos	271,19 mg/l	317,11 mg/l	323,23 mg/l	341,60 mg/l
Carbonatos	0,00 mg/l	< 5 mg/l	< 5 mg/l	< 5 mg/l
Nitratos	68,25 mg/l	65,73 mg/l	69,30 mg/l	56,74 mg/l
Sodio	195,03 mg/l	164,91 mg/l	153,75 mg/l	157,36 mg/l
Magnesio	40,59 mg/l	35,58 mg/l	31,97 mg/l	35,34 mg/l
Calcio	219,95 mg/l	178,37 mg/l	180,35 mg/l	177,57 mg/l
Potasio	15,21 mg/l	16,94 mg/l	16,27 mg/l	16,61 mg/l
Nitritos	2,03 mg/l	< 0,04 mg/l	< 0,04 mg/l	< 0,04 mg/l
Amonio	< 0,04 mg/l	< 0,04 mg/l	< 0,04 mg/l	< 0,04 mg/l
Boro	0,00 mg/l	0,18 mg/l	0,03 mg/l	0,05 mg/l
Fosfato	0,48 mg/l	0,00 mg/l	0,40 mg/l	0,17 mg/l
Anhídrido Silícico	10,09 mg/l	13,73 mg/l	13,41 mg/l	13,53 mg/l
Hierro	0,02 mg/l	< 0,05 mg/l	< 0,05 mg/l	< 0,05 mg/l
Manganeso	0,00 mg/l	< 0,02 mg/l	< 0,02 mg/l	< 0,02 mg/l



## **12. CONCLUSIONES**

Se ha construido un piezómetro en el término municipal de Calahorra con el objeto de valorar las características del acuífero, determinar la calidad química del recurso y, adicionalmente, medir mensualmente la profundidad a la que se encuentra el nivel del agua dentro del mismo.

El sondeo se ha realizado por el método de percusión. El diámetro de la perforación es de 600 mm y la profundidad alcanzada ha sido de 22 m. el acuífero atravesado es el aluvial del Ebro, del Holoceno. Actualmente el nivel está a unos 2 metros de profundidad.

El caudal medio, valorado mediante el correspondiente ensayo de bombeo, está en 5,4 l/s. Tras realizar la interpretación del ensayo de bombeo, se considera que los parámetros hidrogeológicos son:  $T = 20,4 \text{ m}^2/\text{día}$ ,  $S = 0,84\%$  y  $r/B = 1,17$ .

El agua extraída durante la perforación y el bombeo, tras los análisis químicos, se considera agua dulce de mineralización alta, muy dura, y se clasifica como sulfatada - clorurada – cálcica (según clasificación de Piper).

## **ANEJO 0**

### **REPLANTEO Y PERMISOS DE OCUPACIÓN**

PIEZÓMETRO: P- 09. 405.01  
PROVINCIA: LA RIOJA  
MUNICIPIO: CALAHORRA

Se realiza la visita al campo el 17 de febrero de 2005. Se habla con Marian, la Périto, y se le entrega la solicitud de disponibilidad de terrenos. Ella misma nos acompaña al campo a ver las parcelas de titularidad municipal que hay.

El primer posible emplazamiento es en el polígono 8 parcela 373, exactamente donde se colocó en proyecto 1, pero lo más alejado posible del cauce del Cidacos (a unos 200 m).

A él se accede desde la LR-134. Al llegar al polígono industrial se entra en él y se continúa recto hasta llegar a una calle principal transversal. En ella se gira a la derecha hasta llegar a las vías del tren. Se toma el camino que va paralelo a éstas hacia el SE hasta llegar al cauce del Cidacos. Se gira a la izquierda y se continúa unos 200 m aguas abajo (se pasa por debajo del canal de Lodosa). Después se coge un camino a la izquierda, se pasa por delante de una casa abandonada. La parcela es una llena de escombros que queda a mano derecha.

Las coordenadas son:

X: 587114

Y: 4684427

Z: 305 m



Marian comenta que esta zona podría ser PEPMAN, se le llamará para confirmar.

El emplazamiento se ubica sobre lutitas del aluvial del Ebro, que es a su vez el acuífero a controlar. La profundidad prevista es de unos 25 m.

Otro posible emplazamiento está en el polígono 10 parcela 19. Esta parcela está situada junto al cementerio municipal y junto a la ganadería. Ésta es una parcela urbana, no rústica, por lo que posiblemente sea más difícil que nos den el permiso.

## PERMISOS

Alcalde: D. Francisco Javier Pagola Saenz

Ayuntamiento de Calahorra  
Glorieta Quintiliano s/n  
26500 – Calahorra (La Rioja)  
Teléfono: 941 13 07 71

El ayuntamiento está abierto de lunes a viernes por la mañana.

Périto: Marian. Teléfono: 941 13 07 71 (ext. 137) / 600 59 08 53

Marian está muy interesada en la obra. Quiere que le avisemos cuando se instalen las máquinas así como cuando se haga el ensayo de bombeo.



DESTINATARIO

FECHA: 21 de febrero de 2005

SU/REF.:

N/REF.: VAE

Sr. Alcalde Calahorra (La Rioja)  
D. Francisco Javier Pagola Saenz  
Ayto. de Calahorra  
Glorieta Quintiliano s/n  
26500 – CALAHORRA (LA RIOJA)

## ASUNTO

---

### **SOLICITUD DE DISPONIBILIDAD DE TERRENOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OBSERVACIÓN DE UN PIEZÓMETRO**

---

La Confederación Hidrográfica del Ebro con el apoyo técnico de la Comunidad Autónoma, siguiendo las directrices marcadas por el Ministerio de Medio Ambiente a través de la Dirección General del Agua, ha programado la construcción de una red oficial para la valoración del estado cuantitativo de las aguas subterráneas en la cuenca del Ebro.

La red proyectada consta de 100 nuevos puntos, uno de los cuales está previsto que se construya en ese municipio, concretamente en el polígono 8, parcela 373, de acuerdo con el proyecto que se plasma en la ficha adjunta a esta carta, con el objeto de: 1) valorar las características del acuífero, 2) determinar la calidad química del recurso y 3) medir mensualmente la profundidad a la que se encuentra el nivel del agua dentro del sondeo. Toda la información que resulte de esta investigación hidrogeológica realizada será comunicada a ese Ayuntamiento y el registro de medidas se encontrará disponible en la página web de la Red de Información de Agua, en [www.oph.chebro.es](http://www.oph.chebro.es) junto a los datos de otros piezómetros actualmente operativos.

Las redes de control de aguas subterráneas se implantan con voluntad de utilización indefinida en el tiempo, por lo que la Administración construye estos sondeos en emplazamientos en que está garantizada previamente tanto la ejecución y la permanencia de la obra como el acceso al punto para la observación y muestreo. Por estas razones, técnicos de la Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Ebro han seleccionado el punto antes indicado y, a efectos de disponer de las garantías mencionadas, solicita de ese Ayuntamiento un acuerdo formal del mismo en el que se autorice:



1. La ocupación, de modo transitorio mientras dure la ejecución de la obra, de una extensión aproximada de 100 m<sup>2</sup>; necesarios para construir el sondeo.
2. La ocupación durante un periodo de treinta años, prorrogable al término del mismo, de un espacio de 1 m<sup>2</sup>, en que estará situado el sondeo y la arqueta de protección del mismo.
3. El acceso, por funcionario público o persona delegada, hasta el recinto anterior, con objeto de realizar las medidas o muestreos inherentes a la operación de control, así como a realizar los trabajos de reparación o mantenimiento que sean necesarios.

Así, quedamos a su disposición para cuantas explicaciones adicionales requieran y esperamos su pronta contestación para poder adecuar el plan de trabajo con la empresa contratista..

Atentamente,

La Técnico Facultativo Superior  
de la Oficina de Planificación Hidrológica

Fdo.: M<sup>a</sup> Teresa Carceller Layel

# **ANEJO 1**

## **INFORMES DIARIOS DE PERFORACIÓN**



**CONTROL Y GEOLOGIA, S.A.**  
C/ Baltasar Gracián, 11 - 1º Centro  
50005 – ZARAGOZA  
Tfno.: 976 55 74 98 Fax: 976 55 31 81  
www.cygsa.com cygsazaragoza@telefonica.net



<b>OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO.</b>	
<b>FECHA:</b> 25-4-06	<b>Nº pag.:</b>
<b>Nº SONDEO:</b> P-09.405.01	<b>POBLACIÓN:</b> Calahorra (La Rioja) <b>PROF.:</b> 0 m
<b>PERFORACIÓN</b>	
<b>INICIO:</b> 25/4/06 13:00	<b>SISTEMA:</b> PERCUSIÓN
<b>DIAMETRO:</b> 400 mm	
<b>VELOCIDAD MEDIA DE AVANCE:</b> 10 m/día	

### **OBSERVACIONES DE LA VISITA DE CAMPO**

*(Litologías, entubaciones, tramos filtrantes, niveles de agua, fósil)*

**Características de la máquina de perforación:** SACYR MICROTEC Equipo de Percusión 2 con nuevo equipo de operarios.

**Profundidad alcanzada:**

A las 13:00 del 25-4-06 se comienza la perforación. Se empieza a perforar el pozo imagen con diámetro de 400 mm. El propósito del sondeo es atravesar por completo el nivel cuaternario aluvial y penetrar unos 5 m en el sustrato terciario. Se prevé que el sustrato esté constituido por arcillas rojas.

Fdo. Jesús Serrano Morata.





**CONTROL Y GEOLOGIA, S.A.**  
C/ Baltasar Gracián, 11 - 1º Centro  
50005 - ZARAGOZA  
Tfno.: 976 55 74 98 Fax: 976 55 31 81  
www.cygsa.com cygsazaragoza@telefonica.net



Inicio perforación en Calahorra (25-4-06 13:00)



**CONTROL Y GEOLOGIA, S.A.**  
C/ Baltasar Gracián, 11 - 1º Centro  
50005 – ZARAGOZA  
Tfno.: 976 55 74 98 Fax: 976 55 31 81  
www.cygsa.com cygsazaragoza@telefonica.net



**OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO.**

**FECHA:** 26/04/06

**Nº pag.:**

**Nº SONDEO:** P-09.405.01 BIS

**POBLACIÓN:** Calahorra (La Rioja)

**PROF.:** 5 m

**PERFORACIÓN**

**INICIO:** 25/04/06

**SISTEMA:** PERCUSIÓN

**DIAMETRO:** 400 mm

**VELOCIDAD MEDIA DE AVANCE:**

**OBSERVACIONES DE LA VISITA DE CAMPO**

*(Litologías, entubaciones, tramos filtrantes, niveles de agua, fósil)*

**Características de la máquina de perforación:** SACYR MICROTEC Equipo de Percusión 2 con nuevo equipo de sondistas.

**Actividad realizada:** En el momento del inicio de la visita, el equipo está parado y el personal está efectuando reparaciones en el equipo de soldadura eléctrica, imprescindible para la colocación de la tubería auxiliar. Al mediodía se lleva a un taller próximo por lo que no es previsible el reinicio de la perforación en el día de hoy.

**Perforación:** Hasta el momento de la parada técnica, se habían perforado 5 metros, todos ellos dentro de la terrava fluvial; desde el primer metro, las litologías extraídas han sido gravas heterométricas arenolimosas.

Se está utilizando como balsa de detritus una antigua excavación pegada al emplazamiento de la máquina.

No se ha interceptado ningún nivel aportante hasta el momento.

**Litologías del entorno:** La terraza aflora en superficie en los alrededores de los sondeos. Está formada por gravas subredondeadas gruesas y muy gruesas con algunos bolos, granosostenidas en casi todos los afloramientos observados y con niveles lenticulares arenosos.



**CONTROL Y GEOLOGIA, S.A.**  
C/ Baltasar Gracián, 11 - 1º Centro  
50005 – ZARAGOZA  
Tfno.: 976 55 74 98 Fax: 976 55 31 81  
www.cygsa.com cygsazaragoza@telefonica.net



Fdo: Antonio Sánchez.



**CONTROL Y GEOLOGIA, S.A.**  
C/ Baltasar Gracián, 11 - 1º Centro  
50005 – ZARAGOZA  
Tfno.: 976 55 74 98 Fax: 976 55 31 81  
www.cygsa.com cygsazaragoza@telefonica.net



<b>OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO.</b>		
<b>FECHA:</b> 27/04/06	<b>Nº pag.:</b>	
<b>Nº SONDEO:</b> P-09. 405.011 Bis	<b>POBLACIÓN:</b> Calahorra (La Rioja)	<b>PROF.:</b> 15 m
<b>PERFORACIÓN</b>		
<b>INICIO:</b> 27/04/2006	<b>SISTEMA:</b> PERCUSIÓN	
<b>DIAMETRO:</b> 400 mm		
<b>VELOCIDAD MEDIA DE AVANCE:</b> 2 m/hora		

### **OBSERVACIONES DE LA VISITA DE CAMPO**

*(Litologías, entubaciones, tramos filtrantes, niveles de agua, fósil)*

**Características de la máquina de perforación:** SACYR MICROTEC (Equipo Percusión 2).

**Actividad realizada:** Se repara el equipo de soldadura eléctrica y se vuelve a perforar a partir de las 13:00 horas.

**Profundidad alcanzada:**

A las 17:00 se alcanzan los 15 metros perforados, hasta ese momento el sondeo atraviesa material granular de la terraza.

La velocidad de avance está siendo alta, alrededor de 2 metros por hora.

**Características hidrogeológicas:**

Se ha cortado el nivel a los 15 m de profundidad.

**Reconocimiento de muestras obtenidas:**

Desde el el primer metro la columna atravesada está constituida por gravas con matriz limo-arcillosa marrón.

ELENA GÓMEZ



Detalle de la perforación y la excavación utilizada como balsa para el detritus extraído.



**CONTROL Y GEOLOGIA, S.A.**  
C/ Baltasar Gracián, 11 - 1º Centro  
50005 – ZARAGOZA  
Tfno.: 976 55 74 98 Fax: 976 55 31 81  
www.cygsa.com cygsazaragoza@telefonica.net



**OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO.**

**FECHA:** 28/4/2006

**Nº pag.:**

**Nº SONDEO:** P-09.405.01 **POBLACIÓN:** Calahorra (La Rioja) **PROF.:** 19 m

**PERFORACIÓN**

**INICIO:** 25/4/06

**SISTEMA:** PERCUSIÓN

**DIAMETRO:** 400 mm

**VELOCIDAD MEDIA DE AVANCE:** 2 m/h

**OBSERVACIONES DE LA VISITA DE CAMPO**

*(Litologías, entubaciones, tramos filtrantes, niveles de agua, fósil)*

**Características de la máquina de perforación:** SACYR MICROTEC (Eq. Percusión 2).

**Profundidad alcanzada:**

A las 12:30 del 28-4-06 la profundidad de la perforación es de 18 m.

A las 13:30 se ha alcanzado los 19 m de profundidad.

La velocidad de avance está siendo de aproximadamente 2 m/h.

**Características hidrogeológicas**

El aporte de agua al sondeo se registro en muy poca cantidad (aproximadamente 0,25 l/s) a los 15 m.

**Reconocimiento de las muestras obtenidas**

La columna atravesada es la siguiente:

De 0 m a 16 m: Gravas con matriz limo arcillosa marrón.

De 16 m a 19 m: Arcillas anaranjadas.

De 19 m Margas o arcillas grises.

Se decide llegar a los 20 m de profundidad y dar por finalizado el sondeo.

**Entubación**

La columna de entubación propuesta es la siguiente:

De 0 m a 5 m: Tubería metálica ciega de 180 mm de diámetro y 4 mm de espesor.

De 5 m a 17 m: Tubería de filtro de puentecillo de diámetro de 180 mm.

De 17 m a 20 m: Tubería metálica ciega de 180 mm de diámetro y 4 mm de espesor.

JESÚS SERRANO MORATA



**CONTROL Y GEOLOGIA, S.A.**  
C/ Baltasar Gracián, 11 - 1º Centro  
50005 – ZARAGOZA  
Tfno.: 976 55 74 98 Fax: 976 55 31 81  
www.cygsa.com cygsazaragoza@telefonica.net



Finalizando la perforación del piezómetro de Calahorra (28-7-06 13:00)

<b>OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO.</b>		
<b>FECHA:</b> 29/04/06	<b>Nº pag.:</b>	
<b>Nº SONDEO:</b> P-09.405 01 BIS	<b>POBLACIÓN:</b> Calahorra (La Rioja)	<b>PROF.:</b> 20 m.
<b>PERFORACIÓN</b>		
<b>INICIO:</b> 25/04/06	<b>SISTEMA:</b> PERCUSIÓN	
<b>DIAMETRO:</b> 400 mm		
<b>VELOCIDAD MEDIA DE AVANCE:</b> Perforación terminada		

**OBSERVACIONES DE LA VISITA DE CAMPO**

*(Litologías, entubaciones, tramos filtrantes, niveles de agua, fósil)*

**CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN:** SACYR-MICROTEC (EQUIPO 2 DE PERCUSIÓN).

**ACTIVIDAD REALIZADA:** Se está retirando la tubería auxiliar de perforación después de haber realizado la entubación definitiva prevista y haber vertido el empaque de gravilla silícea. Se efectúa con la ayuda de un vehículo mixto tipo carretilla elevadora que facilita la retirada de cada tramo de tubería una vez extraída del sondeo.

Por la tarde, se ejecutará el remate del piezómetro imagen mediante el corte de la tubería sobrante y la sujeción de la tubería de 180 al emboquille inicial para que quede colgada.



Fdo: Antonio Sánchez Lallana.



**OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO.**

<b>FECHA:</b> 1-5-06	<b>Nº pag.:</b>	
<b>Nº SONDEO:</b> P-09.405.01	<b>POBLACIÓN:</b> Calahorra (La Rioja)	<b>PROF.:</b> 0 m
<b>PERFORACIÓN</b>		
<b>INICIO:</b> 31/4/06	<b>SISTEMA:</b> PERCUSIÓN	
<b>DIAMETRO:</b> 600 mm		
<b>VELOCIDAD MEDIA DE AVANCE:</b> 10 m/día		

**OBSERVACIONES DE LA VISITA DE CAMPO**  
*(Litologías, entubaciones, tramos filtrantes, niveles de agua, fósil)*

**Características de la máquina de perforación:** SACYR MICROTEC Equipo de Percusión 2 con nuevo equipo de operarios.

**Estado de la obra**

El piezómetro está finalizado a falta de cementar 1 m de emboquille.

Se esta perforando el sondeo con diámetro de perforación de 600 mm a 4 m al SW del piezómetro.

**Profundidad alcanzada:**

A las 10:30 del 1-5-06 se llevan perforados 5 m. Desde el principio se registran gravas con matriz arenolimosas.

**Características hidrogeológicas**

El nivel estático en el piezómetro el 1-5-06 a las 10:30 es 3,89 m.

Fdo. Jesús Serrano Morata.



Piezómetro y perforando sondeo en Calahorra (1-5-06 10:30)



Calahorra: golpeo para introducir tubería de avance.



**CONTROL Y GEOLOGIA, S.A.**  
C/ Baltasar Gracián, 11 - 1º Centro  
50005 – ZARAGOZA  
Tfno.: 976 55 74 98 Fax: 976 55 31 81  
www.cygsa.com cygsazaragoza@telefonica.net



<b>OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO.</b>		
<b>FECHA:</b> 2/05/06	<b>Nº pag.:</b>	
<b>Nº SONDEO:</b> P-09.405 01	<b>POBLACIÓN:</b> Calahorra (La Rioja)	<b>PROF.:</b> 17 m.
<b>PERFORACIÓN</b>		
<b>INICIO:</b> 29/04/06	<b>SISTEMA:</b> PERCUSIÓN	
<b>DIAMETRO:</b> 600 mm		
<b>VELOCIDAD MEDIA DE AVANCE:</b> 1 m/hora		

### OBSERVACIONES DE LA VISITA DE CAMPO

*(Litologías, entubaciones, tramos filtrantes, niveles de agua, fósil)*

**CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN:** SACYR-MICROTEC (EQUIPO 2 DE PERCUSIÓN).

**Profundidad alcanzada:** A las 17:00 horas, se han alcanzado los 16 metros de profundidad confirmándose el cambio litológico de gravas con matriz limo arcillosas a arcillas anaranjadas.

**Características hidrogeológicas:** Se detectó el aporte de agua al sondeo a partir de los 15 metros. Según el sondista, se registra un caudal algo mayor al del pozo imagen (1-2 l/sg).

#### **Reconocimiento de las muestras obtenidas:**

La columna atravesada hasta el momento es la siguiente:

De 0 a 16 metros. Gravas con matriz limo arcillosa marrón.

De 16 a 17 metros. Arcillas anaranjadas con gravas dispersas.

Se indica al contratista que, si sigue la misma serie atravesada que en el sondeo imagen, se baje hasta 21-22 metros para confirmar el contacto neto entre la terraza y el terciario.



Proceso de evacuación del detritus extraído con la cuchara.

Fdo: Antonio Sánchez Lallana.



**CONTROL Y GEOLOGIA, S.A.**  
C/ Baltasar Gracián, 11 - 1º Centro  
50005 – ZARAGOZA  
Tfno.: 976 55 74 98 Fax: 976 55 31 81  
www.cygsa.com cygsazaragoza@telefonica.net



**OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO.**

<b>FECHA:</b> 3/05/2006	<b>Nº pag.:</b>	
<b>Nº SONDEO:</b> P-09.405.01	<b>POBLACIÓN:</b> Calahorra (La Rioja)	<b>PROF.:</b> 22 m
<b>PERFORACIÓN</b>		
<b>INICIO:</b> 1/05/2006	<b>SISTEMA:</b> PERCUSIÓN	
<b>DIAMETRO:</b> 600 mm		
<b>VELOCIDAD MEDIA DE AVANCE:</b>		

**OBSERVACIONES DE LA VISITA DE CAMPO**

*(Litologías, entubaciones, tramos filtrantes, niveles de agua, fósil)*

**Características de la máquina de perforación:** SACYR MICROTEC (Equipo Percusión).

**Profundidad alcanzada:**

22 m. Sondeo finalizado. Se ha terminado de perforar a primera hora de la mañana.

**Características hidrogeológicas:**

Se ha cortado el nivel a los 15 m de profundidad. El nivel aportante se sitúa sobre en los metros 15 y 16, con un caudal estimado de unos 2 l/s.

El día 2 de mayo de 2006 se midió en campo la conductividad eléctrica y el pH de una muestra de agua recogida de la cuba y de otra muestra de agua extraída del piezómetro. Los resultados obtenidos fueron: para el agua de la cuba, de 1590  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 8,3, respectivamente, y para el agua extraída del piezómetro, la conductividad era superior al rango de valores del conductímetro, por tanto era superior a los 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y el pH de 8.

El agua extraída llevaba muchos materiales finos en suspensión. Se ha dejado decantar durante un día. Hoy se ha vuelto a medir conductividad y pH. Los valores obtenidos hoy han sido similares a los de ayer.

A las 11:40 horas de esta mañana, una vez ya entubado el sondeo, se ha medido el nivel en ambos piezómetros. El nivel en el piezómetro 09.405.01 estaba situado a 3,78 m de profundidad (tomando como referencia el suelo). El nivel en el piezómetro 09.405.01 bis estaba situado a 3,72 m de profundidad (siendo el suelo la referencia).

**Reconocimiento de muestras obtenidas:**

La columna atravesada es la siguiente:

De 0 m a 16 m: Gravas con matriz limo – arcillosa marrón.  
De 16 m a 19 m: Arcillas anaranjadas con gravas dispersas.  
De 20 m a 22 m: Arcilla gris verdosa.

**Entubación:**

La entubación que se ha colocado es la siguiente:

- De 0 m a 4 m: Tubería ciega de 300 mm y 5 mm de espesor.
- De 4 m a 16 m: Filtro puentecillo de 300 mm y 5 mm de espesor.
- De 16 m a 22 m: Tubería ciega de 300 mm y 5 mm de espesor.

La entubación se realiza el miércoles por la mañana. Por la tarde se va a rellenar el anular con la gravilla. Mañana por la mañana se realizará el dado.

ELENA GÓMEZ



Entubación del piezómetro



**CONTROL Y GEOLOGIA, S.A.**  
C/ Baltasar Gracián, 11 - 1º Centro  
50005 – ZARAGOZA  
Tfno.: 976 55 74 98 Fax: 976 55 31 81  
www.cygsa.com cygsazaragoza@telefonica.net





**CONTROL Y GEOLOGIA, S.A.**  
C/ Baltasar Gracián, 11 - 1º Centro  
50005 – ZARAGOZA  
Tfno.: 976 55 74 98 Fax: 976 55 31 81  
www.cygsa.com cygsazaragoza@telefonica.net



<b>OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO.</b>	
<b>FECHA:</b> 15/5/2006	<b>Nº pag.:</b>
<b>Nº SONDEO:</b> P-09.405.01 <b>POBLACIÓN:</b> Calahorra (La Rioja) <b>PROF.:</b> 22 m	
<b>PERFORACIÓN</b>	
<b>INICIO:</b> 25/4/06	<b>SISTEMA:</b> PERCUSIÓN
<b>DIAMETRO:</b> 600 mm	
<b>VELOCIDAD MEDIA DE AVANCE:</b> 2 m/h	

### **OBSERVACIONES DE LA VISITA DE CAMPO**

*(Litologías, entubaciones, tramos filtrantes, niveles de agua, fósil)*

**Características de la máquina de perforación:** SACYR MICROTEC (Eq. Percusión 2).

**Estado de la perforación:** sondeo y piezómetro finalizados.

**Hidrogeología:** Nivel el 15-05-2006 10:35: 4,48 m

#### **Observaciones**

El brocal de la tubería del sondeo se ha dejado demasiado alto para poder equipar el sondeo con sensores de control continuo al igual que en Rincón de Soto. Se le indica al sondista que la tubería no debe sobrepasar la altura de los apoyos que dispone la arqueta antivandálica en los laterales. En el próximo turno de trabajo se cortarán las tuberías de Rincón de Soto y Calahorra y se deberá medir el tramo de tubería cortado para poder relacionar las medidas ya realizadas con las futuras.

Lo mismo pasa también en Cortes por lo que o se corta la tubería o se levanta la arqueta ya que está pendiente el arreglo del dado.

Se observa que en Calahorra se ha utilizado como árido para el dado del sondeo y del piezómetro la grava seleccionada que se utiliza para el empaque por lo que la cara superior del dado ha quedado rugosa. Aunque me indica el sondista que le han añadido finos para aumentar la resistencia del hormigón les comento que preferimos que para la construcción de los dados se utilice un árido más adecuado tras la experiencia del dado de Cortes.

Jesús Serrano Morata





**CONTROL Y GEOLOGIA, S.A.**  
C/ Baltasar Gracián, 11 - 1º Centro  
50005 – ZARAGOZA  
Tfno.: 976 55 74 98 Fax: 976 55 31 81  
www.cygsa.com cygsazaragoza@telefonica.net



## **ANEJO 2**

# **INFORME GEOLÓGICO**



CÓDIGO IPA: 09 405 02  
CÓDIGO MMA: 2411-3-001B

MUNICIPIO: CALAHORRA  
PROVINCIA: LOGROÑO

HOJA Nº 24.11

FECHA INICIO: 25/04/2006  
FECHA FINAL: 06/05/2006

COORDENADAS UTM  
HUSO 30  
587 123  
4.624.520  
396

PARAJE:  
PRECISIÓN (X,Y):  
PRECISIÓN Z: NICHAC  
GPS

AUTOR FICHA: JAVIER RAMAJO

COTIZACION (m)	ESQUEMA CONSTRUCTIVO	METROS	LITOLOGIA	TEXTURA						POROSIDAD (%)	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	TIPO	LITOTIPO	LIT. GRUPO		
				L&M	L&A	A&F	A&M	A&G	G&B							ESTRUCTURAS	COMPONENTES
2	500 mm	1															
		2															
		3															
		4															
		5															
		6															
		7															
		8															
		9															
10		10															
		11															
		12															
		13															
		14															
		15															
		16															
		17															
10	300 mm	18															
		19															
		20															
		21															
		22															
		23															
		24															
		25															
		26															
		27															
		28															
		29															
		30															
		31															
		32															
		33															
		34															
		35															
		36															
		37															
		38															
		39															
		40															
		41															
		42															
		43															
		44															
		45															
		46															
		47															
		48															
		49															
		50															
		51															
		52															
		53															
		54															
		55															

Depositos Aluviales del Rio Cidacos

1

2

3

Haloceno



MINISTERIO  
DE EDUCACION  
Y CIENCIA



Instituto Geológico  
y Minero de España

## INFORME GEOLÓGICO

**PIEZÓMETROS N° 2411-3-0018  
(09.405.02)**

**Calahorra (La Rioja)**

CORREO

zaragoza@igme.es

Fernando El Católico, 59 – 4º C  
50006-ZARAGOZA  
TEL. : 976 555153 – 976 555282  
FAX : 976 553358



## ANTECEDENTES Y METODOLOGÍA

El presente informe trata de la situación geológica y el levantamiento de la Columna estratigráfica detallada de los sondeos realizados por la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) en las inmediaciones de la localidad de Tudela dentro del marco de la campaña de sondeos realizada por ese organismo para la ampliación de la Red de Control Piezométrico de la Cuenca del Ebro. Este informe se realiza en el marco del Proyecto de “Caracterización Litoestratigráfica de las Columnas Litológicas de los Sondeos de la Futura Red de Control Piezométrico de la Cuenca del Ebro” del IGME.

Los sondeos tiene 22 metros de profundidad perforados a percusión con un diámetro de 600 mm. A una distancia de 4,23 metros se perforó un segundo (09.404.02 bis) de 20 metros de profundidad y 400 mm de diámetro con objeto que sirviera de piezómetro en el ensayo de bombeo del anterior.

La entubación del sondeo principal se ha efectuado, con tubería de 300 mm en toda su longitud y presenta la siguiente disposición:

- 0-4 m: Tubería ciega.
- 4-16 m: Filtro Puente.
- 16-22: Tubería ciega.

La entubación del piezómetro 09.404.02bis se ha efectuado con tubería de 180 mm y presenta la siguiente disposición:

- 0-5 m: Tubería ciega.
- 5-17 m: Filtro Puentecillo.
- 17-20 m: Tubería ciega.

Para el levantamiento de la columna de litoestratigráfica se han estudiado muestras recogidas a intervalos de 5 metros. Estas muestras resultan únicamente significativas a lo hora de identificar las facies y características de las litología más competentes. Su estudio se ha realizado mediante la observación con lupa de mano y binocular, habiéndose sido lavadas previamente las muestras seleccionadas para su observación con el fin de eliminar los restos de los lodos de sondeo. Con estos datos y con los obtenidos del análisis de las diagrfias disponibles del estudio geofísico, fundamentalmente de las de Gamma natural y de las diversas resistividades, se ha realizado una representación gráfica de la posible columna litológica de los materiales cortados en el sondeo. Estos datos se han contrastado con la literatura regional existente y la posición de sondeo dentro del contexto regional para interpretar cuales son los tramos y Unidades Litoestratigráficas atravesadas y realizar una posible atribución de edades de las mismas.

## SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El sondeo cuyos código IPA y MMA son 2411-3-0018 y 09.405.02, respectivamente, está situado en el término municipal de Calahorra, junto al río Cidacos, a 1 km al NE del núcleo urbano. Al emplazamiento se accede desde la carretera que pasa por el polígono industrial, al



norte de Calahorra, y se une con la LR-134. Nada más cruzar las vías del tren se toma el primer camino a la derecha, situado entre dos naves. Se avanza por ese camino, paralelo a la vía. Al llegar al río, se toma el camino paralelo al río, en dirección aguas abajo y se avanzan unos 500-600 m. El piezómetro se sitúa en la zona norte de una parcela llena de escombros. Las coordenadas UTM punto son:

X= 587.123

Y= 4.684.420

Z= 305 m.s.n.m.



Fig. 1. Situación del sondeo en mapa y ortofoto tomadas del SIGPAC.

## SITUACIÓN GEOLÓGICA

### EMPLAZAMIENTO Y ESTRUCTURA GEOLÓGICA

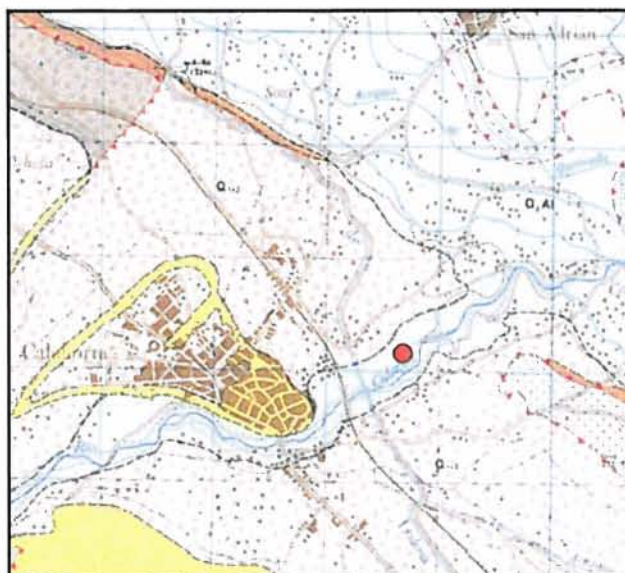


Fig.2. Situación del sondeo en la Cartografía Geológica MAGNA de la Hoja-243 (Calahorra)



El sondeo se encuentra emboquillado en materiales cuaternario correspondientes al aluvial actual del río Cidacos, identificado en la cartografía MAGNA de la Hoja 243 (Calahorra) como unidad Q<sub>2</sub> A1, que se disponen rellenando el cauce del río Cidacos antes de su desembocadura en el Ebro y por debajo de los materiales de la primera terraza, que en las proximidades de Calahorra se sitúa a unos 5-10 metros del cauce actual.

### *FORMACIONES GEOLÓGICAS ATRAVESADAS*

El sondeo se encuentra emboquillado en materiales aluviales del río Cidacos poco antes de su desembocadura en el Ebro, permaneciendo en los mismos en toda su profundidad. Se atraviesa en primer lugar un tramo de gravas de carácter poligénicos atribuibles a depósitos de la terraza inferior o holocena, la más recientes del río Cidacos. Este tramo se corta desde el metro 0 al 16, y en él se localizan los únicos aportes de agua detectados, de escaso caudal. Por debajo se encuentran depósitos de carácter arcilloso o margoso con restos de cantos que se corresponden probablemente a depositos de una llanura de inubndación antigua, erosionados por los depósitos de la terraza actual. De la observación del carácter de estos ripios no parece deducirse el que se halla cortado los materiales del Terciario,.

### *COLUMNA LITOLÓGICA.*

#### **TRAMO 1**

0-16 m. Gravas de tonos pardos con matriz limoso arenosa. Las gravas son heterométricas y de carácter poligénico, observándose cantos de cuarcitas, areniscas y calizas de morfologías redondeadas a subredondeadas. La matriz es limoso arenosa y se encuentra muy lavadas. El aporte de agua al sondeo se registro en muy poca cantidad (aprox.0,25 l/s) a partir del metro 15.

#### **TRAMO 2**

16-19 m. Arcillas marrones a pardas algo plásticas a limosas con restos de cantos sueltos de grava de naturaleza carbonatada.

#### **TRAMO 3**

19-22 m. Margas arcillosas plásticas de tonos grises a marrones con marcas de oxido-reducción.

#### **REFERENCIAS**

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA (MAGNA) Hoja 1:50.000 N° 243-Calahorra



MINISTERIO  
DE EDUCACION  
Y CIENCIA



Instituto Geológico  
y Minero de España

**INFORME GEOLÓGICO**

**PIEZÓMETROS N° 2411-3-0018  
(09.405.02)**

**Calahorra (La Rioja)**

CORREO

zaragoza@igme.es

Fernando El Católico, 59 – 4º C  
50006-ZARAGOZA  
TEL. : 976 555153 – 976 555282  
FAX : 976 553358





## ANTECEDENTES Y METODOLOGÍA

El presente informe trata de la situación geológica y el levantamiento de la Columna estratigráfica detallada de los sondeos realizados por la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) en las inmediaciones de la localidad de Tudela dentro del marco de la campaña de sondeos realizada por ese organismo para la ampliación de la Red de Control Piezométrico de la Cuenca del Ebro. Este informe se realiza en el marco del Proyecto de "Caracterización Litoestratigráfica de las Columnas Litológicas de los Sondeos de la Futura Red de Control Piezométrico de la Cuenca del Ebro" del IGME.

Los sondeos tiene 22 metros de profundidad perforados a percusión con un diámetro de 600 mm. A una distancia de 4,23 metros se perforó un segundo (09.404.02 bis) de 20 metros de profundidad y 400 mm de diámetro con objeto que sirviera de piezómetro en el ensayo de bombeo del anterior.

La entubación del sondeo principal se ha efectuado, con tubería de 300 mm en toda su longitud y presenta la siguiente disposición:

- 0-4 m: Tubería ciega.
- 4-16 m: Filtro Puente.
- 16-22: Tubería ciega.

La entubación del piezómetro 09.404.02bis se ha efectuado con tubería de 180 mm y presenta la siguiente disposición:

- 0-5 m: Tubería ciega.
- 5-17 m: Filtro Puentecillo.
- 17-20 m: Tubería ciega.

Para el levantamiento de la columna de litoestratigráfica se han estudiado muestras recogidas a intervalos de 5 metros. Estas muestras resultan únicamente significativas a lo hora de identificar las facies y características de las litología más competentes. Su estudio se ha realizado mediante la observación con lupa de mano y binocular, habiéndose sido lavadas previamente las muestras seleccionadas para su observación con el fin de eliminar los restos de los lodos de sondeo. Con estos datos y con los obtenidos del análisis de las diagrfías disponibles del estudio geofísico, fundamentalmente de las de Gamma natural y de las diversas resistividades, se ha realizado una representación grafica de la posible columna litológica de los materiales cortados en el sondeo. Estos datos se han contrastado con la literatura regional existente y la posición de sondeo dentro del contexto regional para interpretar cuales son los tramos y Unidades Litoestratigráficas atravesadas y realizar una posible atribución de edades de las mismas.

## SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El sondeo cuyos código IPA y MMA son 2411-3-0018 y 09.405.02, respectivamente, está situado en el término municipal de Calahorra, junto al río Cidacos, a 1 km al NE del núcleo urbano. Al emplazamiento se accede desde la carretera que pasa por el polígono industrial, al



norte de Calahorra, y se une con la LR-134. Nada más cruzar las vías del tren se toma el primer camino a la derecha, situado entre dos naves. Se avanza por ese camino, paralelo a la vía. Al llegar al río, se toma el camino paralelo al río, en dirección aguas abajo y se avanzan unos 500-600 m. El piezómetro se sitúa en la zona norte de una parcela llena de escombros. Las coordenadas UTM punto son:

X= 587.123

Y= 4.684.420

Z= 305 m.s.n.m.



Fig. 1. Situación del sondeo en mapa y ortofoto tomadas del SIGPAC.

## SITUACIÓN GEOLÓGICA

### EMPLAZAMIENTO Y ESTRUCTURA GEOLÓGICA

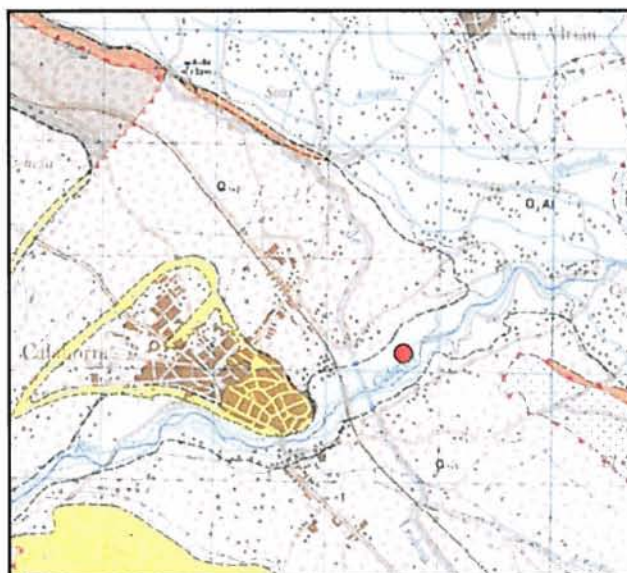


Fig.2. Situación del sondeo en la Cartografía Geológica MAGNA de la Hoja-243 (Calahorra)



El sondeo se encuentra emboquillado en materiales cuaternario correspondientes al aluvial actual del río Cidacos, identificado en la cartografía MAGNA de la Hoja 243 (Calahorra) como unidad Q<sub>2</sub> A1, que se disponen rellenando el cauce del río Cidacos antes de su desembocadura en el Ebro y por debajo de los materiales de la primera terraza, que en las proximidades de Calahorra se sitúa a unos 5-10 metros del cauce actual.

### *FORMACIONES GEOLÓGICAS ATRAVESADAS*

El sondeo se encuentra emboquillado en materiales aluviales del río Cidacos poco antes de su desembocadura en el Ebro, permaneciendo en los mismos en toda su profundidad. Se atraviesa en primer lugar un tramo de gravas de carácter poligénicos atribuibles a depósitos de la terraza inferior o holocena, la más recientes del río Cidacos. Este tramo se corta desde el metro 0 al 16, y en él se localizan los únicos aportes de agua detectados, de escaso caudal. Por debajo se encuentran depósitos de carácter arcilloso o margoso con restos de cantos que se corresponden probablemente a depositos de una llanura de inubndación antigua, erosionados por los depósitos de la terraza actual. De la observación del carácter de estos ripios no parece deducirse el que se halla cortado los materiales del Terciario,.

### *COLUMNA LITOLÓGICA.*

#### **TRAMO 1**

0-16 m. Gravas de tonos pardos con matriz limoso arenosa. Las gravas son heterométricas y de carácter poligénico, observándose cantos de cuarcitas, areniscas y calizas de morfologías redondeadas a subredondeadas. La matriz es limoso arenosa y se encuentra muy lavadas. El aporte de agua al sondeo se registro en muy poca cantidad (aprox.0,25 l/s) a partir del metro 15.

#### **TRAMO 2**

16-19 m. Arcillas marrones a pardas algo plásticas a limosas con restos de cantos sueltos de grava de naturaleza carbonatada.

#### **TRAMO 3**

19-22 m. Margas arcillosas plásticas de tonos grises a marrones con marcas de oxido-reducción.

### **REFERENCIAS**

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA (MAGNA) Hoja 1:50.000 N° 243-Calahorra

## **ANEJO 3**

### **ENSAYO DE BOMBEO**

**ENSAYO DE BOMBEO**

Localidad CALAHORRA  
 N° Registro IPA 241130018  
 Profundidad Sondeo 22 m  
 Coordenadas UTM Pozo Piezómetro  
 X  
 Y  
 Z

Fecha Ensayo 4 y 5 de junio de 2007  
 Nivel estático inicial 2,35  
 Profund. Aspiración 18 m  
 Bomba CAPRARI 6° E6S 54/20 40 C  
 Grupo  
 Alternador  
 Interior tubería impulsión  $\phi$  80 mm

Piezómetro (n° IPA) 241130062  
 Profundidad 20 m  
 Distancia 4 m  
 Dirección (norte) #DIV/0! °E

**Régimen de bombeo**

Escalón	Caudal (l/s)	Duración (min)		Descenso (m)	
		Total	Parcial	Total	Parcial
1	5	7	7	5,25	5,25
2	4,5	120	113	2,09	-3,16
3	5,5	127	7	2,66	0,57
4	5,3	144	17	2,77	0,11
5	5,5	175	31	2,66	-0,11
6	5,4	1440	1265	3,25	0,59

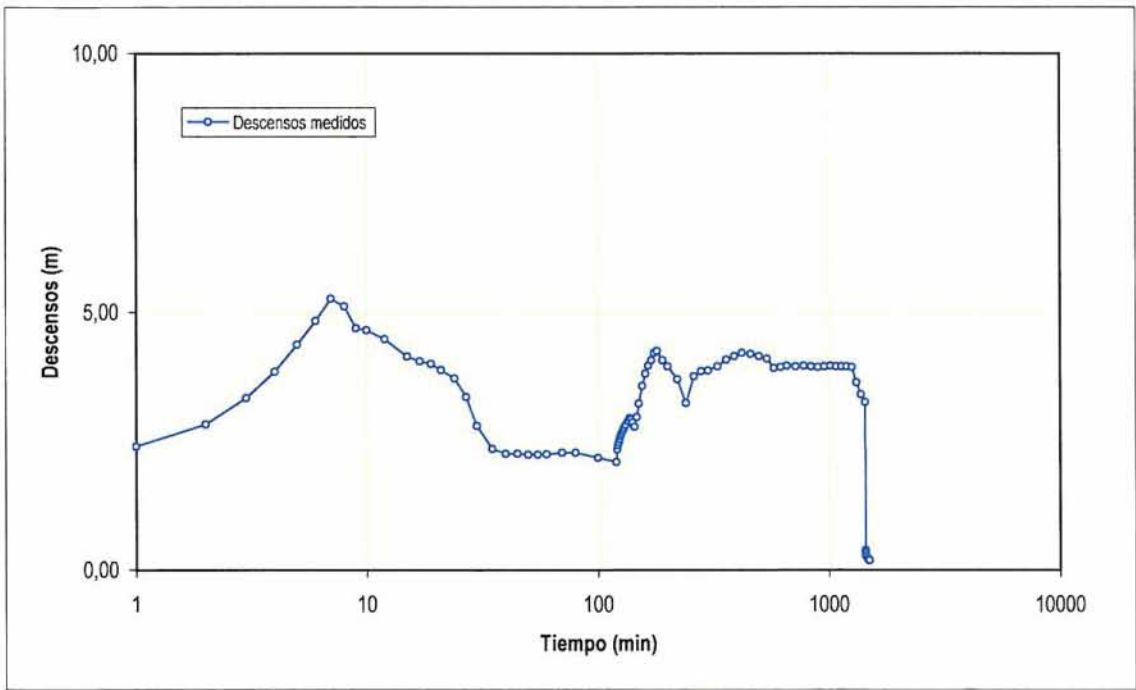
**Síntesis litológica**

0-16 m Gravas con matriz limo-arcillosa marrón.  
 16-20 m Arcillas anaranjadas con gravas dispersas.  
 20-22 m Arcilla gris verdosa.

Perforación	Entubación	Rejilla
0-22 m	$\phi$ 600 mm	0-22 m $\phi$ 300 mm
		4-16 m 5 mm

Hora	Tiempo (min)	Pozo bombeo		Piezómetro		Q (l/s)	Observaciones
		Profund. (m)	Descenso (m)	Profund. (m)	Descenso (m)		
4/6/07 10:00	0	2,35	0,00	2,34	0,00	0,00	
4/6/07 10:01	1	4,74	2,39	2,47	0,13	5,00	Agua muy sucia.
4/6/07 10:02	2	5,17	2,82	2,58	0,24	5,00	
4/6/07 10:03	3	5,68	3,33	2,73	0,39	5,00	
4/6/07 10:04	4	6,19	3,84	2,93	0,59	5,00	
4/6/07 10:05	5	6,71	4,36	3,00	0,66	5,00	
4/6/07 10:06	6	7,17	4,82	3,26	0,92	5,00	
4/6/07 10:07	7	7,60	5,25	3,38	1,04	5,00	
4/6/07 10:08	8	7,45	5,10	3,58	1,24	4,50	
4/6/07 10:09	9	7,03	4,68	3,64	1,30	4,50	Agua muy sucia.
4/6/07 10:10	10	6,99	4,64	3,77	1,43	4,50	
4/6/07 10:12	12	6,82	4,47	4,03	1,69	4,50	
4/6/07 10:15	15	6,48	4,13	4,24	1,90	4,50	
4/6/07 10:17	17	6,39	4,04	4,42	2,08	4,50	
4/6/07 10:19	19	6,34	3,99	4,57	2,23	4,50	
4/6/07 10:21	21	6,22	3,87	4,67	2,33	4,50	Agua turbia, de color naranja.
4/6/07 10:24	24	6,06	3,71	4,78	2,44	4,50	
4/6/07 10:27	27	5,70	3,35	4,84	2,50	4,50	
4/6/07 10:30	30	5,14	2,79	4,81	2,47	4,50	
4/6/07 10:35	35	4,69	2,34	4,56	2,22	4,50	
4/6/07 10:40	40	4,60	2,25	4,32	1,98	4,50	Agua turbia con algo de color.
4/6/07 10:45	45	4,60	2,25	4,18	1,84	4,50	
4/6/07 10:50	50	4,58	2,23	4,05	1,71	4,50	Agua turbia sin color.
4/6/07 10:55	55	4,58	2,23	3,94	1,60	4,50	
4/6/07 11:00	60	4,59	2,24	3,89	1,55	4,50	
4/6/07 11:10	70	4,62	2,27	3,83	1,49	4,50	
4/6/07 11:20	80	4,62	2,27	3,82	1,48	4,50	Agua turbia.
4/6/07 11:40	100	4,52	2,17	3,78	1,44	4,50	
4/6/07 12:00	120	4,44	2,09	3,71	1,37	4,50	
4/6/07 12:01	121	4,68	2,33	3,74	1,40	5,50	
4/6/07 12:02	122	4,76	2,41	3,72	1,38	5,50	
4/6/07 12:03	123	4,82	2,47	3,74	1,40	5,50	Agua turbia (naranja).
4/6/07 12:04	124	4,88	2,53	3,75	1,41	5,50	
4/6/07 12:05	125	4,94	2,59	3,77	1,43	5,50	
4/6/07 12:06	126	4,98	2,63	3,78	1,44	5,50	
4/6/07 12:07	127	5,01	2,66	3,79	1,45	5,50	
4/6/07 12:08	128	5,05	2,70	3,83	1,49	5,30	

4/6/07 12:09	129	5,08	2,73	3,83	1,49	5,30	
4/6/07 12:10	130	5,11	2,76	3,85	1,51	5,30	
4/6/07 12:12	132	5,16	2,81	3,89	1,55	5,30	
4/6/07 12:15	135	5,23	2,88	3,93	1,59	5,30	Agua turbia (ligero tono naranja).
4/6/07 12:17	137	5,29	2,94	3,96	1,62	5,30	
4/6/07 12:19	139	5,26	2,91	4,00	1,66	5,30	
4/6/07 12:21	141	5,20	2,85	4,03	1,69	5,30	
4/6/07 12:24	144	5,12	2,77	4,05	1,71	5,30	
4/6/07 12:27	147	5,31	2,96	4,07	1,73	5,50	
4/6/07 12:30	150	5,57	3,22	4,11	1,77	5,50	
4/6/07 12:35	155	5,91	3,56	4,21	1,87	5,50	
4/6/07 12:40	160	6,15	3,80	4,32	1,98	5,50	
4/6/07 12:45	165	6,30	3,95	4,47	2,13	5,50	
4/6/07 12:50	170	6,41	4,06	4,58	2,24	5,50	
4/6/07 12:55	175	6,55	4,20	4,72	2,38	5,50	
4/6/07 13:00	180	6,59	4,24	4,80	2,46	5,40	Cond: 1800 µS/cm pH: 7.9 Tª 16° C
4/6/07 13:10	190	6,41	4,06	4,89	2,55	5,40	Agua turbia (ligero tono naranja).
4/6/07 13:20	200	6,29	3,94	4,85	2,51	5,40	
4/6/07 13:40	220	6,04	3,69	4,76	2,42	5,40	
4/6/07 14:00	240	5,58	3,23	4,60	2,26	5,40	
4/6/07 14:20	260	6,10	3,75	4,60	2,26	5,40	
4/6/07 14:40	280	6,20	3,85	4,64	2,30	5,40	Agua clara.
4/6/07 15:00	300	6,21	3,86	4,68	2,34	5,40	
4/6/07 15:30	330	6,29	3,94	4,72	2,38	5,40	
4/6/07 16:00	360	6,42	4,07	4,79	2,45	5,40	MUESTRA 1. Cond: 1779 µS/cm pH:8.079 Tª 16° C
4/6/07 16:30	390	6,49	4,14	4,82	2,48	5,40	
4/6/07 17:00	420	6,55	4,20	4,71	2,37	5,40	
4/6/07 17:40	460	6,53	4,18	4,67	2,33	5,40	
4/6/07 18:20	500	6,49	4,14	4,62	2,28	5,40	Cond: 1792 µS/cm pH: 8.0 Tª 17° C
4/6/07 19:00	540	6,44	4,09	4,55	2,21	5,40	
4/6/07 19:40	580	6,26	3,91	4,31	1,97	5,40	
4/6/07 20:20	620	6,28	3,93	4,25	1,91	5,40	
4/6/07 21:00	660	6,30	3,95	4,20	1,86	5,40	
4/6/07 22:00	720	6,29	3,94	4,19	1,85	5,40	MUESTRA 2. Cond: 1750 µS/cm pH: 8.1 Tª 17° C
4/6/07 23:00	780	6,30	3,95	4,17	1,83	5,40	
5/6/07 0:00	840	6,29	3,94	4,15	1,81	5,40	
5/6/07 1:00	900	6,28	3,93	4,12	1,78	5,40	
5/6/07 2:00	960	6,29	3,94	4,10	1,76	5,40	
5/6/07 3:00	1020	6,30	3,95	4,09	1,75	5,40	
5/6/07 4:00	1080	6,29	3,94	4,07	1,73	5,40	
5/6/07 5:00	1140	6,29	3,94	4,06	1,72	5,40	
5/6/07 6:00	1200	6,29	3,94	4,05	1,71	5,40	
5/6/07 7:00	1260	6,28	3,93	4,05	1,71	5,40	
5/6/07 8:00	1320	5,98	3,63	4,12	1,78	5,40	
5/6/07 9:00	1380	5,75	3,40	4,16	1,82	5,40	
5/6/07 10:00	1440	5,60	3,25	3,87	1,53	5,40	MUESTRA 3. Cond: 1774 µS/cm pH: 7.9 Tª 16° C
5/6/07 10:01	1441	2,62	0,27	3,76	1,42	0,00	
5/6/07 10:02	1442	2,71	0,36	3,60	1,26	0,00	
5/6/07 10:03	1443	2,73	0,38	3,43	1,09	0,00	
5/6/07 10:04	1444	2,69	0,34	3,30	0,96	0,00	
5/6/07 10:05	1445	2,65	0,30	3,20	0,86	0,00	
5/6/07 10:06	1446	2,65	0,30	3,10	0,76	0,00	
5/6/07 10:07	1447	2,63	0,28	3,02	0,68	0,00	
5/6/07 10:08	1448	2,65	0,30	2,97	0,63	0,00	
5/6/07 10:09	1449	2,63	0,28	2,88	0,54	0,00	
5/6/07 10:10	1450	2,61	0,26	2,83	0,49	0,00	
5/6/07 10:15	1455	2,61	0,26	2,72	0,38	0,00	
5/6/07 10:20	1460	2,60	0,25	2,68	0,34	0,00	
5/6/07 10:25	1465	2,58	0,23	2,76	0,42	0,00	
5/6/07 10:30	1470	2,57	0,22	2,63	0,29	0,00	
5/6/07 10:35	1475	2,56	0,21	2,62	0,28	0,00	
5/6/07 10:40	1480	2,55	0,20	2,61	0,27	0,00	
5/6/07 10:45	1485	2,55	0,20	2,60	0,26	0,00	
5/6/07 10:50	1490	2,55	0,20	2,60	0,26	0,00	
5/6/07 10:55	1495	2,53	0,18	2,59	0,25	0,00	
5/6/07 11:00	1500	2,53	0,18	2,58	0,24	0,00	





**CONTROL Y GEOLOGIA, S.A.**  
C/ Baltasar Gracián, 11 - 1º Centro  
50005 – ZARAGOZA  
Tfno.: 976 55 74 98 Fax: 976 55 31 81  
www.cygsa.com cygsazaragoza@telefonica.net



**OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO.**

**FECHA:** 5 de junio de 2007

**Nº pag.:**

**Nº SONDEO:** 09.405.01

**POBLACIÓN:** CALAHORRA

**PROF.:** 22 m

**Ensayo de bombeo del sondeo de Calahorra MMA (241130018)**

El ensayo de bombeo del piezómetro de Calahorra comenzó el 4 de junio de 2007 a las 10:00 horas. Se realizó un ensayo escalonado. El equipo utilizado fue la tubería de pvc, al final de la misma se colocó el pitot. El nivel estático inicial estaba a 2,35 m y la aspiración se colocó a 18 m de profundidad.

Se inició el bombeo con un caudal de 5 l/s. A los 7 minutos se redujo el caudal a 4,5 l/s, ya que el nivel bajaba muy rápido. Con este caudal el nivel siguió bajando hasta los 40 minutos de bombeo, momento en que comenzó a recuperar. Este escalón se mantuvo hasta completar las 2 horas de bombeo. Después se subió el caudal a 5,5 l/s. En los 7 minutos que duró este escalón el nivel bajó deprisa. El nivel comenzó a estabilizar pasados esos 7 minutos, y el caudal se quedó en 5,3 l/s. 10 minutos más tarde se volvió a aumentar el caudal a 5,5 l/s, para ver si se podía mantener este caudal, pero el nivel reaccionó igual que en el caso anterior, bajó muy rápido y a los 13 minutos, el caudal había bajado a 5,4 l/s y el nivel había comenzado a recuperar. Este caudal se mantuvo hasta el final del ensayo.

	<b>Duración (minutos)</b>	<b>Caudal (l/s)</b>	<b>Descenso (m)</b>
<b>Escalón 1</b>	7	5	5,25
<b>Escalón 2</b>	113	4,5	-3,16
<b>Escalón 3</b>	7	5,5	0,57
<b>Escalón 4</b>	17	5,3	0,11
<b>Escalón 5</b>	31	5,5	-0,11
<b>Escalón 6</b>	1265	5,4	0,59

El descenso total de nivel fue de 3,25 m.

El agua salió muy sucia al principio. A los 21 minutos ya salía turbia. No salió clara del todo hasta los 280 minutos de bombeo. La conductividad media del agua fue de 1775 µS/cm, el pH de 8 y la temperatura de 16-17º C.

Tras el bombeo se midió una hora de recuperación. En el primer minuto se recuperaron 3 metros. Al final de la hora, el descenso residual fue de 18 cm.



Durante el bombeo y la recuperación se controlaron los niveles del piezómetro imagen.

	<b>Duración (minutos)</b>	<b>Caudal (l/s)</b>	<b>Descenso total (m)</b>
<b>Escalón 1</b>	7	5	1,04
<b>Escalón 2</b>	113	4,5	1,37
<b>Escalón 3</b>	7	5,5	1,45
<b>Escalón 4</b>	17	5,3	1,71
<b>Escalón 5</b>	31	5,5	2,38
<b>Escalón 6</b>	1265	5,4	1,53

El nivel estático inicial estaba en 2,34 m. El nivel dinámico final estaba en 3,87 m. Al final de la recuperación el descenso residual fue de 24 cm, es decir, el nivel se quedó en 2,58 m.





**CONTROL Y GEOLOGIA, S.A.**  
C/ Baltasar Gracián, 11 - 1º Centro  
50005 – ZARAGOZA  
Tfno.: 976 55 74 98 Fax: 976 55 31 81  
www.cygsa.com cygsazaragoza@telefonica.net



Fdo.: Elena Gómez



MINISTERIO  
DE EDUCACION  
Y CIENCIA



Instituto Geológico  
y Minero de España

**INFORME ENSAYO DE BOMBEO**

**PIEZÓMETRO N° 2411-3-0018  
(09.405.002)**

**CALAHORRA (LA RIOJA)**

CORREO

a.azcon@igme.es

Manuel Lasala 44, 9º B  
50006-ZARAGOZA  
TEL. : 976 555153 – 976 555282  
FAX : 976 553358



## OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El objetivo del presente informe es obtener una estimación de los parámetros hidráulicos que rigen la formación acuífera captada por el sondeo de Calahorra (La Rioja), de 22 metros de profundidad, construido en el marco del proyecto de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) “Construcción de Sondeos e Instalación de la Red Oficial de Control de Aguas Subterráneas en la Cuenca del Ebro”, mediante el cual la CHE aborda la construcción de unos cien nuevos sondeos, su testificación y ensayo, para complementar las vigentes redes de observación de las aguas subterráneas.

Esta campaña de prospecciones permitirá la obtención de valiosa información de tipo sedimentológico, estratigráfico e hidrogeológico en zonas deficientemente conocidas, aspectos, todos ellos, de interés para la CHE y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), razón por la que ambos organismos firmaron en diciembre de 2004 un Convenio de Colaboración, en el marco del cual se emite el presente informe, mediante el que se canaliza el asesoramiento del IGME a la CHE con objeto de aprovechar esta oportunidad de acceso al subsuelo para obtener, mejorar y compartir toda la información que brinda este ambicioso proyecto.

El hecho que los sondeos a construir tengan como objetivo principal el control piezométrico, no la captación de aguas, hace que estos hayan sido perforados con pequeño diámetro y acabados menos exigentes que los requeridos para la explotación de las aguas subterráneas. Estas circunstancias impone importantes restricciones al normal desarrollo de los ensayos de bombeo: los sondeos suelen estar afectados por importantes pérdidas de carga, no están completamente desarrollados y el caudal de bombeo está muy limitado por el diámetro disponible y pocas veces es posible lograr la deseada estabilidad del caudal. Todo ello hace que los ensayos se alejen considerablemente de las condiciones ideales postuladas para su interpretación, por lo que la mayoría de ellos son prácticamente ininterpretables con el software tradicional disponible en el mercado, que suelen carecer de la versatilidad necesaria para adaptarse a las condiciones que aquí se dan; en particular en lo que respecta a la variabilidad del caudal de bombeo y los límites del acuífero.

Para soslayar este escollo, se ha procedido a la interpretación de los ensayos de bombeo con el programa MABE (acrónimo de **M**odelo **A**nalítico de **B**ombeos de **E**nsayo), desarrollado por A. Azcón e implementado en una hoja de cálculo Excel. MABE se basa en la Solución de Theis, la Solución de Hantush y en el principio de superposición para poder contemplar ensayos de bombeo a caudal variable y la presencia de barreras hidrogeológicas que hacen que los acuíferos se alejen de la habitual exigencia de “infinito”. MABE está diseñado para analizar Bombeos de Ensayo de hasta ocho escalones y simular hasta cuatro barreras hidrogeológicas, sean positivas o negativas.

La Solución de Theis y de Hantush está complementada por un algoritmo que contempla el almacenamiento en pozo así como en grandes redes cársticas mediante la introducción del concepto de Radio Equivalente. En caso de sondeo escalonado, el programa puede ajustar automáticamente los descensos por pérdida de carga y determinar la ecuación del pozo.

También está implementada la aproximación semilogarítmica de Jacob; el método de Theis para ensayos de recuperación; el método de Lee para ensayos escalonados; el método de Boulton, Prickett y Walton, para acuíferos con drenaje diferido y los métodos semilogarítmicos

de Hantush para acuíferos semiconfinados, tanto para curvas descenso-tiempo que muestran el punto de inflexión, como para las ensayos en la que todos los pares de puntos descensos-tiempo se sitúan en la zona próxima a la estabilización.

El programa permite simular para todos los métodos (excepto el de Boulton, Pricket y Walton) los descensos teóricos y las recuperaciones correspondientes a los parámetros físicos e hidrogeológicos introducidos, lo que permite calibrar la bondad de la interpretación realizada y, si procede, mejorarla mediante tanteos iterativos, así como simular los descensos inducidos por la explotación continuada del sondeo. La representación gráfica de la simulación de la recuperación se efectúa en función del tiempo adimensional,  $(tb+tr)/tr$ , lo cual no implica que se trate del método de Recuperación de Theis.

### LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL SONDEO

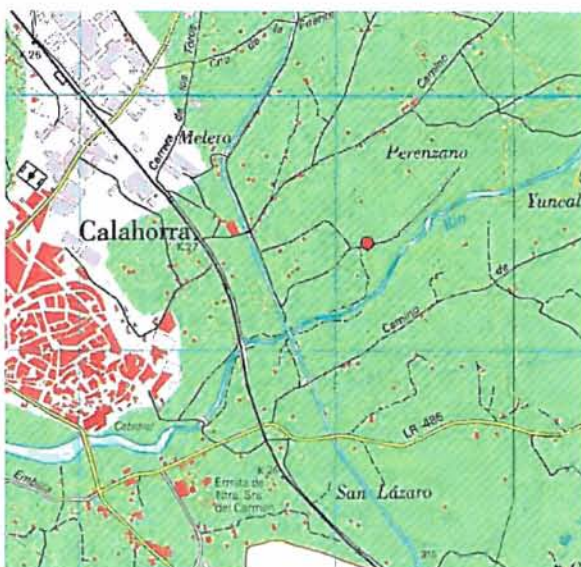
- Hoja del MTN a escala 1: 50.000 nº 24-11 (243). Calahorra.
- Término municipal de Calahorra (La Rioja). El sondeo se ubica 1 km al este de Calahorra y 120 metros al NW del río Cidacos. El sondeo se sitúa en el borde norte de una parcela llena de escombros. (figuras 1, 2 y 3 ).
- Referencia catastral. Polígono 8, Parcela 373.
- Coordenadas UTM:

USO: 30T

X: 587.123

Y: 4.684.420

Z: 305 msnm.



Figuras 1 y 2. Situación en Mapa 1:50.000 y ortofoto (SigPac).

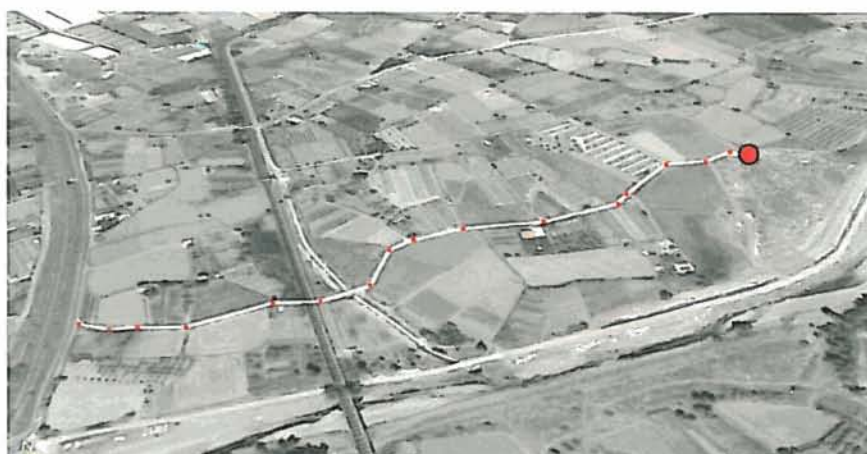


Figura 3. Panorámica dirección norte de sondeo y accesos (Fuente: Google Earth).

### **ENCUADRE HIDROGEOLÓGICO**

El sondeo se ubica en la masa de agua subterránea (m.a.s.) Lodosa-Tudela (09.049) integrado por las formaciones aluviales del río Ebro y sus afluentes entre las poblaciones de Lodosa y Tudela, los ríos el Ega, Arga y Aragón por la margen izquierda, y Cidacos y Alhama por la derecha. Se trata de una serie de acuíferos instalados en los aluviales actuales, así como en un conjunto de terrazas, conectadas o no con los cauces fluviales actuales. También incluye los niveles de glaciares, que pueden albergar acuíferos de menor interés.

El número de terrazas varían según los autores entre seis y ocho. Las alturas de éstas sobre el nivel actual del cauce del Ebro son de 0-5 m (terrazza actual o llanura de inundación), de 5-10 m (terrazza baja) y de 10-20 m (terrazza media), mientras que las más antiguas pueden alcanzar 170-180 m, por lo que se encuentran desconectadas hidráulicamente del río.

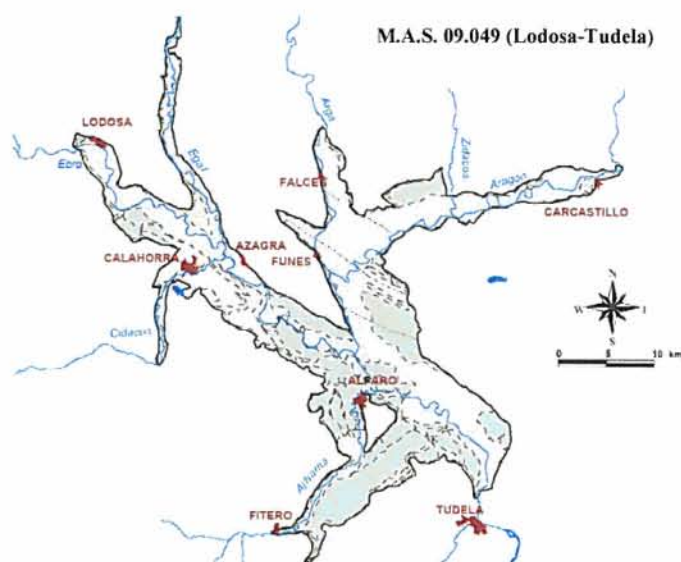


Figura 4. Masa de Agua Subterránea de Lodosa-Tudela



El sustrato impermeable está constituido por sedimentos terciarios continentales del Oligoceno superior y Mioceno de la Cuenca del Ebro, constituido por margas, yesos y arcillas.

### INCIDENCIAS HIDROGEOLÓGICAS DE LA PERFORACIÓN

El sondeo se encuentra emplazado directamente sobre el aluvial actual del río Cidacos, y fue perforado a percusión con un diámetro de 600 mm.

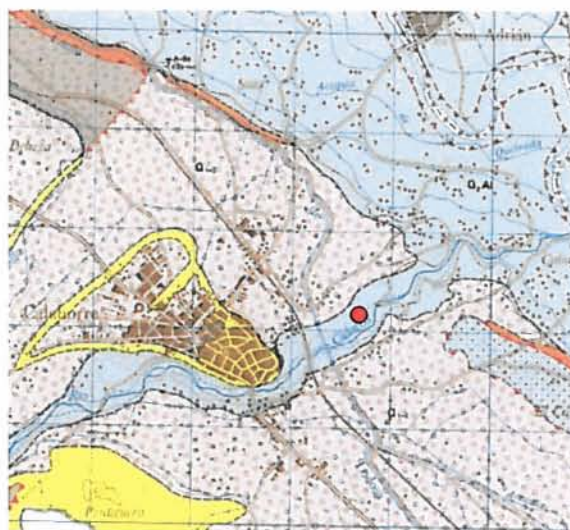


Figura 5. Situación del sondeo en la hoja MAGNA nº 243 (Calahorra)

La columna litológica atravesada ha sido la siguiente:

- 0 -16 m: Gravas con matriz limoarcillosa marrón.
- 16-19 m: Arcillas anaranjadas con gravas dispersas.
- 19-22 m: Margas grises.

A 4,23 metros en dirección NE se perforó un segundo sondeo de 400 mm de diámetro y 20 m de profundidad para que sirviera de piezómetro durante el bombeo del anterior en previsión de que se diera el caso de drenaje diferido. La columna litológica atravesada fue muy similar.

El agua se detectó en ambos sondeo hacia el metro 15, si bien la productividad parecía ser superior en el pozo de bombeo (1-2 L/seg) que en el piezómetro (0,25 L/seg)

El pozo de bombeo quedó entubados como sigue:

ENTUBACIÓN				
TRAMO (m)	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Tipo	Filtro
0-4	300	5	Acero al carbono	Ciega
4-16	300	5	Acero al carbono	Filtro puente
16-22	300	5	Acero al carbono	Ciega



La entubación del sondeo destinado a piezómetro fue la siguiente:

TRAMO (m)	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Tipo	Filtro
0-5	180	4	Acero al carbono	Ciega
5-17	180	4	Acero al carbono	Filtro puente
17-20	180	4	Acero al carbono	Ciega

Tras el acabado del sondeo, el nivel piezométrico se situó a 4,48 metros de profundidad.

### INCIDENCIAS DEL ENSAYO DE BOMBEO

El ensayo comenzó el 4 de junio de 2007, a las 10:00 horas y tuvo una duración de 24 horas. El control de niveles se efectuó en el pozo de bombeo y el piezómetro, el agua se vertió directamente al terreno mediante una prolongación con tubería de PVC de unos 50 m de longitud, y el control del caudal se efectuó mediante tubo Pitot instalado al final de la prolongación.

La aspiración se situó a 18 metros de profundidad. El equipo de bombeo consistió en un grupo DEUSCH 100KVA 150 CV, tubería de impulsión con diámetro interior de 80 mm, bomba de aspiración marca CAPRARI 6" E6S 54/20 de 50 CV de potencia.

El ensayo se planificó como un bombeo continuo con un caudal inicial de 5 L/seg, pero dado que el descenso a los siete minutos era de 5,25 m, lo que se estimó excesivo, se bajó el caudal a 4,5 L/seg y se mantuvo hasta el minuto 120 durante el cual el nivel de agua no cesó de recuperar. Se volvió a incrementar el caudal a 5,5 L/seg, pero a los siete minutos el caudal se autoreguló a 5,3 L/seg, por lo que tras 17 minutos se volvió a incrementar a 5,5 L/seg. Hacia el minuto 175 el caudal se volvió a autorregular a 5,4 l/seg, manteniéndose así hasta el final del bombeo. El régimen de bombeo se sintetiza en el siguiente cuadro:

Tiempo (m)	Caudal (L/seg)	Descenso (m)
0-7	5	5,25
7-120	4,5	2,09
120-127	5,5	2,66
127-144	5,3	2,77
144-175	5,5	4,20
175-1440	5,4	3,87

El agua salió turbia al principio y aclaró hacia el minuto 280.

Durante el ensayo se recogió muestras de agua para su posterior análisis y se midió "in situ" pH, conductividad y temperatura, con los siguientes resultados:



Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ )	pH
180	16,0	1800	7,9
360	16,0	1779	-
500	17,0	1792	8,00
720	17,0	1750	8,10
1440	16,0	1774	7,90

En el anexo nº 1 se recoge la ficha resumen de los datos e incidencias del ensayo de bombeo.

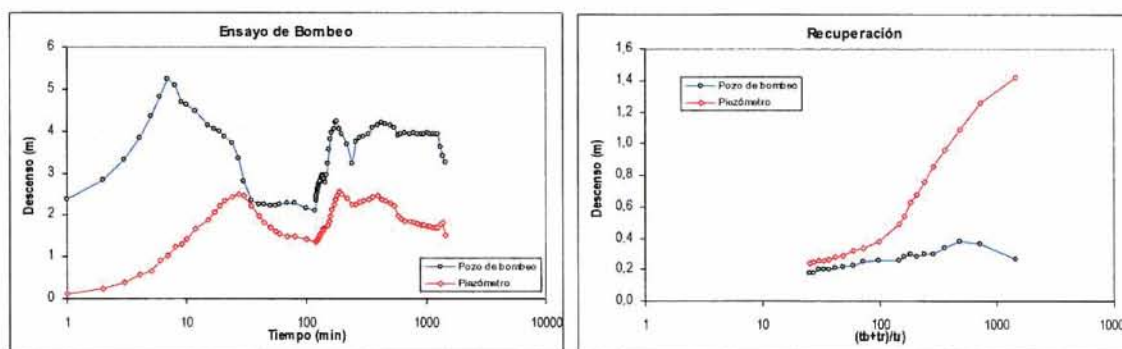


Figura 6 y 7. Curva de descenso-tiempo en bombeo y recuperación

## INTERPRETACIÓN

La irregularidad de la curva de descensos tiempos y su sensibilidad a pequeños cambios de caudal pone de manifiesto que el sondeo se está desarrollando durante el bombeo, lo cual dificulta extraordinariamente la interpretación. Por otro lado, pequeñas oscilaciones del caudal que hayan pasado desapercibidas o imprecisiones en su estimación imposibilita la correcta determinación de las pérdidas de carga y, en consecuencia, la calibración.

Otro factor negativo para la interpretación es que el nivel dinámico presenta permanente tendencia a la recuperación como respuesta a descensos poco significativos del caudal de bombeo, lo que en el pozo de bombeo pudiera estar justificado por alto peso de las pérdidas de carga en los descensos registrados; pero este fenómeno se da también en el piezómetro, lo que sugiere que estas pérdidas de carga se producen no sólo en el sondeo sino en un apreciable entorno del mismo.

Todo ello lleva a que la interpretación deba ser realizada en base a la recuperación, en tanto que los descensos en bombeo, sólo puedan ser tomadas para inferir el límite inferior del rango de posibles valores de la transmisividad.

Dada la calidad de las curvas experimentales obtenida, los gráficos diagnósticos no aportan orientación alguna sobre el modelo de acuífero.

El método utilizado para la calibración ha sido en todos los casos el de prueba-error (método directo) en bombeo y recuperación con los modelos teóricos de Theis y Hantush, así como el método de Recuperación de Theis basado en la aproximación logarítmica de Jacob.

## Método Recuperación de Theis

La transmisividad obtenida en el piezómetro es de  $502 \text{ m}^2/\text{día}$  y  $4,4 \%$  el coeficiente de almacenamiento. Al lado se representa la curva teórica simulada para esos valores de  $T$  y  $S$ , donde se observa que la curva simulada es diferente a la experimental, lo que sugiere la no validez del método empleado.

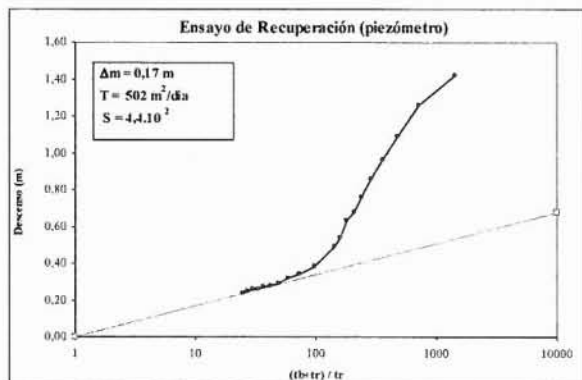


Figura 8

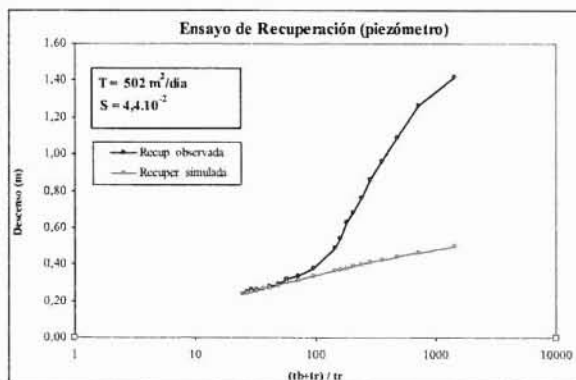


Figura 9

En el caso del pozo de bombeo se ha obtenido una transmisividad de  $653 \text{ m}^2/\text{día}$  y un valor de  $r^2.S$  de  $1,01 \cdot 10^{-0} \text{ m}^2$ . La calibración obtenida es aceptable, sin embargo el valor de  $r^2.S$  implica un valor del coeficiente de almacenamiento absurdo ya que es mayor que la unidad.

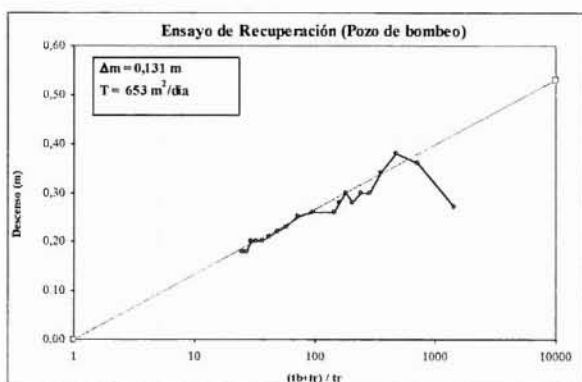


Figura 10

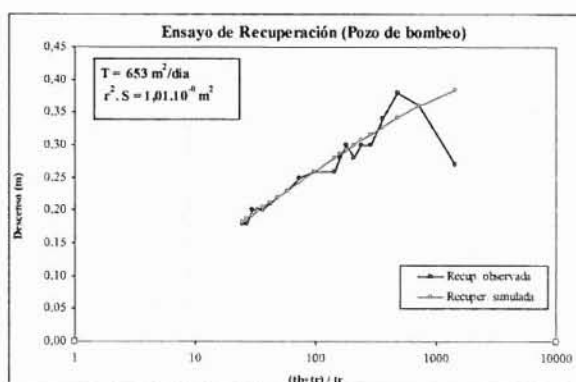


Figura 11

## Método directo (Solución de Theis)

Los resultados obtenidos mediante simulación no difieren significativamente de los obtenidos mediante el método anterior en el pozo de bombeo (figura 12 y 13), aunque sí en el piezómetro (figura 14 y 15). En todo caso en ambos casos la calibración es muy insatisfactoria, lo que sugiere la invalidez del modelo de Theis.

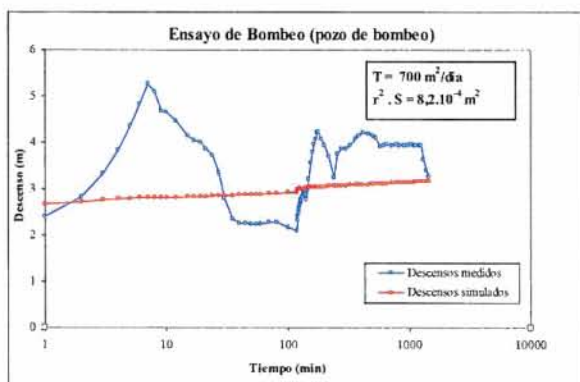


Figura 12

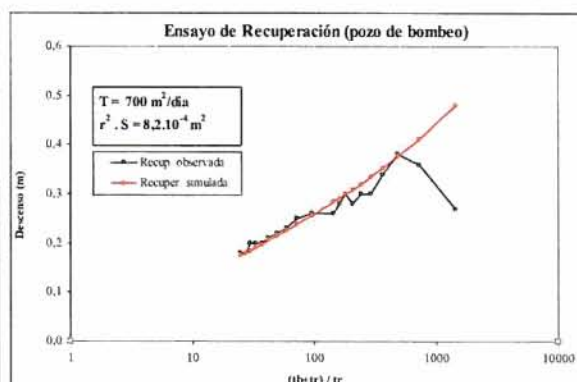


Figura 13

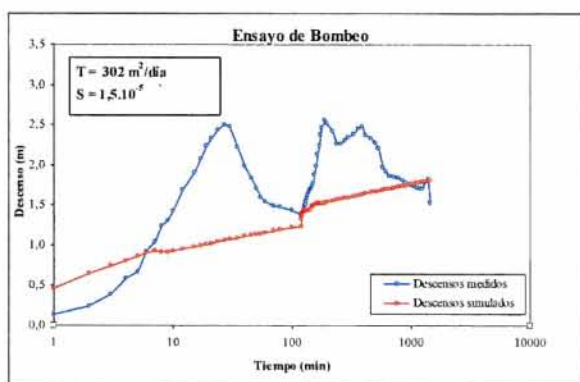


Figura 14

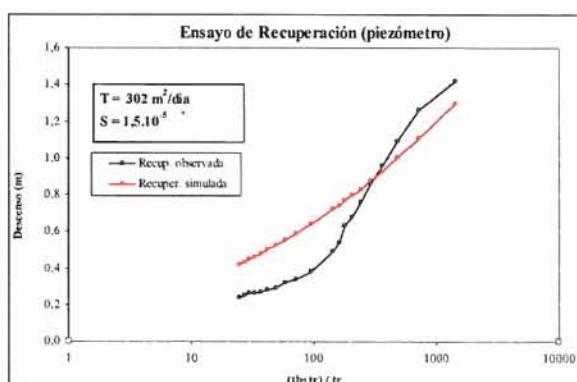


Figura 15

No obstante, sí es posible calibrar satisfactoriamente los momentos iniciales del ensayo de bombeo, para valores de la transmisividad muy inferior a la obtenida anteriormente, y similar en ambos puntos de observación (figura 16 y 17).

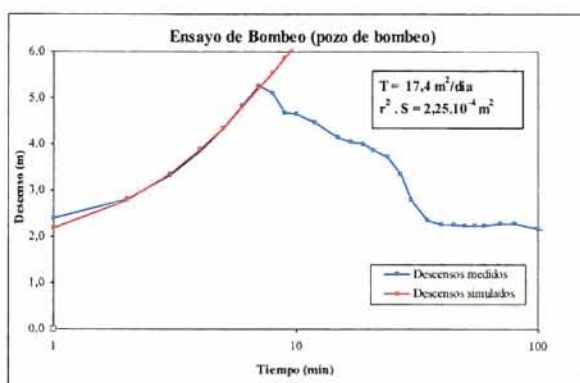


Figura 16

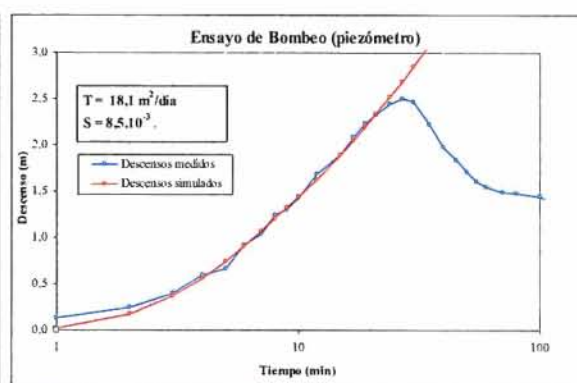


Figura 17



### Método directo (Solución de Hantush)

La calibración es satisfactoria en recuperación pero imposible de lograr en bombeo. Ello puede ser debido a la imposibilidad de ajustar las pérdidas de carga. En todo caso los resultados son coherentes entre sí, fundamental en recuperación, y pone de manifiesto que el factor predominante en este sector del acuífero es el factor de B, sumamente elevado.

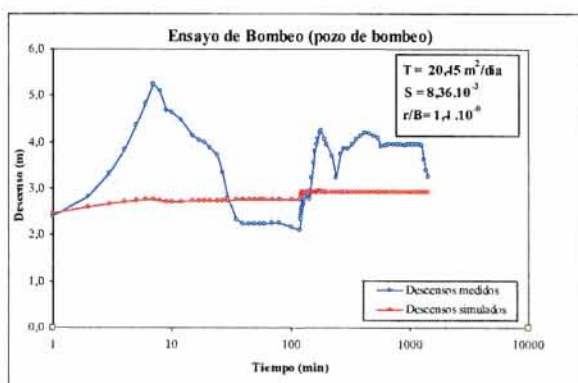


Figura 18

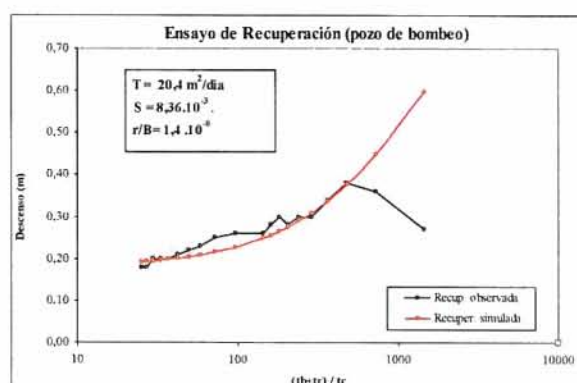


Figura 19

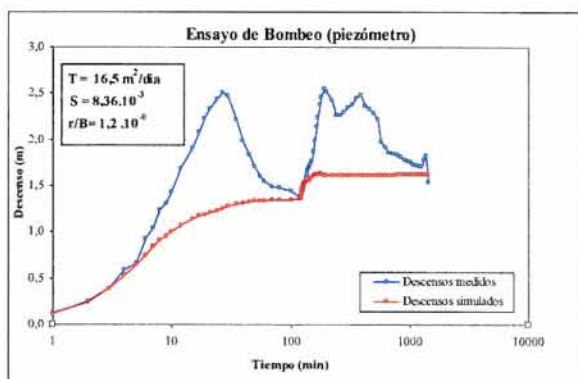


Figura 20

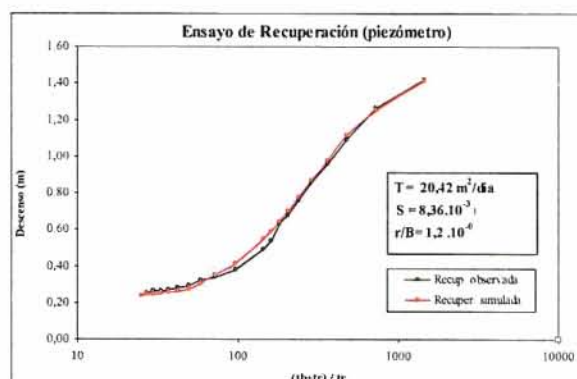


Figura 21

La similitud de estos resultados con los obtenidos en los primeros momentos de bombeo mediante la solución de Theis se justifica por que en los momentos iniciales todavía no ha comenzado a manifestarse el semiconfinamiento o, en su caso, el drenaje diferido, cuyo funcionamiento en las etapas iniciales e intermedia son equiparables.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se sintetizan en el siguiente cuadro:

Punto de observación	Metodo de interpretación	Transmisividad m <sup>2</sup> /día	S	r/B	r <sup>2</sup> .S m <sup>2</sup>
Pozo bombeo	Aprox. Logaritmica (Recuperación Theis)	653	--	--	--
Piezómetro	Aprox. Logaritmica (Recuperación Theis)	502	4,40E-02	--	--
Pozo bombeo	Simulación bombeo y recuperación (Solución de Theis)	700	--	--	8,21E-04
Piezómetro	Simulación bombeo y recuperación (Solución de Theis)	302	1,51E-05	--	2,71E-04
Pozo bombeo	Simulación bombeo 1 <sup>er</sup> escalón (Solución de Theis)	17,4	--	--	2,25E-04
Piezómetro	Simulación recuperación 1 <sup>er</sup> escalón (Solución de Theis)	18,1	8,51E-03	--	7,66E-04
Pozo bombeo	Simulación bombeo (Solución de Hantush)	20,4	--	1,38E+00	7,52E-04
Pozo bombeo	Simulación recuperación (Solución de Hantush)	20,4	--	1,38E+00	7,52E-04
Piezómetro	Simulación bombeo (Solución de Hantush)	16,5	8,36E-03	1,17E+00	1,50E-01
Piezómetro	Simulación recuperación (Solución de Hantush)	20,4	8,36E-03	1,17E+00	1,50E-01

Cabe destacar la imposibilidad de interpretar el ensayo en su fase de bombeo y la buena calibración de las recuperaciones obtenidas por el método de Hantush. Por ello se considera que la mejor aproximación a los parámetros hidráulicos son los siguientes:

Transmisividad: 20,4 m<sup>2</sup>/día  
Coeficiente de almacenamiento: 0,84 %  
R/B: 1,17

Dado que se trata de un acuífero aluvial de comportamiento libre, el confinamiento puede ser debido a lentejones lutíticos de carácter local. Tampoco debe descartarse la posibilidad de que se esté ante un caso de drenaje diferido en el que no ha llegado a aparecer la fase en la que el acuífero funciona con su coeficiente de almacenamiento real (porosidad eficaz). Así parece indicarlo el valor de S obtenido: demasiado bajo para un acuífero detrítico no consolidado, y demasiado alto como para reflejar semiconfinamiento.



## ANEXO N° 1

**ESTADILLO ENSAYO DE BOMBEO**

Localidad: **Calahorra (La Rioja)**  
 Hoja MTN **24-11 (243) Calahorra**

N° de Inventario Pozo de bombeo:	<b>2411-3-0018</b>	Coordenadas sondeo:	<b>587123 4684420 305</b>
N° de Inventario Piezómetro:	<b>2411-3-0062</b>	Coordenadas Piezómetro:	<b>587126 4684423 305</b>
Profundidad del sondeo:	<b>22 m</b>	Distancia del piezómetro:	<b>4,24 metros a 45 °E</b>
Nivel estático:	<b>2,35 m</b>	Toponimia./Ref.Catastral.	<b>Polígono 8, Parcela 373</b>
Profundidad techo Fm. acuífera (m)	<b>2,35 m</b>	Fecha ensayo:	<b>4 de junio de 2007</b>
Profundidad muro Fm acuífera (m)	<b>16 m</b>	Bomba:	<b>CAPRARI 6" E6S 54/20 50 CV</b>
Longitud del filtro (Screen length)	<b>12 m</b>	Grupo :	<b>DEUSCH 100KVA 150 CV</b>
Φ perforación (annulus diameter)	<b>600 mm</b>	Profundidad bomba:	<b>18 m</b>
Φ pantalla (casing diameter)	<b>300 mm</b>		

Hora	Caudal l/seg.	Tiempo min	Pozo de bombeo		Piezómetro		Observaciones
			Profund. m.	Descen. m.	Profund. m.	Descen. m.	
10:00	0	0	2,35	0	2,34	0	
10:01	5,00	1	4,74	2,39	2,47	0,13	Agua muy sucia.
10:02	5,00	2	5,17	2,82	2,58	0,24	
10:03	5,00	3	5,68	3,33	2,73	0,39	
10:04	5,00	4	6,19	3,84	2,93	0,59	
10:05	5,00	5	6,71	4,36	3	0,66	
10:06	5,00	6	7,17	4,82	3,26	0,92	
10:07	5,00	7	7,60	5,25	3,38	1,04	
10:08	4,50	8	7,45	5,10	3,58	1,24	
10:09	4,50	9	7,03	4,68	3,64	1,30	Agua muy sucia.
10:10	4,50	10	6,99	4,64	3,77	1,43	
10:12	4,50	12	6,82	4,47	4,03	1,69	
10:15	4,50	15	6,48	4,13	4,24	1,90	
10:17	4,50	17	6,39	4,04	4,42	2,08	
10:19	4,50	19	6,34	3,99	4,57	2,23	
10:21	4,50	21	6,22	3,87	4,67	2,33	Agua turbia, de color naranja.
10:24	4,50	24	6,06	3,71	4,78	2,44	
10:27	4,50	27	5,70	3,35	4,84	2,50	
10:30	4,50	30	5,14	2,79	4,81	2,47	
10:35	4,50	35	4,69	2,34	4,56	2,22	
10:40	4,50	40	4,60	2,25	4,32	1,98	Agua turbia con algo de color.
10:45	4,50	45	4,60	2,25	4,18	1,84	
10:50	4,50	50	4,58	2,23	4,05	1,71	Agua turbia sin color.
10:55	4,50	55	4,58	2,23	3,94	1,60	
11:00	4,50	60	4,59	2,24	3,89	1,55	
11:10	4,50	70	4,62	2,27	3,83	1,49	
11:20	4,50	80	4,62	2,27	3,82	1,48	Agua turbia.
11:40	4,50	100	4,52	2,17	3,78	1,44	
12:00	4,50	120	4,44	2,09	3,71	1,37	
12:01	5,50	121	4,68	2,33	3,74	1,40	
12:02	5,50	122	4,76	2,41	3,72	1,38	
12:03	5,50	123	4,82	2,47	3,74	1,40	Agua turbia (naranja).
12:04	5,50	124	4,88	2,53	3,75	1,41	
12:05	5,50	125	4,94	2,59	3,77	1,43	
12:06	5,50	126	4,98	2,63	3,78	1,44	
12:07	5,50	127	5,01	2,66	3,79	1,45	
12:08	5,30	128	5,05	2,70	3,83	1,49	
12:09	5,30	129	5,08	2,73	3,83	1,49	



Hora	Caudal l/seg.	Tiempo min	Pozo de bombeo		Piezómetro		Observaciones
			Profund. m.	Descen. m.	Profund. m.	Descen. m.	
12:10	5,30	130	5,11	-1,11	3,85	1,51	
12:12	5,30	132	5,16	-1,06	3,89	1,55	
12:15	5,30	135	5,23	-0,99	3,93	1,59	Agua turbia (ligero tono naranja).
12:17	5,30	137	5,29	-0,93	3,96	1,62	
12:19	5,30	139	5,26	-0,96	4	1,66	
12:21	5,30	141	5,20	-1,02	4,03	1,69	
12:24	5,30	144	5,12	-1,10	4,05	1,71	
12:27	5,50	147	5,31	-0,91	4,07	1,73	
12:30	5,50	150	5,57	-0,65	4,11	1,77	
12:35	5,50	155	5,91	-0,31	4,21	1,87	
12:40	5,50	160	6,15	-0,07	4,32	1,98	
12:45	5,50	165	6,30	0,08	4,47	2,13	
12:50	5,50	170	6,41	0,19	4,58	2,24	
12:55	5,50	175	6,55	0,33	4,72	2,38	
13:00	5,40	180	6,59	0,37	4,8	2,46	Cond: 1800 $\mu$ S/cm pH: 7.9 T <sup>a</sup> 16° C
13:10	5,40	190	6,41	0,19	4,89	2,55	Agua turbia (ligero tono naranja).
13:20	5,40	200	6,29	0,07	4,85	2,51	
13:40	5,40	220	6,04	-0,18	4,76	2,42	
14:00	5,40	240	5,58	-0,64	4,6	2,26	
14:20	5,40	260	6,10	-0,12	4,6	2,26	
14:40	5,40	280	6,20	-0,02	4,64	2,30	Agua clara.
15:00	5,40	300	6,21	-0,01	4,68	2,34	
15:30	5,40	330	6,29	0,07	4,72	2,38	
16:00	5,40	360	6,42	0,20	4,79	2,45	MUESTRA 1. Cond: 1779 $\mu$ S/cm pH:8709 T <sup>a</sup> 16° C
16:30	5,40	390	6,49	0,27	4,82	2,48	
17:00	5,40	420	6,55	0,33	4,71	2,37	
17:40	5,40	460	6,53	0,31	4,67	2,33	
18:20	5,40	500	6,49	0,27	4,62	2,28	Cond: 1792 $\mu$ S/cm pH: 8.0 T <sup>a</sup> 17° C
19:00	5,40	540	6,44	0,22	4,55	2,21	
19:40	5,40	580	6,26	0,04	4,31	1,97	
20:20	5,40	620	6,28	0,06	4,25	1,91	
21:00	5,40	660	6,30	0,08	4,2	1,86	
22:00	5,40	720	6,29	0,07	4,19	1,85	MUESTRA 2. Cond: 1750 $\mu$ S/cm pH: 8.1 T <sup>a</sup> 17° C
23:00	5,40	780	6,30	0,08	4,17	1,83	
0:00	5,40	840	6,29	0,07	4,15	1,81	
1:00	5,40	900	6,28	0,06	4,12	1,78	
2:00	5,40	960	6,29	0,07	4,10	1,76	
3:00	5,40	1020	6,30	0,08	4,09	1,75	
4:00	5,40	1080	6,29	0,07	4,07	1,73	
5:00	5,40	1140	6,29	0,07	4,06	1,72	
6:00	5,40	1200	6,29	0,07	4,05	1,71	
7:00	5,40	1260	6,28	0,06	4,05	1,71	
8:00	5,40	1320	5,98	-0,24	4,12	1,78	
9:00	5,40	1380	5,75	-0,47	4,16	1,82	
10:00	5,40	1440	5,60	-0,62	3,87	1,53	MUESTRA 3. Cond: 1774 $\mu$ S/cm pH: 7.9 T <sup>a</sup> 16° C
10:01	0	1441	2,62	-3,60	3,76	1,42	
10:02	0	1442	2,71	-3,51	3,60	1,26	
10:03	0	1443	2,73	-3,49	3,43	1,09	
10:04	0	1444	2,69	-3,53	3,30	0,96	
10:05	0	1445	2,65	-3,57	3,20	0,86	
10:06	0	1446	2,65	-3,57	3,10	0,76	
10:07	0	1447	2,63	-3,59	3,02	0,68	
10:08	0	1448	2,65	-3,57	2,97	0,63	



Hora	Caudal l/seg.	Tiempo min	Pozo de bombeo		Piezómetro		Observaciones
			Profund. m.	Descen. m.	Profund. m.	Descen. m.	
10:09	0	1449	2,63	-3,59	2,88	0,54	
10:10	0	1450	2,61	-3,61	2,83	0,49	
10:15	0	1455	2,61	-3,61	2,72	0,38	
10:20	0	1460	2,60	-3,62	2,68	0,34	
10:25	0	1465	2,58	-3,64	2,76	0,42	
10:30	0	1470	2,57	-3,65	2,63	0,29	
10:35	0	1475	2,56	-3,66	2,62	0,28	
10:40	0	1480	2,55	-3,67	2,61	0,27	
10:45	0	1485	2,55	-3,67	2,60	0,26	
10:50	0	1490	2,55	-3,67	2,60	0,26	
10:55	0	1495	2,53	-3,69	2,59	0,25	
11:00	0	1500	2,53	-3,69	2,58	0,24	



## **ANEJO 4**

# **ANÁLISIS QUÍMICOS REALIZADOS**



INFORME DE RESULTADO DE ENSAYO solicitado por:	MICROTEC AMBIENTE, S.A.U.	
	NUÑEZ DE BALBOA, 81, LOCAL 28006 MADRID	MADRID
Denominación de la muestra:	CALAHORRA	UTM-Y:

Matriz: **AGUA CONTINENTAL** Tomada por: **EL CLIENTE**

Tipo de muestra: **PUNTUAL**

Fecha muestreo **15/05/2006** Hora Fecha recepción **06/06/2006** Inicio análisis **06/06/2006** Fin análisis **20/06/2006**

DETERMINACIÓN	RESULTADO	METODOLOGÍA
CONDUCTIVIDAD A 20 °C .....	<b>2,030</b> μ S/cm	Electrometría (P I E COND)
pH .....	<b>7,17</b> ud. de pH	Electrometría (P I E PH)
CLORUROS (*) .....	<b>253,00</b> mg/l	Método argentométrico de Mohr. (P.I.E. CLOR)
SULFATOS (*) .....	<b>593,30</b> mg/l	Espectrofotometría de absorción (P I E SULF)
BICARBONATOS (*) .....	<b>271,19</b> mg/l	Acidimetría, con anaranjado de metilo (P I E ALCA)
CARBONATOS (*) .....	<b>0,00</b> mg/l	Acidimetría, con fenolftaleína (P I E ALCA)
NITRATOS (*) .....	<b>68,25</b> mg/l	Espectrofotometría de absorción (P I E NITA)
SODIO (*) .....	<b>195,03</b> mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P I E NaKA)
MAGNESIO (*) .....	<b>40,59</b> mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P I E MgAA)
CALCIO (*) .....	<b>219,95</b> mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P I E CaAA)
POTASIO (*) .....	<b>15,21</b> mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P I E NaKA)
NITRITOS (*) .....	<b>2,03</b> mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P I E NITI)
AMONIO .....	<b>&lt; 0,04</b> mg/l	Espectrofotometría de absorción (P I E AMON)
BORO (*) .....	<b>0,00</b> mg/l	Espectrofotometría de absorción (P I E BORO)
FOSFATO .....	<b>0,48</b> mg/l P2O5	Espectrofotometría de absorción (P I E FOSF)
ANHÍDRIDO SILÍCICO (*) .....	<b>10,09</b> mg/l	Espectrofotometría de absorción (P I E SILI)
HIERRO (*) .....	<b>0,02</b> mg/l	Espectrofotometría de absorción (P I E HIER)
MANGANESO (*) .....	<b>0,00</b> mg/l	Espectrofotometría de absorción (P I E MANG)

Observaciones:

El presente Informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo y NO deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de CAASA.-----  
 Los procedimientos empleados son normas internas de CAASA. El Laboratorio dispone de la incertidumbre de sus medidas a disposición del cliente.-----  
 Las muestras tomadas por Técnicos de CAASA se realizan según el Procedimiento de toma de muestras puntuales y compuestas (IO-013), incluido en el alcance de ésta acreditación.-----  
 Los ensayos marcados en este informe (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del Laboratorio.-----

**viernes, 23 de junio de 2006**

CENTRO DE ANÁLISIS DE AGUAS, S.A. está inscrito en el REGISTRO ESPECIAL DE EMPRESAS COLABORADORAS DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (antes MOPT, O.M. 16-7-87) Nº Reg. 0017, y habilitado para colaborar con los Organismos de Cuenca Hidrográfica en el ejercicio de las funciones de control de vertidos de aguas y productos residuales (GRUPO 3).

Fdo.: **Susana Avilés Espiñero**  
Lcda. en Ciencias Químicas  
Directora Técnica del Laboratorio de CAASA

CENTRO DE ANÁLISIS DE AGUAS, S.A. dispone de un Sistema de Gestión de la Calidad CERTIFICADO POR BVQI, conforme con los requisitos de la norma ISO 9001:2000.

Avda. Europa, s/n. Políg. Ind. Base 2000. 30564 LORQUÍ (Murcia).

Tel 968 693 711 Fax 968 690 691 e-mail: caasa@caasa-lab.com web: www.caasa-lab.com

Insc. Reg. Merc. de Murcia, hoja 939, folio 146, libro 58, sec. 3ª, Ins. 1ª - C.I.F. A-30020192

## ANÁLISIS GEOQUÍMICO. DATOS INFORMATIVOS

<u>MACROCONSTITUYENTES</u>	<u>mg/l</u>	<u>meq/l</u>	<u>% meq/l</u>
CLORUROS.....	253,00	7,14	28,51
SULFATOS.....	593,30	12,35	49,34
BICARBONATOS.....	271,19	4,44	17,75
CARBONATOS.....	0,00	0,00	0,00
NITRATOS.....	68,25	1,10	4,40
SODIO.....	195,03	8,48	36,58
MAGNESIO.....	40,59	3,34	14,40
CALCIO.....	219,95	10,98	47,33
POTASIO.....	15,21	0,39	1,68

AGUA: <b>SULFATADA - CÁLCICA</b>
----------------------------------

### OTROS DATOS DE INTERÉS

Punto de Congelación	<b>-0,06</b> °C
Sólidos disueltos.....	<b>1.669,14</b> mg/l.
CO2 libre .....	<b>29,17</b> mg/l
Dureza total .....	<b>71,64</b> ° Francés
Dureza total .....	<b>716,36</b> mg/l de CO3Ca
Dureza permanente .....	<b>494,07</b> mg/l de CO3Ca
Alcalinidad de bicarbonatos..	<b>222,42</b> mg/l de CO3Ca
Alcalinidad de carbonatos.....	<b>0,00</b> mg/l de CO3Ca
Alcalinidad de hidróxidos.....	<b>0,00</b> mg/l de CO3Ca
Alcalinidad total.....	<b>222,42</b> mg/l de CO3Ca

### RELACIONES GEOQUÍMICAS E INDICES DE EQUILIBRIO AGUA-LITOFACIES

rCl+rSO4/rHCO3+rCO3	<b>4,38</b>
rNa+rK/rCa+rMg .....	<b>0,62</b>
rNa/rK .....	<b>21,81</b>
rNa/rCa .....	<b>0,77</b>
rCa/rMg .....	<b>3,29</b>
rCl/rHCO3.....	<b>1,61</b>
rSO4/rCl .....	<b>1,73</b>
rMg/rCa .....	<b>0,30</b>
i.c.b.....	<b>-0,24</b>
i.d.d.....	<b>-0,10</b>

Nº Registro:      2.813 -06



**INFORME DE RESULTADO DE ENSAYO Nº 00005535**

Solicitado por:

VALORIZA CONSERVACION DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.  
NUÑEZ DE BALBOA, 81, LOCAL 28006 MADRID ()

Denominación de la muestra:

CALAHORRA MMA - ENSAYO DE BOMBEO MUESTRA 1 (6 HORAS)

Matriz: Agua continental

Nº de muestra 00005289

Tipo de muestra: Puntual

Tomada por: El cliente

Fecha muestreo: 04/06/2007 Hora: 16:00

Fecha recepción: 11/06/2007

Inicio análisis: 11/06/2007

Fin análisis: 18/06/2007

DETERMINACION	RESULTADO	METODOLOGIA
AMONIO	< 0,04 mg/l	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-AMON)
•ANHIDRIDO SILICICO	13,73 mg/l	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-SILI)
•BICARBONATOS	317,11 mg/l	Acidimetría, con anaranjado de metilo (PIE-ALCA)
•BORO	0,18 mg/l	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-BORO)
•CALCIO	178,37 mg/l	Complexometría (PIE-CALC)
•CARBONATOS	< 5 mg/l	Acidimetría, con fenolftaleína (PIE-ALCA)
•CLORUROS	241,20 mg/l	Método Argentométrico de Mohr (PIE-CLOR)
CONDUCTIVIDAD 20 °C	1704 µS/cm	Electrometría (PIE-COND)
FOSFATOS	0,34 mg P-PO4 <sup>3-</sup> /l	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-FOSF)
•HIDROXIDOS	0 mg/l	Volumetría (PIE-ALCA)
•HIERRO	< 0,05 mg/l	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-FeAA)
•MAGNESIO	35,58 mg/l	Complexometría (PIE-DURE)
•MANGANESO	< 0,02 mg/l	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-MnAA)
•NITRATOS	65,73 mg/l	Espectrofotometría de absorción (PIE-NITA)
•NITRITOS	< 0,04 mg/l	Espectrofotometría de absorción (PIE-NITI)
pH	7,41 ud. de pH	Electrometría (PIE-PH)
•POTASIO	16,94 mg/l	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
•SODIO	164,91 mg/l	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
•SULFATOS	349,6 mg/l	Espectrofotometría de absorción (PIE-SULF)

El presente Informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo y NO deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de CAASA.  
Los procedimientos empleados son normas internas de CAASA. El Laboratorio dispone de la incertidumbre de sus medidas a disposición del cliente.  
Las muestras tomadas por técnicos de CAASA se realizan según el Procedimiento de toma de muestras puntuales y compuestas (IO-013), incluido en el alcance de esta acreditación.  
Los ensayos marcados en este informe (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del Laboratorio.  
CENTRO DE ANALISIS DE AGUAS, S.A. dispone de un Sistema de Gestión de la Calidad CERTIFICADO POR BVQI, conforme con los requisitos de la norma ISO 9001:2000.

19 de junio de 2007

Fdo.: Susana Avilés Espiñero  
Lcda. en Ciencias Químicas  
Directora Técnica del Laboratorio de CAASA

Página 1/1

## ANÁLISIS GEOQUÍMICO. DATOS INFORMATIVOS

### MACROCONSTITUYENTES

	<u>mg/l</u>	<u>meq/l</u>	<u>% meq/l</u>
CLORUROS	241,20	6,80	33,45
SULFATOS	349,60	7,28	35,79
BICARBONATOS	317,11	5,20	25,55
CARBONATOS	0,00	0,00	0,00
NITRATOS	65,73	1,06	5,21
SODIO	164,91	7,17	36,91
MAGNESIO	35,58	2,93	15,06
CALCIO	178,37	8,90	45,80
POTASIO	16,94	0,43	2,23

CLASIFICACIÓN DEL AGUA: **SULFATADA - CÁLCICA**

### OTROS DATOS DE INTERÉS

Punto de congelación	-0,05 °C
Sólidos disueltos	1383,72 mg/l
CO2 libre	19,63 mg/l
Dureza total	59,19 °Francés
Dureza total	591,91 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Dureza permanente	331,97 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de bicarbonatos	260,08 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de carbonatos	0,00 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de hidróxidos	0,00 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad total	260,08 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca

### RELACIONES GEOQUÍMICAS E INDICES DE EQUILIBRIO AGUA-LITOFACIE

$rCl+rSO_4/rHCO_3+rCO_3$	2,71
$rNa+rK/rCa+rMg$	0,64
$rNa/rK$	16,56
$rNa/rCa$	0,81
$rCa/rMg$	3,04
$rCl/rHCO_3$	1,31
$rSO_4/rCl$	1,07
$rMg/rCa$	0,33
i.c.b.	-0,12
i.d.d.	-0,06

N° Registro: 5289



**CAASA**  
CENTRO DE ANÁLISIS DE AGUAS S.A.

**E C**  
ENSAYOS  
Nº 486 / LE1065

### INFORME DE RESULTADO DE ENSAYO Nº 000005547

Solicitado por:	CONTROL Y GEOLOGIA, S.A. (CYGSA) BALTASAR GRACIAN Nº 11 1º CENTRO 50005 ZARAGOZA	
Denominación de la muestra:	CALAHORRA MMA - ENSAYO DE BOMBEO MUESTRA 2 (12 HORAS)	

Matriz: Agua continental

Nº de muestra: 000005304

Tipo de muestra: Puntual

Tomada por: El cliente

Fecha muestreo: 04/06/2007 Hora: 22:00

Fecha recepción: 11/06/2007

Inicio análisis: 11/06/2007

Fin análisis: 18/06/2007

DETERMINACION	RESULTADO	METODOLOGIA
AMONIO	< 0,04 mg/l	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-AMON)
*ANHIDRIDO SILICICO	13,41 mg/l	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-SIL1)
*BICARBONATOS	323,23 mg/l	Acidimetría con anaranjado de metilo (PIE-ALCA)
*BORO	0,03 mg/l	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-BORO)
*CALCIO	180,35 mg/l	Complexometría (PIE-CALC)
*CARBONATOS	< 5 mg/l	Acidimetría con fenolftaleína (PIE-ALCA)
*CLORUROS	246,30 mg/l	Método Argentométrico de Mohr (PIE-CLOR)
CONDUCTIVIDAD 20 °C	1710 µS/cm	Electrometría (PIE-COND)
FOSFATOS	0,40 mg P-PO4 <sup>3-</sup> /l	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-FOSF)
*HIDROXIDOS	0 mg/l	Volumetría (PIE-ALCA)
*HIERRO	< 0,05 mg/l	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-FeAA)
*MAGNESIO	31,97 mg/l	Complexometría (PIE-DURE)
*MANGANESO	< 0,02 mg/l	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-MnAA)
*NITRATOS	69,30 mg/l	Espectrofotometría de absorción (PIE-NITA)
*NITRITOS	< 0,04 mg/l	Espectrofotometría de absorción (PIE-NITI)
pH	7,61 ud. de pH	Electrometría (PIE-PH)
*POTASIO	16,27 mg/l	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
*SODIO	153,75 mg/l	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
*SULFATOS	311,6 mg/l	Espectrofotometría de absorción (PIE-SULF)

*El presente informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo y NO deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de CAASA.  
Los procedimientos empleados son normas internas de CAASA. El laboratorio dispone de la incertidumbre de sus medidas a disposición del cliente.  
Las muestras tomadas por técnicos de CAASA se realizan según el Procedimiento de toma de muestras puntuales y compuestas (IO-013), incluido en el alcance de esta acreditación.  
Los ensayos marcados en este informe (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del Laboratorio.  
CENTRO DE ANÁLISIS DE AGUAS, S.A. dispone de un Sistema de Gestión de la Calidad CERTIFICADO POR BVQI, conforme con los requisitos de la norma ISO 9001:2000.*

19 de junio de 2007

Fdo: Susana Avilés Espláitro  
I.º Catedr. en Ciencias Químicas  
Directora Técnica del Laboratorio de CAASA

Página 1/1

ANÁLISIS GEOQUÍMICO. DATOS INFORMATIVOSMACROCONSTITUYENTES

	<u>mg/l</u>	<u>meq/l</u>	<u>% meq/l</u>
CLORUROS	246,30	6,95	35,00
SULFATOS	311,60	6,49	32,68
BICARBONATOS	323,23	5,30	26,69
CARBONATOS	0,00	0,00	0,00
NITRATOS	69,30	1,12	5,63
SODIO	153,75	6,69	35,70
MAGNESIO	31,97	2,63	14,04
CALCIO	180,35	9,00	48,04
POTASIO	16,27	0,42	2,22

CLASIFICACIÓN DEL AGUA:

**CLORURADA - CÁLCICA**OTROS DATOS DE INTERÉS

Punto de congelación	-0,05 °C
Sólidos disueltos	1346,63 mg/l
CO <sub>2</sub> libre	12,63 mg/l
Dureza total	58,20 °Francés
Dureza total	581,99 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Dureza permanente	317,03 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de bicarbonatos	265,10 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de carbonatos	0,00 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de hidróxidos	0,00 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad total	265,10 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca

RELACIONES GEOQUÍMICAS E INDICES DE EQUILIBRIO AGUA-LITOFACIE

$rCl+rSO_4/rHCO_3+rCO_3$	2,54
$rNa+rK/rCa+rMg$	0,61
$rNa/rK$	16,07
$rNa/rCa$	0,74
$rCa/rMg$	3,42
$rCl/rHCO_3$	1,31
$rSO_4/rCl$	0,93
$rMg/rCa$	0,29
i.c.b.	-0,02
i.d.d.	-0,01

Nº Registro: 5304



**INFORME DE RESULTADO DE ENSAYO Nº 000005534**

Solicitado por:

VALORIZA CONSERVACION DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.  
NUÑEZ DE BALBOA, 81, LOCAL 28006 MADRID ()

Denominación de la muestra:

CALAHORRA MMA - ENSAYO DE BOMBEO MUESTRA 3 (24 HORAS)

Matriz: **Agua continental**

Nº de muestra: **000005288**

Tipo de muestra: **Puntual**

Tomada por: **El cliente**

Fecha muestreo: **03/06/2007** Hora: **10:00**

Fecha recepción: **11/06/2007**

Inicio análisis: **11/06/2007**

Fin análisis: **18/06/2007**

DETERMINACION	RESULTADO	METODOLOGIA
AMONIO	< 0,04 mg/l	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-AMON)
*ANHIDRIDO SILICICO	13,53 mg/l	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-SILI)
*BICARBONATOS	341,60 mg/l	Acidimetría, con anaranjado de metilo (PIE-ALCA)
*BORO	0,05 mg/l	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-BORO)
*CALCIO	177,57 mg/l	Complejometría (PIE-CALC)
*CARBONATOS	< 5 mg/l	Acidimetría, con fenoltaleína (PIE-ALCA)
*CLORUROS	241,20 mg/l	Método Argentométrico de Mohr (PIE-CLOR)
CONDUCTIVIDAD 20 °C	1716 µS/cm	Electrometría (PIE-COND)
FOSFATOS	0,17 mg P-PO4 <sup>3-</sup> /l	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-FOSF)
*HIDROXIDOS	0 mg/l	Volumetría (PIE-ALCA)
*HIERRO	< 0,05 mg/l	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-FeAA)
*MAGNESIO	35,34 mg/l	Complejometría (PIE-DURE)
*MANGANESO	< 0,02 mg/l	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-MnAA)
*NITRATOS	56,74 mg/l	Espectrofotometría de absorción (PIE-NITA)
*NITRITOS	< 0,04 mg/l	Espectrofotometría de absorción (PIE-NITI)
pH	7,47 ud. de pH	Electrometría (PIE-PH)
*POTASIO	16,61 mg/l	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
*SODIO	157,36 mg/l	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
*SULFATOS	332,1 mg/l	Espectrofotometría de absorción (PIE-SULF)

El presente Informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo y NO deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de CAASA.

Los procedimientos empleados son normas internas de CAASA. El Laboratorio dispone de la incertidumbre de sus medidas a disposición del cliente.

Las muestras tomadas por técnicos de CAASA se realizan según el Procedimiento de toma de muestras puntuales y compuestas (IO-013), incluido en el alcance de esta acreditación.

Los ensayos marcados en este informe (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del Laboratorio.

CENTRO DE ANALISIS DE AGUAS, S.A. dispone de un Sistema de Gestión de la Calidad CERTIFICADO POR BVQI, conforme con los requisitos de la norma ISO 9001:2000.

19 de junio de 2007

Fdo.: **Susana Avilés Espiñero**  
Lda en Ciencias Químicas  
Directora Técnica del Laboratorio de CAASA

Página 1/1



## ANÁLISIS GEOQUÍMICO. DATOS INFORMATIVOS

### MACROCONSTITUYENTES

	<u>mg/l</u>	<u>meq/l</u>	<u>% meq/l</u>
CLORUROS	241,20	6,80	33,63
SULFATOS	332,10	6,91	34,18
BICARBONATOS	341,60	5,60	27,67
CARBONATOS	0,00	0,00	0,00
NITRATOS	56,74	0,92	4,52
SODIO	157,36	6,84	35,95
MAGNESIO	35,34	2,91	15,27
CALCIO	177,57	8,86	46,54
POTASIO	16,61	0,42	2,23

CLASIFICACIÓN DEL AGUA:

**SULFATADA - CÁLCICA**

### OTROS DATOS DE INTERÉS

Punto de congelación	-0,05 °C
Sólidos disueltos	1372,29 mg/l
CO2 libre	18,42 mg/l
Dureza total	58,89 °Francés
Dureza total	588,92 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Dureza permanente	308,91 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de bicarbonatos	280,17 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de carbonatos	0,00 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de hidróxidos	0,00 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad total	280,17 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca

### RELACIONES GEOQUÍMICAS E INDICES DE EQUILIBRIO AGUA-LITOFACIE

$rCl+rSO_4/rHCO_3+rCO_3$	2,45
$rNa+rK/rCa+rMg$	0,62
$rNa/rK$	16,11
$rNa/rCa$	0,77
$rCa/rMg$	3,05
$rCl/rHCO_3$	1,22
$rSO_4/rCl$	1,02
$rMg/rCa$	0,33
i.c.b.	-0,07
i.d.d.	-0,03

Nº Registro: 5288

## **ANEJO 5**

### **FICHA IPA Y FICHA MMA**





**CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO**  
**Oficina de Planificación Hidrológica**  
**INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA**

Tipo: SONDEN Fuente de información: CHE (CALIDAD)  
 Mapa 1:50.000: (2411) CALAHORRA UTMX: 587123 UTMY: 4684420 COTA: 905  
 Provincia: LA RIOJA Municipio: CALAHORRA  
 Localidad: Paraje: CALAHORRA MMA  
 Dominio Hidrológico: Depresión del Ebro Unidad: Aluvial del Ebro-Lodosa-Tudela  
 Acuífero: Cuaternario aluvial  
 Masa Subterránea A: ALUVIAL DEL EBRO-ARAGON LODOSA-TUDELA Masa Subterránea B:  
 Acuífero: Cuaternario aluvial Redes: PG PL PH CG CL CH CE L T LH I OT  
 Rio: CIDAÇOS Cuenca: EBR( )  
 Observaciones: El nivel aportante se encuentra a 15 m de profundidad. Caudal estimado de 2 l/s.



Calahorra/ finalizado (15/05/2006)

Nº	Realización	Fecha	Fuente de información	FECHA	FECHA INFO	OBSERVACIONES
1	Z-AMALTEA	CHE (OPH)	03/04/2003			
30	Z-AMALTEA	CHE (OPH)	10/08/2008			Angel Arantegui, Red MMA

**PERFORACIÓN**

Contratista: SACYR MICRO LEU Año: 2006  
 Tipo perforación: PERCUSSION Profundidad total: 22  
 Observaciones: Se inicio el 10-4-06 y se finalizó el 4-5-06

Desde	Hasta	Diámetro (mm)
0	22	600

**REVESTIMIENTO**

Desde	Hasta	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Tipo	Empaque
0	4	300	4	Metálica ciego	EMPAQUE DE GRAVA
4	16	300	4	Metálica punteado	EMPAQUE DE GRAVA
16	22	300	4	Metálica ciego	EMPAQUE DE GRAVA

**LITOLOGIA**

Desde	Hasta	Litología	Edad	Tipo acuífero
0	16	GRAVAS	CUATERNARIO ALUVIAL	ACUÍFERO
16	19	ARCILLAS	TERCIARIO INDIFFERENCIADO	
19	20	ARCILLAS	TERCIARIO INDIFFERENCIADO	

Observaciones: Gravas poligénicas con matriz limoarcillosa marrón  
 Observaciones: Arcillas arenajadas  
 Observaciones: Margas o arcillas gruesas

**PIEZOHIDROMETRÍA**

Nº de medidas	Máximo	Mínimo	Rango de Oscilación	Media	Desviación típica
27	4.58	1.50	3.02	3.6483	1.0065

Fecha muestra	Nivel (m)	Caudal (l/s)	Altura de Escala (m)	Cota (m)	Medida Piezohidro.	Tipo de Medida	Fuente información	Referencia de medida	Altura de medida
14/08/2008	1.27			301.73	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
16/07/2008	2.23			302.75	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
03/06/2008	1.56			303.44	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
13/05/2008	2.53			302.47	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
08/04/2008	4.42			300.58	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0

Fecha muestra	Nivel (m)	Caudal (l/s)	Altura de Escala (m)	Cota (m)	Medida Piezohidro.	Tipo de Medida	Fuente información	Referencia de medida	Altura de medida
12/01/2008	4.41			300.59	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
04/02/2008	4.34			300.62	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
03/01/2008	4.42			300.58	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
10/12/2007	4.43			300.57	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
20/11/2007	4.44			300.56	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
09/10/2007	4.24			300.76	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
11/09/2007	4.34			300.62	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
03/08/2007	3.84			301.16	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
12/07/2007	2.24			302.76	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
13/06/2007	2.12			302.88	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
18/05/2007	1.91			303.09	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
25/04/2007	2.11			302.89	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
15/03/2007	3.05			301.95	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
09/02/2007	3.22			301.74	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
17/01/2007	4.37			300.63	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
20/12/2006	4.38			300.62	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
25/11/2006	4.19			300.61	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
23/08/2006	4.4			300.605	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
25/07/2006	4.1			300.9	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
14/06/2006	4.58			300.42	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
15/05/2006	4.48			300.52	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
03/05/2006	3.78			301.22	Nivel Estanco	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0

Observaciones: Primera medida tras la perforación y estabilización

**OTRAS FOTOS**



Calahorra/EZ18mS (29/04/2006)



CalhornaFZ18mW (28/04/2006)



CalhornaFinN (15/05/2006)



241130018\_Calahorna (1) (20/11/2007)



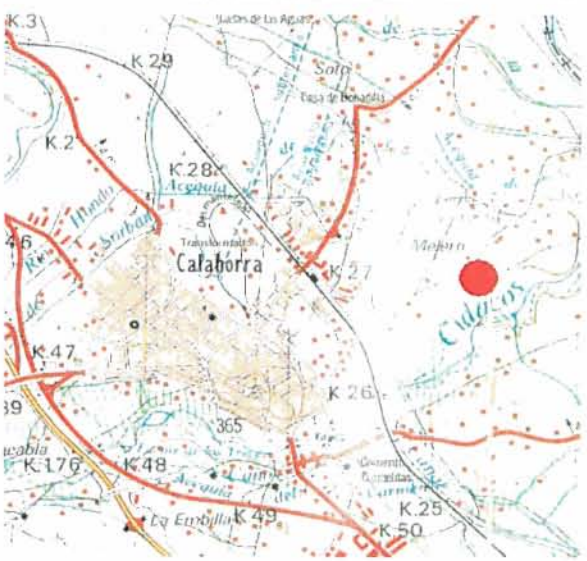

241130018\_Calahorna (20/11/2007)

## FICHA DE PIEZÓMETRO

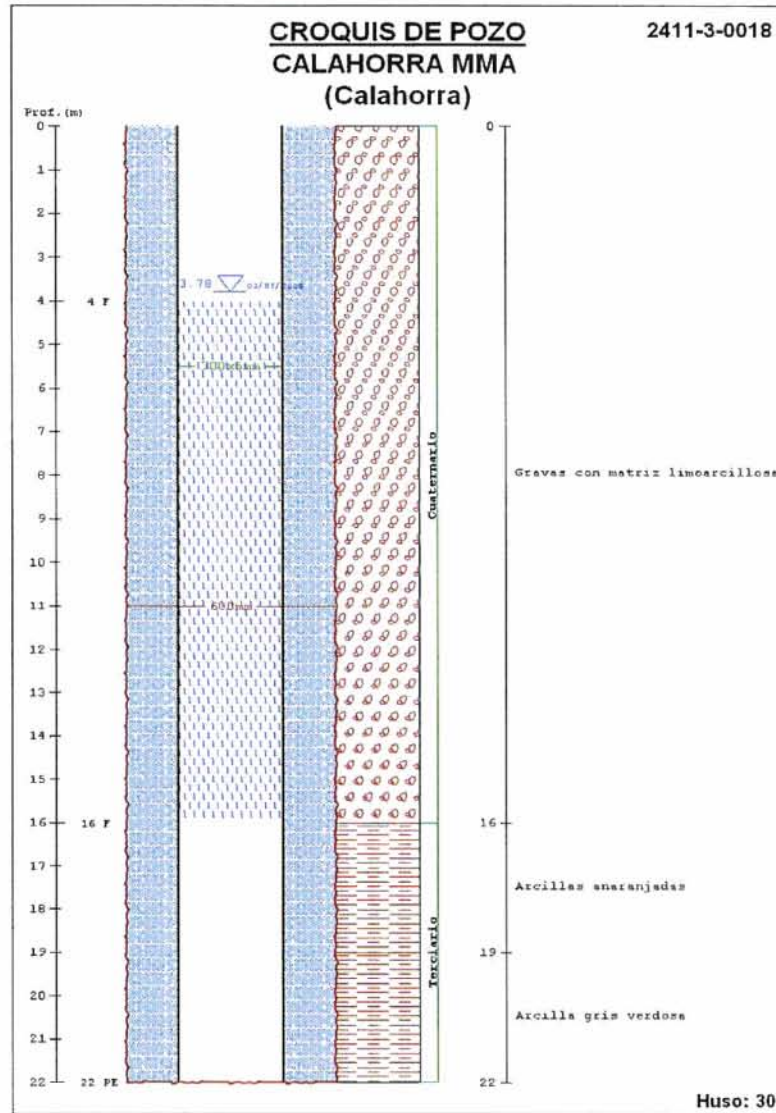
TOPONIMIA		CALAHORRA MMA			CÓDIGO IDENTIFICACIÓN		09.405.002	
CÓDIGO IPA		241130018	Nº MTN 1:50.000	2411	MUNICIPIO CALAHORRA		PROVINCIA LA RIOJA	
CUENCA HIDROGRÁFICA		EBRO						
MASA AGUA SUBTERRÁNEA		049   Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela						
U. HIDROGEOLOGICA		405   Aluvial del Ebro: Lodosa - Tudela						
ACUÍFERO(S)		049-02 Cuaternario aluvial						
COORDENADAS UTM HUSO 30	X	587123	DATOS OBTENIDOS DE:		Gis oleicola	REFERENCIA DE LAS MEDIDAS		BROCAL
	Y	4684420						
COTA DEL SUELO msnm	Z	305	DATOS OBTENIDOS DE:		GPS	ALTURA SOBRE EL SUELO m		0
POLÍGONO		8			PARCELA	373		
TITULARIDAD DEL TERRENO		Ayuntamiento de Calahorra						
PERSONA DE CONTACTO								
ACCESO								

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y DE USO											
METODO		PROFUNDIDAD DEL SONDEO						EMPAQUE		Si	
PERFORACIÓN (m)			ENTUBACIÓN (m)				FILTROS (m)			CEMENTACION	
DESDE	HASTA	Ø(mm)	DESDE	HASTA	Ø(mm)	NATURAL.	DESDE	HASTA	NATURALEZA	DESDE	HASTA
0	22	600	0	22	300	Metálica	4	16	Puentecillo	0	1

HISTORIA		
PERTENECE A REDES HISTÓRICAS	No	PERIODO DE MEDIDAS
ORGANISMO		

LOCALIZACIÓN	
<p>UBICACIÓN DEL SONDEO</p> 	<p>FOTO AÉREA</p> 

# CROQUIS DEL SONDEO Y DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA SUCINTA



## FOTOGRAFÍAS DEL EMPLAZAMIENTO : ENTORNO Y DETALLE

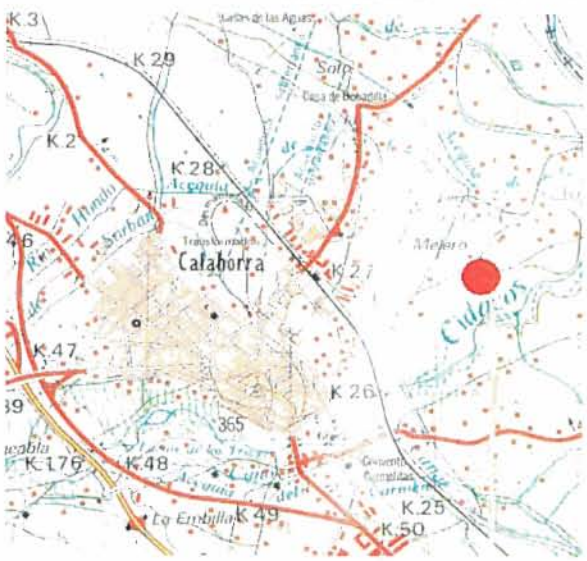



## FICHA DE PIEZÓMETRO

TOPONIMIA		CALAHORRA MMA PIEZÓMETRO			CÓDIGO IDENTIFICACIÓN		
CÓDIGO IPA		241130062	Nº MTN 1:50.000	2411	MUNICIPIO CALAHORRA	PROVINCIA LA RIOJA	
CUENCA HIDROGRÁFICA		EBRO					
MASA AGUA SUBTERRÁNEA		049   Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela					
U. HIDROGEOLÓGICA		405   Aluvial del Ebro: Lodosa - Tudela					
ACUÍFERO(S)		049-02 Cuaternario aluvial					
COORDENADAS UTM HUSO 30	X	587127	DATOS OBTENIDOS DE:		Gis oleicola	REFERENCIA DE LAS MEDIDAS	BROCAL
	Y	4684423					
COTA DEL SUELO msnm	Z	305	DATOS OBTENIDOS DE:		GPS	ALTURA SOBRE EL SUELO m	0
POLÍGONO		8			PARCELA	373	
TITULARIDAD DEL TERRENO		Ayuntamiento de Calahorra					
PERSONA DE CONTACTO							
ACCESO							

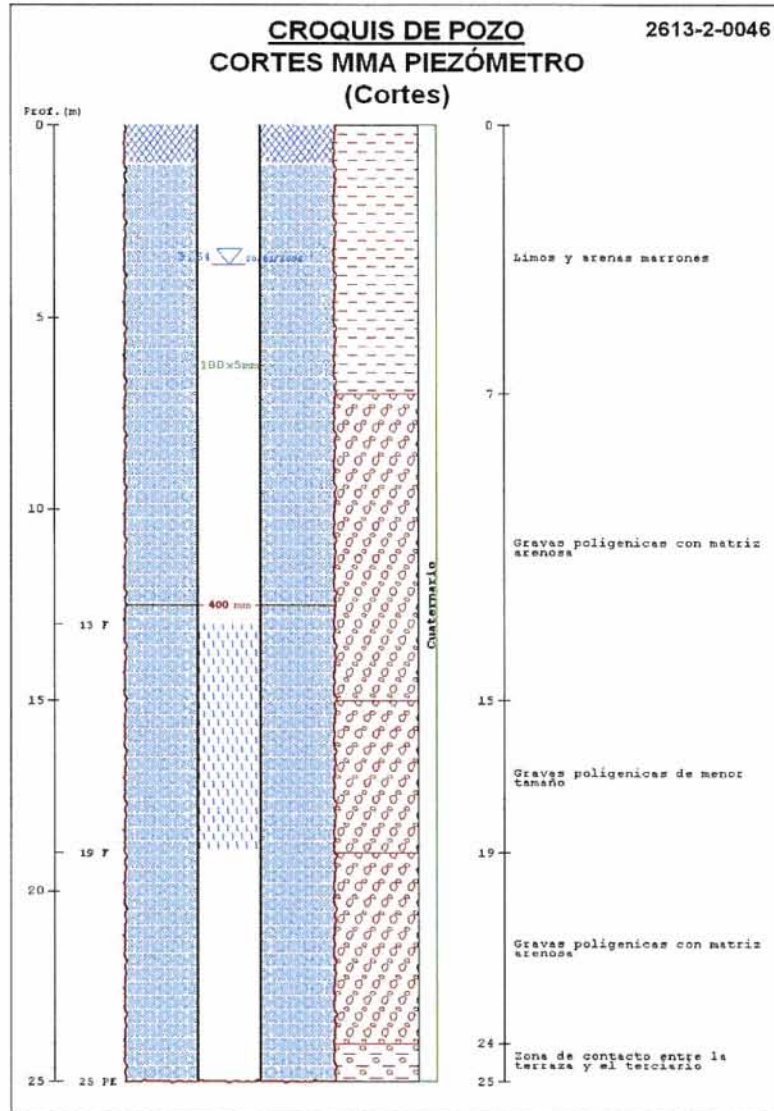
CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y DE USO											
METODO		PROFUNDIDAD DEL SONDEO						EMPAQUE		Si	
PERFORACIÓN (m)			ENTUBACIÓN (m)				FILTROS (m)			CEMENTACION	
DESDE	HASTA	Ø(mm)	DESDE	HASTA	Ø(mm)	NATURAL.	DESDE	HASTA	NATURALEZA	DESDE	HASTA
0	20	400	0	20	180	Metálica	13	19	Puentecillo	0	1

HISTORIA	
PERTENECE A REDES HISTÓRICAS	No PERIODO DE MEDIDAS
ORGANISMO	

LOCALIZACIÓN	
<p>UBICACIÓN DEL SONDEO</p> 	<p>FOTO AÉREA</p> 



# CROQUIS DEL SONDEO Y DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA SUCINTA



## FOTOGRAFÍAS DEL EMPLAZAMIENTO : ENTORNO Y DETALLE

