

## **INFORME PIEZÓMETRO DE MORADILLO DE SEDANO: 09.102.02**



## **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. TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA**

### **9. ENTUBACIÓN REALIZADA**

### **10. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS**

### **11. HIDROQUÍMICA**

### **12. CONCLUSIONES**

## **ANEJOS**

**ANEJO Nº 0: REPLANTEO Y PERMISOS DE OCUPACIÓN**

**ANEJO Nº 1: INFORMES DIARIOS DE PERFORACIÓN**

**ANEJO Nº 2: INFORME GEOLÓGICO**

**ANEJO Nº 3: GEOFÍSICA**

**ANEJO Nº 4: ENSAYO DE BOMBEO**

**ANEJO Nº 5: ANÁLISIS QUÍMICOS REALIZADOS**

**ANEJO Nº 6: FICHA I.P.A. Y FICHA 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 rotoperCUSión 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**

Piezómetro ubicado en la zona donde se encajan los ríos Ebro, Rudrón y Moradillo en los extensos páramos de Sédano y Lora. Registra los niveles del acuífero del 02.03 Cretácico superior.

Está emboquillado en el tramo carbonatado superior del Cretácico superior (Campaniense) para captar, tras atravesar el tramo margoso del Santoniense, el acuífero de Calizas con Lacazinas, también del Santoniense, en la zona de tránsito entre la recarga que se produce en el páramo de Sédano y la descarga que se dirige hacia el río Rudrón o Ebro. El acuífero se encuentra fuertemente confinado por el tramo margoso del Cretácico superior.

## 2. LOCALIZACIÓN

El piezómetro está situado en el paraje Riyuela del término municipal de Moradillo de Sedano. A este emplazamiento se accede desde la carretera de Moradillo de Sedano a Quintanaloma. Al entrar en el municipio de Moradillo de Sedano se toma el primer camino a la izquierda, que cruza un río. Un poco más delante a mano izquierda se ubica el sondeo.

Las coordenadas exactas del punto son:

X= 442896

Y= 4727803

Z= 820 m.s.n.m.



Figura 1. Ubicación del piezómetro de Moradillo De Sedano sobre la GIS - OLEÍCOLA

### 3. SITUACIÓN GEOLÓGICA

Como se puede observar en la Figura 2, el sondeo se encuentra emboquillado en materiales del Cretácico Superior que se diferencian dentro del Mapa Geológico de la Cuenca del Ebro como unidad 460, de edad Campaniense. Se corresponden con la unidad  $C_{24-25}^3$  de la Hoja MAGNA nº 135 (Sedano) de edad Santoniense terminal-Campaniense, siempre según la Cartografía MAGNA. Esta unidad presenta una edad coherente con trabajos de referencia más recientes, como los llevados a cabo por Floquet (1991) y Martín-Chivelet *et al.* (2002). Estos trabajos denominan a esta unidad como Fm. Tubilla del Agua.

El piezómetro se encuentra situado sobre el flanco Norte de un sinclinal muy amplio de dirección NO-SE, denominado Sinclinorio de Sedano y de escasa pendiente, constituido por materiales carbonatados de edad Cretácico Superior (Campaniense), que afloran en superficie. Los buzamientos observables oscilan entre los 5 y los 15 grados hacia el Sur. No obstante el piezómetro se encuentra emboquillado sobre unos materiales que constituyen un recubrimiento Cuaternario sobre los materiales citados del Cretácico Superior.



## 4. MARCO HIDROGEOLÓGICO

El sondeo se localiza en el dominio hidrogeológico 1 "Vasco – Cantábrico". Este dominio queda limitado al sur por el cabalgamiento surpirenaico, al este por el río Arga y en el resto por el límite de los afloramientos permeables más próximos al límite de la cuenca. Se caracteriza por la abundancia de formaciones carbonatadas karstificadas, del Cretácico superior y del Eoceno, en estructuras sinclinales (Villarcayo), parameras (La Lora, Urbasa, Andía, Lóquiz, Aralar) que facilitan el desarrollo de acuíferos libres muy extensos, y conglomerados terciarios. Para el ITGE (1.970 – 1.982) se trataba de los Sistemas Acuíferos 64 (Cretácico de La Lora y Sinclinal de Villarcayo), 65 (Paleoceno del Condado de Treviño y Mesozoico de la sierra de Cantabria), 66 (Paleoceno de la Sierra de Urbasa) y 07 (Calizas Mesozoicas de la Sierra de Aralar).

Se sitúa dentro de la unidad hidrogeológica 102 "Sedano La Lora", correspondiente a la masa de agua subterránea con Código 090.002 también denominada "Páramo de Sedano y Lora", y el acuífero a controlar es de edad Cretácico Superior (Santoniense), constituido por calcarenitas bioclásticas.

El acuífero carbonatado santoniense de la masa de agua 090.002 es un acuífero predominantemente libre de 796,6 km<sup>2</sup> de superficie. El acuífero principal, de edad Cretácico superior, está constituido por un conjunto calcáreo formado por tres litologías: calcarenitas y calizas arenosas del Cenomaniense con potencia entre 40-100 m; calizas dolomitizadas del Turoniense-Santoniense inferior, de espesor 100-200 m; y calcarenitas bioclásticas del Santoniense medio-superior de 80-150 m de espesor. Además de este acuífero, aparecen otros de menor importancia: Carbonatos del Rethiense-Sinemuriense (110 m), arenas de Utrillas (125-150 m), conglomerados calcáreos del Mioceno (100 m) y Cuaternario formado por aluviales y terrazas. Estos materiales se disponen formando amplias mesetas estructurales con pliegues muy suaves y de gran amplitud, que se ven modificadas únicamente por el diapiro de Poza de la Sal.

La estructura es atravesada por los ríos provocando que los principales acuíferos se desconecten entre sí. Al SE los materiales cretácicos se sumergen bajo el terciario de la Bureba, llegando a alcanzar profundidades de hasta 700 metros de profundidad según sondeos petrolíferos. La recarga se debe a las precipitaciones infiltradas en los afloramientos permeables. La descarga natural se realiza hacia el río Ebro y a través de manantiales. Es destacable el sumidero de Basconillos del Tozo por el que se infiltra totalmente el río Hurón y que da lugar aguas abajo al nacimiento del río Rudrón.

El piezómetro se encuentra situado sobre el flanco noreste de un sinclinal muy amplio y de escasa pendiente, constituido por materiales carbonatados de edad Cretácico Superior, que afloran en superficie.

(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 rotoperforación ST30/1400 sobre camión, un grupo compresor Atlas con grúa autocarga, compresor INGERSOLL – RAND.

## **6. DATOS DE LA PERFORACIÓN**

La perforación se inició el 23 de octubre de 2004 a las 10:30 horas y se terminó el 25 de octubre de 2004 a las 18:30 horas.

La perforación se inició con el martillo de diámetro 315 mm, pero debido a que el avance es muy lento se cambió al martillo de 380 mm de diámetro. Se realizó un emboquille de 11 m de profundidad, perforado con un diámetro de 380 mm y entubado con tubería metálica ciega de 300 mm de diámetro y 5 mm de espesor, para garantizar que se sobrepasa el relleno procedente del barranco cercano. A partir del metro 10 se detecta humedad constante.

Los 189 m restantes se perforaron con el martillo de 220 mm y 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. En el metro 65, al atravesar unas calcarenitas, se corta un nivel de agua que aporta un caudal muy elevado (caudal estimado 30-40 l/s), haciendo que el rendimiento de perforación disminuya hasta 8 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. Descripción de campo de la columna perforada:

0-7 m	Relleno arcilloso con bastantes cantos.
7-10 m	Calcarenita marrón clara con bastante fracción arcillosa.
10-30 m	Calcarenita marrón – rojiza sin fracción arcillosa.
30-57 m	Alternancia de calcarenita gris, marga gris, caliza margosa gris y bioesparita con foraminíferos.
57-65 m	Calcarenita rojiza con cemento y matriz arenosa.
65-100 m	Alternancia de calcarenita crema (formada por restos de bivalvos y foraminíferos) y caliza rojiza.
120-155 m	Calcarenitas de color crema con restos orgánicos. Se reconoce alguna lacazina.
155-200 m	Caliza recristalizada gris y ocre con restos orgánicos.

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

La edad de las litologías atravesadas, según el informe geológico del IGME, es la siguiente:

De 0 m a 7 m - Cuaternario

De 7 m a 57 m – Fm Tubilla del Agua. Santoniense Superior.

De 57 m a 70 m – Mb. San Pantaleón. Santoniense Superior.

De 70 m a 128 m – Fm Nocado de Burgos. Santoniense Inferior – Medio.

De 128 m a 200 m – Fm. Nidaguila. Coniaciense Superior.

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

## **8. TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA**

La testificación geofísica se realizó el día 26 de octubre de 2004. En ella se registraron los parámetros de gamma natural, potencial espontáneo y resistividad, así como la verticalidad y desviación de la perforación. En ella se observó que los principales aportes se localizan entre los 65 metros y los 160 metros, distribuidos en 6 tramos: tramo de 63,5 m a 67,5 m; tramo de 87 m a 91 m; tramo de 109,5 m a 112 m; tramo de 117 m a 119,5 m; tramo de 133 m a 138 m; tramo de 156 m a 160 m.

La distancia máxima de desviación con la vertical a los 200 m de profundidad fue de 11,67 metros, en dirección W (el acimut mantiene una media aproximada de 263°). El sondeo comienza a desviarse desde el principio hasta alcanzar una inclinación máxima de 5,44°.

El nivel de agua se situó a 9 m de profundidad.

La geofísica marcó unos cambios litológicos claros en torno al metro 57 y al metro 180.

Con esos valores, se diseñó la columna de entubación y la profundidad a la que colocar los tramos de tubería filtrante (tipo puentecillo).

## 9. ENTUBACIÓN REALIZADA

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

Para la captación de los niveles aportantes se ha colocado tubería filtrante "tipo puentecillo", de 180 mm de diámetro, con una luz de malla de 0,2 mm. La situación de los tramos filtrantes viene dada por los aportes detectados durante la perforación y los datos de potencial espontáneo y resistividad registrados en la testificación geofísica.

Tabla 2, entubación realizada:

REVESTIMIENTO				
Tramo (m)	Diámetro tubería (mm)	Espesor pared (mm)	Tipo	Filtro
0-11	300	5	Acero al carbono	Ciega
0-59	180	4	Acero al carbono	Ciega
59-68	180	4	Acero al carbono	Puente
68-110	180	4	Acero al carbono	Ciega
110-116	180	4	Acero al carbono	Puente
116-152	180	4	Acero al carbono	Ciega
152-158	180	4	Acero al carbono	Puente
158-200	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 la tubería de 180 mm de diámetro a la de 300 mm del emboquille.

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.

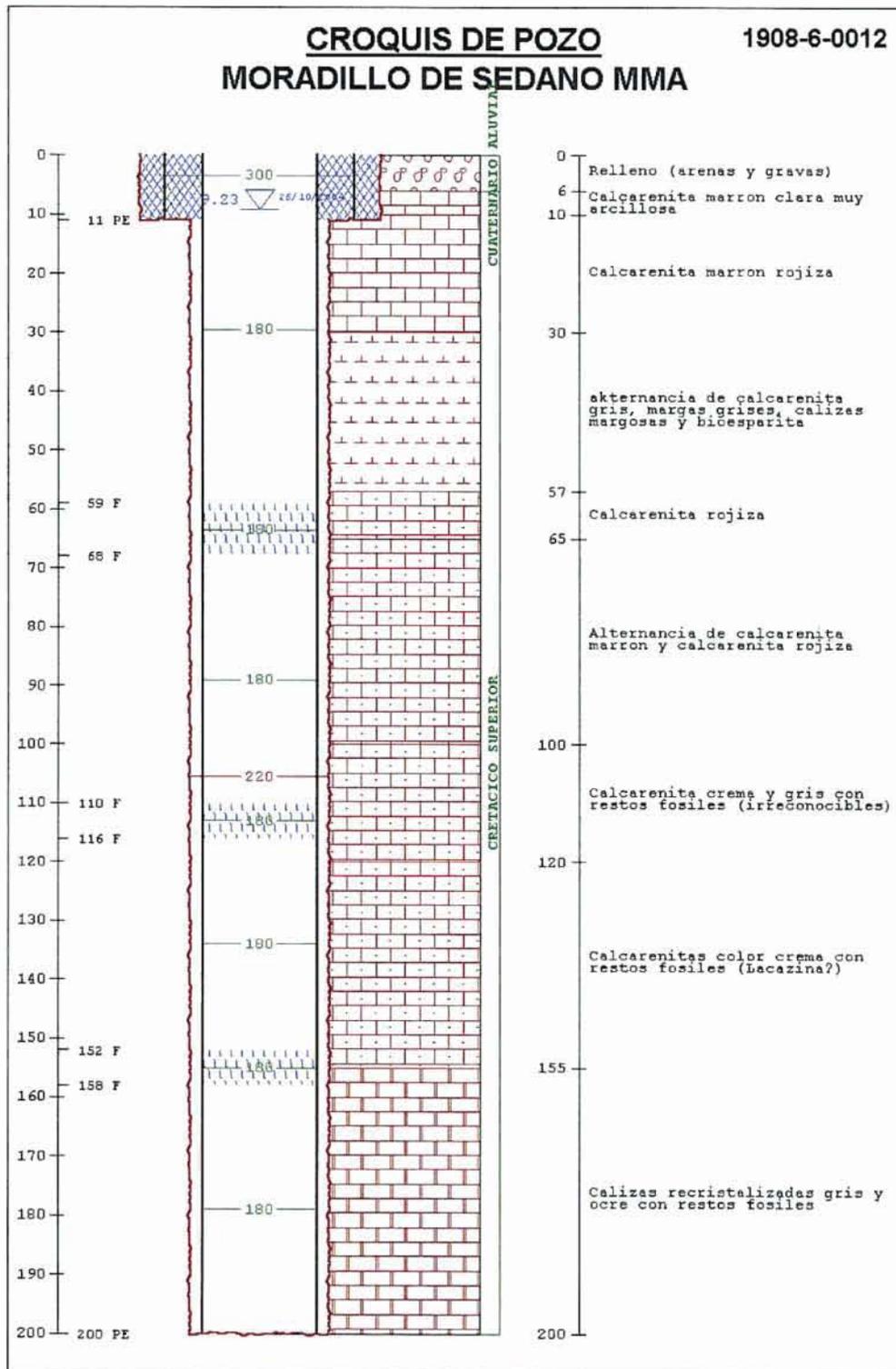


Figura 4. Esquema constructivo con las características litológicas y la entubación realizada en el sondeo.

## 10. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

El acuífero perforado es de edad Cretácico superior, Santoniense.

A partir de los 10 metros de profundidad apareció humedad.

A los 65 metros de profundidad, coincidiendo con un cambio litológico, se detectó un nivel de agua con un aporte de caudal estimado por el sondista de unos 30-40 l/s. El agua salió con mucha turbidez debido a las formaciones rojizas suprayacentes, y, seguramente, al lavado de cavidades con arcillas de descalcificación.

Tabla 3, Datos mensuales de nivel medidos hasta el ensayo de bombeo:

Fecha	Nivel (metros)
26/10/2004	9,23
05/11/2004	5,91
21/12/2004	5,63
20/01/2005	3,91
19/04/2005	2,74
09/05/2005	3,91
18/05/2005	4

### ENSAYO DE BOMBEO Y PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS DEL ACUÍFERO

Durante los días 18 y 19 de mayo de 2005 se realizó un ensayo de bombeo escalonado de 24 horas con su correspondiente recuperación. El nivel estático inicial se situó a 4 m y la profundidad de la aspiración fue de 144,2 m. El primer escalón duró 10 minutos, el caudal medio extraído fue de 8,9 l/s y el descenso del nivel fue de 2,27 m. El segundo escalón duró 35 minutos, el caudal medio extraído fue de 15 l/s y el nivel descendió 1,35 m respecto al primer escalón. El tercer y último escalón duró los 1405 minutos restantes. El

caudal medio fue de 20 l/s. El descenso total del nivel fue de 7,55 m. En ningún momento llegó a estabilizar el nivel sino que fue descendiendo durante las 24 horas de bombeo, aunque muy levemente.

El agua salió totalmente clara a partir de los 15 minutos de ensayo. La conductividad media del agua durante el ensayo fue de 375  $\mu$ S/cm, el pH de 7,5 y la temperatura de 12<sup>o</sup> C. Se tomaron tres muestras de agua para analizar, una a las 6 horas de bombeo, otra a las 12 horas y la última a las 24 horas. A la última muestra recogida se le realizó un análisis de metales pesados, además del análisis habitual (ver resultados análisis de muestras de agua en anejo 5, Análisis químicos realizados).

Tras el bombeo se midió una recuperación de 60 minutos. En ese tiempo el nivel pasó del metro 8,84 al metro 7,80, quedando 3,80 m por recuperar.

Tabla 4, Resumen de la tabla de datos del ensayo de bombeo:

<b>Tiempo de bombeo (minutos)</b>	<b>Profundidad (metros)</b>	<b>Descenso (metros)</b>	<b>Caudal (l/s)</b>
0	4,00	0,00	0,00
1	6,20	2,20	8,9
2	5,85	1,85	8,9
5	6,08	2,08	8,9
10	6,27	2,27	8,9
12	7,34	3,34	15
15	7,42	3,42	15
35	7,62	3,62	15
40	9,10	5,10	20
50	9,06	5,06	20
80	9,09	5,09	20
120	9,38	5,38	20
180	9,63	5,63	20
300	10,00	6,00	20
500	10,46	6,46	20
720	10,89	6,89	20

Tiempo de bombeo (minutos)	Profundidad (metros)	Descenso (metros)	Caudal (l/s)
960	11,10	7,10	20
1080	11,21	7,21	20
1200	11,32	7,32	20
1440	11,55	7,55	20
1441	8,84	4,84	0,00
1442	8,92	4,92	0,00
1445	8,85	4,85	0,00
1450	8,51	4,51	0,00
1460	8,24	4,24	0,00
1480	7,98	3,98	0,00
1500	7,80	3,80	0,00

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 mediante el Método de Jacob, el Método de Theis y el Método Directo (Solución de Theis y Solución de Hantush).

Tabla 5. Parámetros hidrogeológicos del acuífero obtenidos a partir de la interpretación del ensayo de bombeo:

Método	Transmisividad m <sup>2</sup> /día	r <sup>2</sup> .S m <sup>2</sup>	r/B	R. Equiv. m	Δh m
Aprox. Logarítmica (Método de Jacob)	132,98	---	---	---	2,38
Aprox. Logarítmica (Recuperación de Theis)	370,46	---	---	---	0,85
Simulación bombeo (Solución de Theis)	600	6,06 E-5	---	7,21	---
Simulación recuperación (Solución de Theis)	410	6,06 E-5	---	4,68	---
Simulación bombeo (Solución de Hantush)	600	6,06 E-5	5,05 E-5	7,21	---
Simulación recuperación (Solución de Hantush)	0,66	6,06 E-5	6,06 E-5	4,68	---

Se considera que los parámetros obtenidos mediante la simulación del bombeo con la solución de Theis son los adecuados, dada la calidad de la calibración conseguida.

(Los partes, gráficos e interpretación ampliada del ensayo de bombeo se encuentran en el anejo A-4.)

## **11. 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 3 muestras de agua, para su posterior análisis, procedentes de las siguientes fases de la obra:

- Muestra tomada a las 6 horas del inicio de ensayo de bombeo. (Conductividad: 361  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , pH: 7,67.)
- Muestra tomada a las 12 horas del inicio de ensayo de bombeo. (Conductividad: 360  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , pH: 7,63.)
- Muestra tomada al final del ensayo de bombeo (a las 24 horas). (Conductividad: 364  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , pH: 7,8.)

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 MEDIA (según la clasificación en función del total de sólidos disueltos), 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

BICARBONATADA – CÁLCICA (según clasificación de Piper, 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, aunque el contenido en anhídrido silícico supera los 4,4 mg/l.

Respecto a los valores habituales y de referencia de los iones mayoritarios en aguas subterráneas y los marcados por la Directiva 98/83/CE y R.D. 140/2003, no se sobrepasan los límites.

En la última muestra, la de las 24 horas, se han analizado los siguientes metales pesados: aluminio, cadmio, cinc, cobre, cromo, hierro, níquel y plomo.

## **12. CONCLUSIONES**

Se ha construido un piezómetro en el término municipal de Moradillo de Sedano con el objeto de valorar las características del acuífero, determinar la calidad química del recurso y 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 rotoperCUSión. El diámetro de la perforación es de 220 mm y la profundidad alcanzada ha sido de 200 m. Los acuíferos atravesados están constituidos por calizas, de edad Santoniense (Cretácico Superior).

El caudal medio, valorado mediante el correspondiente ensayo de bombeo, está en 20 l/s. Tras realizar la interpretación del ensayo de bombeo, se considera que los parámetros hidrogeológicos del acuífero son:  $T = 600 \text{ m}^2/\text{día}$ ,  $r^2.S = 6,06.10^{-5}$ , radio equivalente = 7,21 m.

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

**ANEJO 0**  
**REPLANTEO Y PERMISOS DE OCUPACIÓN**

PUNTO N° : 3  
PIEZÓMETRO N°: P-09.102.03  
IPA: 1909-3-0011  
TOPONIMIA: Casco urbano de Cernégula  
MUNICIPIO: Merindad de Río Ubierna (Sotopalacios)  
POLÍGONO:  
PARCELA:

**OBSERVACIONES:**

Ubicación inicial de CHE.



**Foto n° 1. Detalle de la ubicación del sondeo según CHE**

En la foto puede verse al fondo los afloramientos de calizas y calcarenitas bioclásticas con lacazinas y miliolidos del Cretácico Superior (Santoniense), a cuyo pié se sitúa una falla de borde que los individualiza del resto de los materiales. En la parte baja de la foto y al otro lado de dicha falla (donde se ubica el sondeo) se pueden ver los materiales sueltos de un coluvión cuaternario constituido por gravas, arenas y grandes bloques de calizas del cretácico, envueltos en una matriz arcillosa. Lógicamente este coluvión reposa discordantemente sobre arcillas rojas, arenas, areniscas y conglomerados de la F. Bureba. Por consiguiente la ubicación elegida en el proyecto constructivo no cumpliría los objetivos que pretende, ya que en los 130 metros previsto de perforación no se cortarían los materiales cretácicos y sí los del cuaternario y terciario citados.

La falla que aparece en dicha zona tiene dirección N130E y con una componente de desgarre importante, cuyo salto es del orden de 3-4 km. Esta dirección es paralela a la de la falla del Urbell, situada a unos 12 km al SW. Ligado a la falla de Cornegula se encuentran asociados algunos manantiales, como el de Notoria y el de la Laguna de Ventaperra.

El día 19/04/05 se visitó de nuevo la zona en compañía de D. Eloy García Melgosa (vecino de pueblo) persona designada por el alcalde para el reconocimiento de la zona. Se decidió el nuevo emplazamiento en terrenos municipales en el denominado paraje de Alto del Pulpito nueva coordenada U.T.M. obtenida con GPS es:

- X=449009
- Y=4.722.276
- Z=1.040 m.s.n.m.



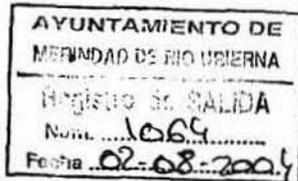
Foto nº 1. Ubicación del sondeo. Alto del Pulpito.

Lo metros totales de perforación se estiman en 200. El nuevo punto si cubriría el objetivo hidrogeológico que se pretende en el proyecto constructivo.

La solicitud de disponibilidad de terrenos se debe enviar a:

***S.R. Alcalde Presidente de la Merindad de Río Ubierna.  
Francisco Gutierrez Sedano.  
09140 Sotopalacios. Burgos.***

**AYUNTAMIENTO MERINDAD DE RIO UBIERNA**  
(BURGOS)



MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE  
CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL EBRO  
OFICINA DE PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA  
Paseo de Sagasta, N° 24-28  
50071 ZARAGOZA



**FECHA: 28 DE JULIO DE 2.004**  
**ASUNTO: SOLICITUD DE DISPONIBILIDAD DE TERRENOS EN EL**  
**PARAJE "QUIÑONES" SITO EN LA MOLINA DE UBIERNA.**

Con esta fecha damos traslado a la Junta Vecinal de La Molina de Ubierna de su solicitud sobre ocupación de terrenos y ello porque este Ayuntamiento no dispone de fincas de su propiedad en el paraje indicado.

A los efectos oportunos.

Atentamente.

Fdo. Francisco Gutiérrez Segano.



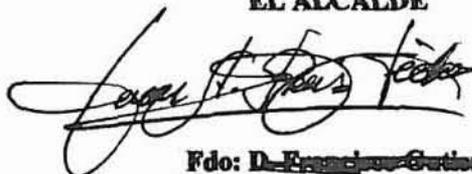
**AYUNTAMIENTO**  
**de**  
**MERINDAD DE RÍO UBIERNA (Burgos)**

De conformidad con su escrito referente a la **SOLICITUD DE DISPONIBILIDAD DE TERRENOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OBSERVACIÓN DE UN PIEZÓMETRO**, se hace constar que por Acuerdo de Pleno, de fecha ... de ..... de 2004, se autoriza a la Confederación Hidrográfica del Ebro a:

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 09.102.03 en terreno público de este municipio, en el paraje "Los Casares sito en Cernégula" o similar.
- ~~2. La ocupación durante un periodo de treinta años, prorrogable al término del mismo, de un espacio de unos 3 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.

En Merindad de Río Ubierna, a .... de ..... de 2004

**EL ALCALDE**



Fdo: ~~D. Francisco Gutiérrez Sedano~~

Juan Antonio Ruiz Fernandez

**Ilmo. Sr. JEFE DE LA OFICINA DE PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA DE LA  
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO**

# **ANEJO 1**

## **INFORMES DIARIOS DE PERFORACIÓN**

**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> 23/10/04	<b>Nº pag.:</b>
<b>Nº SONDEO:</b> P-09.102.02	<b>POBLACIÓN:</b> Cella (Teruel)
<b>PERFORACIÓN</b>	<b>PROF.:</b>
<b>INICIO:</b> 23/10/04	<b>SISTEMA:</b> ROTOPERCUSIÓN
<b>DIAMETRO:</b> 380 y 315 mm	
<b>VELOCIDAD MEDIA DE AVANCE:</b> 30 m/hora (con 220 mm)	

**OBSERVACIONES DE LA VISITA DE CAMPO**

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

La máquina de perforación del Equipo 1 se instala a las 10:00.

A las 10:30 comienza la perforación. Diámetro inicial 315 mm. Debido a que el avance es muy lento se cambia a perforar a 380 mm.

A las 11:30 se quedan cambiando el martillo.





**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



---

*A falta de realizar mañana, una comprobación de campo más exhaustiva, se comprueba con la serie descrita en el corte geológico, como parece que el sondeo ha entrado en el Santoniense a partir del metro 30 por lo que el nivel interceptado sería, en principio, el buscado en esta investigación.*

*Fdo: Antonio Sanchez Lallana.*

---

<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> 24/10/04	<b>Nº pag.:</b>
<b>Nº SONDEO:</b> P-09.102.02 <b>PROF.:</b> 300 METROS	<b>POBLACIÓN:</b> MORADILLO DE SEDANO (BURGOS)
<b>PERFORACIÓN</b>	
<b>INICIO:</b> 23/10 /04 <b>DIAMETRO:</b> 380 y 220 mm	<b>SISTEMA:</b> ROTOPERCUSIÓN
<b>VELOCIDAD MEDIA DE AVANCE:</b> 8 m/hora	

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

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

*Ayer se realizó el emboquille con diámetros 380 mm. Se perforó 11 metros par garantizar que se sobrepasa el relleno procedente del barranco cercano.*

*Las coordenadas medidas con el GPS, son las siguientes: 0442789, 4727588, 821 m.*

*Desde el metro 10, se ha detectado una humedad constante.*

*En el momento de atravesar unas calcarenitas a 65 metros, se corta un nivel de agua que aporta un caudal muy elevado (el sondista estima que unos 30-40 l/sg). La presión de trabajo sube a 21 kg/cm2 y el rendimiento de perforación disminuye hasta 8 metros /hora. El agua sale con mucha turbidez debida a los formaciones rojizass suprayacentes, y , seguramente , al lavado de cavidades con arcillas de descalcificación. El cauda evacuado se canaliza al barranco cercano; se comprueba que estos caudales no provocan ningún problema aguas abajo.*

*La testificación de a serie perforada hasta las 13:30 horas, es la siguiente:*

*0-7 m. Relleno arcilloso con bastante grava.*

*7-10 m. Calcarenita marrón clara con bastante fracción arcillosa.*

*10-30 m. Calcarenita marrón-rojiza sin fracción arcillosa.*

*30-57 m. Alternancia de calcarenita gris, marga gris, caliza margosa gris y bioesparita con foraminíferos.*

*57 –65 m. Calcarenita rojiza con cemento y matriz arenosa. Es más frágil.*

*65 – 85 m. Alternancia de calcarenita marrón (formada por restos de bivalvos y foraminíferos) y calcarenita rojiza.*



**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> 25/10/04	<b>Nº pag.:</b>	
<b>Nº SONDEO:</b> P-09.102.02	<b>POBLACIÓN:</b> Moradillo de Sedano	<b>PROF.:</b>
<b>PERFORACIÓN</b>		
<b>INICIO:</b> 23/10/04	<b>SISTEMA:</b> ROTOPERCUSIÓN	
<b>DIAMETRO:</b> 380, 315 y 220 mm		
<b>VELOCIDAD MEDIA DE AVANCE:</b> 6 m/hora (con 220 mm del metro 130 al 135)		

**OBSERVACIONES DE LA VISITA DE CAMPO**

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

Estado de la perforación:

A las 9:30 han alcanzado 127 m.

A las 13:00 la profundidad alcanzada es de 147 m.

La velocidad de avance medida entre el metro 130 y 135 es de 6 m/h.

La columna de materiales atravesados hasta este momento es la siguiente:

0 m – 7 m: Relleno arcilloso con bastantes cantos.

7 m – 10 m: Calcarenita marrón clara con bastante fracción arcillosa.

10 m – 30 m: Calcarenita marrón rojiza sin fracción arcillosa.

30 m – 57 m: Alternancia de calcarenita gris, marga gris, caliza margosa gris y bioesparita con foraminíferos.

57 m – 65 m: Calcarenita rojiza con cemento y matriz arenosa.

65 m – 100 m: Alternancia de calcarenita crema, (formada por restos de bivalvos y foraminíferos) y caliza rojiza.

100 m a 120 m: Calcarenita gris, gris oscura y crema con abundantes restos orgánicos irreconocibles.

120 m a 147 m: Calcarenitas de color crema con restos orgánicos. Se reconoce alguna lacazina.

Sigue saliendo agua en gran cantidad desde el metro 65 lo que impide tomar muestra metro a metro. Se toma una muestra en cada barra de 5 m.

El agua sale bastante clara. Se toma una muestra (348 microsiemens/cm y Temperatura 11,5°C).

Calibrando el altímetro en el sondeo a 821 ms.n.m. la cota del Pozo Azul de Covanera (descarga regional del acuífero) es de 700 ms.n.m. Por tanto en la actualidad ya está por debajo de la cota de descarga del acuífero.

La interpretación geológica de la columna de materiales atravesados parece ser la siguiente:

7 m de relleno cuaternario.

De 7 m a 30 m: Campanéense.

De 30 m a 57 m: Calizas margosas y margas del Santiense superior.

De 57 m a 147 m: Calcarenitas con Lacazina del Santiense medio y superior.



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



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

**FECHA:** 25/10/04 (continuación) **Nº pag.:**

**Nº SONDEO:** P-09.102.02 **POBLACIÓN:** Moradillo de Sedano **PROF.:**

**PERFORACIÓN**

**INICIO:** 23/10/04 **SISTEMA:** ROTOPERCUSIÓN

**DIAMETRO:** 380, 315 y 220 mm

**VELOCIDAD MEDIA DE AVANCE:** 6 m/hora (con 220 mm del metro 130 al 135)

**OBSERVACIONES DE LA VISITA DE CAMPO**

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

Estado de la perforación:

A las 9:30 han alcanzado 127 m.

A las 13:00 la profundidad alcanzada es de 147 m.

A las 19:00 han alcanzado 190 m.

El sondeo se da por finalizado a las 20:00 a una profundidad de 200 m.

La velocidad de avance medida entre el metro 130 y 135 es de 6 m/h.

En el metro 150 la velocidad de avance sube a unos 12 m/h.

La columna de materiales atravesados hasta este momento es la siguiente:

0 m – 7 m: Relleno arcilloso con bastantes cantos.

7 m – 10 m: Calcarenita marrón clara con bastante fracción arcillosa.

10 m – 30 m: Calcarenita marrón rojiza sin fracción arcillosa.

30 m – 57 m: Alternancia de calcarenita gris, marga gris, caliza margosa gris y bioesparita con foraminíferos.

57 m – 65 m: Calcarenita rojiza con cemento y matriz arenosa.

65 m – 100 m: Alternancia de calcarenita crema, (formada por restos de bivalvos y foraminíferos) y caliza rojiza.

100 m a 120 m: Calcarenita gris, gris oscura y crema con abundantes restos orgánicos irreconocibles.

120 m a 155 m: Calcarenitas de color crema con restos orgánicos. Se reconoce alguna lacazina.

155 m a 200 m: Caliza recrsitalizada gris y ocre con restos orgánicos.

Sigue saliendo agua en gran cantidad desde el metro 65 lo que impide tomar muestra metro a metro. Se toma una muestra en cada barra de 5 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



El agua sale bastante clara. Se toma una muestra (348 microsiemens/cm y Temperatura 11,5°C).

Calibrando el altímetro en el sondeo a 821 ms.n.m. la cota del Pozo Azul de Covanera (descarga regional del acuífero) es de 700 ms.n.m. Por tanto en la actualidad ya está por debajo de la cota de descarga del acuífero.

La interpretación geológica de la columna de materiales atravesados parece ser la siguiente:

7 m de relleno cuaternario.

De 7m a 30 m: Campanéense.

De 30 m a 57 m: Calizas margosas y margas del Santoniense superior.

De 57 m a 155 m: Calcarenitas con Lacazina del Santoniense medio y superior.

De 155 m a 200 m: Podría corresponder a las margas calcáreas del Santoniense medio pero debido a la gran cantidad de agua solo observamos en las muestras los tramos más competentes.

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



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

**FECHA:** 26/10/04

**Nº pag.:**

**Nº SONDEO:** P-09.102.02

**POBLACIÓN:** Moradillo de Sedano

**PROF.:**

**PERFORACIÓN**

**INICIO:** 23/10/04

**SISTEMA:** ROTOPERCUSIÓN

**DIAMETRO:** 380, 315 y 220 mm

**VELOCIDAD MEDIA DE AVANCE:** 6 m/hora (con 220 mm del metro 130 al 135)

**OBSERVACIONES DE LA VISITA DE CAMPO**

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

Estado de la perforación:

El sondeo se da por finalizado el 25-10-04 a las 20:00 a una profundidad de 200 m.

El esquema de la perforación ha sido:

De 0 a 11 m diámetro de 380 mm.

De 11 a 200 m diámetro de 220 mm.

Se realiza la testificación del sondeo observándose:

- El nivel del agua ha ascendido hasta los 9 m.
- Los tramos más productivos se localizan entre los 65 m y los 160 m.
- El sondeo se ha desviado en dirección W una distancia de 11,7 m al final.
- La geofísica marca unos cambios litológicos claros en torno a 57 m y a en 180m.

Teniendo en cuenta que el sondeo estuvo prácticamente seco hasta el metro 65, registrándose en este punto un impresionante caudal de agua consideramos que el acuífero del Santoniense se encontraba en carga por lo que se ha producido el ascenso del nivel. Si el nivel correspondiera a un nivel superior parece claro que se detectaría una caída del agua al nivel regional.

Tras el metro 65 los sondistas no han detectado un incremento del caudal.

Con estas consideraciones y apoyados por la testificación geofísica reunidos Sergio Yeste y Jesús Serrano se propone la realización del siguiente esquema de entubación:

- De 0 m a 59 m: Tubería ciega.
- De 59 m a 68 m: Filtro de puentecillo.
- De 68 m a 110 m: Tubería ciega.
- De 110 m a 116 m: Filtro de puentecillo.
- De 116 m a 152 m: Tubería ciega.
- De 152 m a 158 m: Filtro de puenecillo.
- De 158 m a 200 m: Tubería ciega.

La entubación del pozo comienza sobre las 13:30.

Fdo: Jesús Serrano Morata



Entubación del sondeo

Nivel estático sondeo finalizado:

5/11/2004 (12:50): 5,91 m.



## **ANEJO 2**

# **INFORME GEOLÓGICO**





MINISTERIO  
DE EDUCACION  
Y CIENCIA



Instituto Geológico  
y Minero de España

**INFORME GEOLÓGICO**

**PIEZÓMETRO N° 1908-6-0012  
(P-09.102.02)**

**MORADILLO DE SEDANO (BURGOS)**

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 del sondeo realizado por la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) en las inmediaciones de la localidad de Moradillo de Sedano 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.

El sondeo se ha realizado mediante la técnica de Rotopercusión con recuperación de "ripios" de la perforación y toma de muestras cada 5 metros. La perforación se inició con el martillo de diámetro 315 mm, pero debido a que el avance es muy lento se cambió al martillo de 380 mm de diámetro. Se realizó un emboquille de 11 m de profundidad, perforado con un diámetro de 380 mm y entubado con tubería metálica ciega de 300 mm de diámetro y 5 mm de espesor, para garantizar que se sobrepasa el relleno procedente del barranco cercano. A partir del metro 10 se detecta humedad constante. Los 189 m restantes se perforaron con el martillo de 220 mm y 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.

Presenta la siguiente disposición: De 0 a 59 m tubería ciega. De 59 m a 68 m filtro de puentecillo. De 68 m a 110 m tubería ciega. De 110 m a 116 m filtro de puentecillo. De 116 m a 152 m tubería ciega. De 152 m a 158 m filtro de puentecillo. De 158 m a 200 m tubería ciega.

Para proceder a la elaboración de la columna de sondeo se han estudiado las muestras de estos "ripios" 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 diagramas 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 cuyo código de identificación es 1908-6-0012 (P-09.102.02) se localiza en el término municipal de Moradillo de Sedano. El piezómetro está situado en el paraje Riyuela del término municipal citado. A este emplazamiento se accede desde la carretera de Moradillo de Sedano a Quintanaloma. Al entrar en el municipio de Moradillo de Sedano se toma el primer camino a la izquierda, que cruza un río. Un poco más delante a mano izquierda se ubica el sondeo. Las coordenadas exactas del punto son: X= 442.750, Y= 4 728.300, Z= 850 m.s.n.m. (Fig.1).

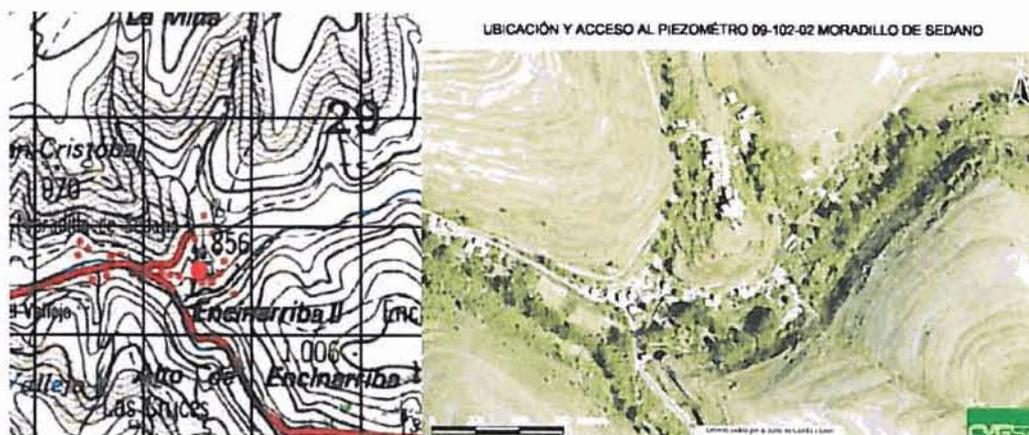


Fig. 1. Situación geográfica del sondeo y ortofoto (tomadas del Visor SIGPAC). El cuadrículado del mapa topográfico equidista 500 metros.

## SITUACIÓN GEOLÓGICA

### EMPLAZAMIENTO Y ESTRUCTURA GEOLÓGICA

Como se puede observar en la Figura 2, el sondeo se encuentra emboquillado en materiales del Cretácico Superior que se diferencian dentro del Mapa Geológico de la Cuenca del Ebro como unidad 460, de edad Campaniense. Se corresponden con la unidad  $C^3_{24-25}$  de la Hoja MAGNA nº 135 (Sedano) de edad Santoniense terminal-Campaniense, siempre según la Cartografía MAGNA. Esta unidad presenta una edad coherente con trabajos de referencia más recientes, como los llevados a cabo por Floquet (1991) y Martín-Chivelet *et al.* (2002). Estos trabajos denominan a esta unidad como Fm. Tubilla del Agua.

El piezómetro se encuentra situado sobre el flanco Norte de un sinclinal muy amplio de dirección NO-SE, denominado Sinclinorio de Sedano y de escasa pendiente, constituido por materiales carbonatados de edad Cretácico Superior (Campaniense), que afloran en superficie. Los buzamientos observables oscilan entre los 5 y los 15 grados hacia el Sur. No obstante el piezómetro se encuentra emboquillado sobre unos materiales que constituyen un recubrimiento Cuaternario sobre los materiales citados del Cretácico Superior.

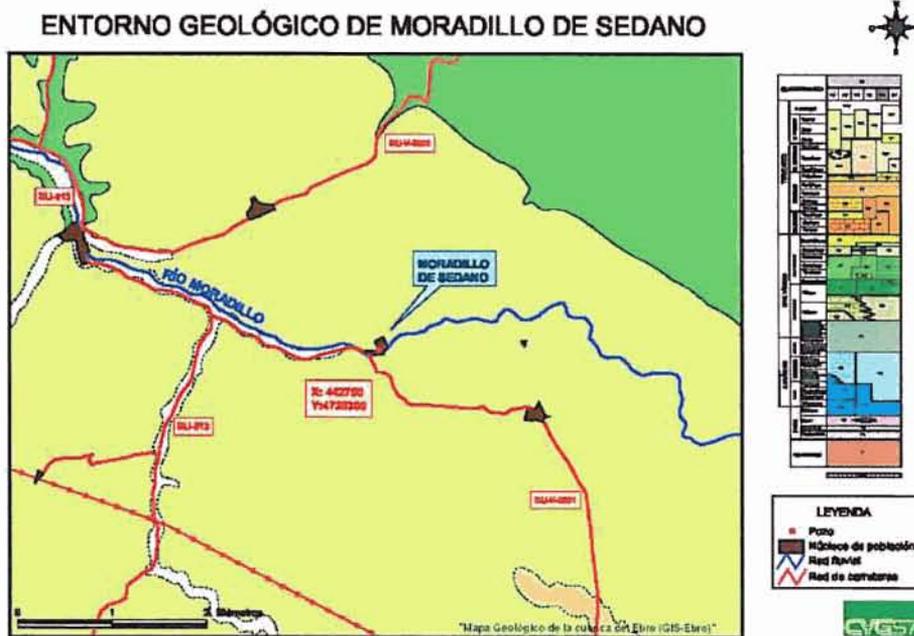


Fig.2. Situación del sondeo en la Cartografía Geológica de la Cuenca del Ebro. GIS-Ebro.

### FORMACIONES GEOLÓGICAS ATRAVESADAS

Los primeros metros del sondeo atraviesan un fino recubrimiento de materiales Cuaternarios, muy probablemente de origen aluvial e integrados por gravas y arcillas de colores marrones a negruzcos. Estos materiales son cortados hasta aproximadamente el metro 6-7 del sondeo.

Los materiales atravesados desde aproximadamente el metro 6-7, hasta el final del sondeo, forman parte de la Megasecuencia del Cretácico Superior. Los materiales más modernos de esta parte del sondeo presentan una edad de Campaniense inferior, siempre según la Hoja Magna (135-Sedano).

Siguiendo la nomenclatura litoestratigráfica de Floquet (1991), que parece más idónea debido a su mayor precisión, estos materiales primeramente cortados formarían parte de la denominada Fm. Tubilla del Agua, que si bien se extiende hasta el Campaniense basal, la mayor parte de su tiempo de depósito fue durante el Santoniense superior.

Esta unidad presenta una amplia variabilidad litológica. La parte superior de la misma está compuesta por un miembro calcáreo-margoso con Lacazinas y calcarenitas. Esta parte de la unidad es la que se atraviesa entre los metros 7 y 57, siendo los primeros metros los más representativos de la parte calcarenítica.



El miembro inferior de esta unidad, que se denomina Mb. San Pantaleón de Losa, se caracteriza por calcarenitas rojas bioclásticas poco cementadas y muy porosas. Este tramo, que suele ser fácilmente identificable, es el que se atraviesa entre los metros 57 y 70. Tradicionalmente estas unidades se han tratado como depositadas en un ambiente marino y en relación con aportes deltaicos, antes de la somerización del mismo y la implantación de los frentes y llanuras deltaicas (Floquet, 1991).

Por debajo de esta unidad aparece la Fm. Nocedo de Burgos, cuya edad va desde el Santoniense inferior hasta el superior. Se caracteriza por la presencia de calizas y dolomías sin tanta influencia siliciclástica y con abundantes términos granosostenidos peloidales, con bioclastos. En su parte media dominan la biomicritas, de ambientes más abiertos. Esta unidad es atravesada desde el metro 70 al 128, representando la parte más abierta los metros 100-110. Esta unidad se interpreta como depositada en un ambiente de plataforma media, de energía más o menos elevada y buena circulación marina.

La última de las unidades atravesadas en este sondeo, es la Fm. Nidaguila, que es predominantemente calco-margosa a margosa en función de la situación geográfica. En este caso se trata más de la primera de las opciones. Las calizas típicas de esta unidad son micríticas con influencia margosa notoria y con bioclastos propios de medios abiertos. Esta unidad es la que se atraviesa a partir del metro 128. Se puede interpretar como depositada en una plataforma abierta al mar, en unas condiciones energéticas bajas.

#### *COLUMNA LITOLÓGICA.*

##### **TRAMO 1**

0-7 m. Gravas de tonalidades muy diversas, dispersas en arcillas marrones muy plásticas.

##### **TRAMO 2**

7-27 m. Calcarenitas amarillentas y rojizas, generalmente de grano fino. Los granos identificados son predominantemente cuarzosos, aunque puede haber una proporción variable de líticos. Estos granos flotan en una matriz micrítica de tonos amarillentos. De modo ocasional acompañando a estos granos puede haber peloides en proporciones significativas. Hacia la parte inferior del tramo, la secuencia se hace más carbonatada a base de reducir la entrada de siliciclásticos. Se observan fantasmas de bioclastos, así como fragmentos de conchas que podrían atribuirse a ostreidos. Las texturas no suelen ser muy elevadas (*wackestone*), si bien de modo puntual se puede llegar a *packstone*. De forma muy puntual se reconocen alguna de estas facies previamente descritas, incipientemente dolomitizada.



A partir del metro 10 se registra humedad de modo continuo en las muestras.

### TRAMO 3

27-57 m. Dolomías grises con eventuales intercalaciones de calcarenitas amarillas y calizas blanquecinas.

Las dolomías pueden presentarse bajo dos formas principales. En primer lugar, aparece una facies dolomítica de grano fino, poco porosa, con granos microcristalinos. Es frecuente en este litotipo encontrar fantasmas de lo que pudieron ser organismos bioconstructores, muy posiblemente rudistas o corales. Por otra parte, aparecen dolomías de grano medio, con una porosidad más elevada y que de modo ocasional pueden dar el aspecto de sacaroides.

Las calcarenitas están compuestas por granos de cuarzo que flotan en una matriz micrítica. La textura de la misma, tratándola como a una caliza, sería de *wackestone*. Pueden presentar restos de bioclastos (bivalvos).

Por último, de manera puntual, se reconocen calizas con dos facies diferentes. En primer lugar, aparece una facies de *packstone* bioclástico bastante fragmentado, con bivalvos sobre todo, aunque también serpúlidos y foraminíferos, de entre los que destacan las Lacazinas. La segunda de las posibilidades es la presencia de un *grainstone* peloidal con escasos bioclastos (foraminíferos), muy bien clasificado y cementado.

### TRAMO 4

57-70 m. Calizas bioclásticas rojas con muy puntuales calcarenitas amarillo-rojizas y calizas blancas.

Las calizas son *packstone* bioclásticos, integradas casi en su totalidad por fragmentos de conchas, todo muy roto. El conjunto debido a su escasa cementación resulta muy poroso y característico. De manera puntual puede aparecer un litotipo blanquecino, con texturas *grainstone* típicamente. Los componentes pueden ser bioclásticos (bivalvos) a oolíticos/peloidales, con toda la gradación intermedia posible.

De manera ocasional aparecen calcarenitas compuestas por granos de cuarzo que flotan en una matriz micrítica, con una textura *wackestone*. Pueden presentar restos de conchas (bivalvos).

En torno al metro 65 se corta agua, con un caudal aproximado de 45 litros por segundo.



## TRAMO 5

70-100 m. Calizas grises-amarillentas. Este tramo se caracteriza por la presencia de calizas de texturas granosostenidas. De modo ocasional pueden aparecer facies más fangosas de textura *wackestone*. Lo habitual es la presencia de *packstone-grainstone* peloidales, bastante bien clasificados, que en ocasiones pueden presentar un estado de ooides incipientes. De modo accesorio pueden presentar fragmentos de bioclastos (bivalvos), de mayor tamaño que inciden de manera negativa en la clasificación de la muestra. La otra facies presente en este tramo es esencialmente bioclástica, si bien igualmente se trata de calizas granosostenidas. Se reconocen bivalvos equinodermos y foraminíferos (abundantes miliólidos) fundamentalmente.

## TRAMO 6

100-128 m. Calizas blanquecinas y grises con dolomías negras. Las dolomías son predominantemente de grano medio, con tamaño de grano visible a simple vista en forma de romboedros. El conjunto tiene ocasionalmente aspecto de sacaroideo. En estas dolomías se reconocen de manera ocasional fantasmas de bioclastos, que podrían ser rudistas. Por otra parte, también se cortan dolomías de grano fino, microcristalinas, en las que no aparecen indicios de la facies original.

Por su parte, las calizas son generalmente granosostenidas, aunque los términos más fangosos (*wackestone*) se van repitiendo sistemáticamente. En general los componentes son bioclásticos, quedando los peloides relegados a un papel accesorio. Se reconocen conchas de rudistas, así como de bivalvos y equinodermos. De manera puntual, los miliólidos pueden llegar a ser importantes en proporción.

## TRAMO 7

128-160 m. Calizas grises con intercalaciones margosas, con dolomías gris negruzcas subordinadas. Las calizas son generalmente fangosas, con textura *wackestone* dominante de bioclastos. En general se observan bivalvos y foraminíferos (miliólidos y peneróplidos). De modo accesorio aparecen pasadas de *packstone* peloidal bien clasificado y sin apenas bioclastos.

Las dolomías alternan entre grano medio y fino. Las de grano medio presentan un menor grado de dolomitización y se reconocen romboedros aislados de dolomita, mientras que las de grano fino, son microcristalinas, pero parecen afectar a todo el conjunto de la roca. En las de grano medio se pueden reconocer fantasmas de peloides y de bioclastos de manera ocasional.

## TRAMO 8

160-180 m. Calizas blanquecinas y grisáceas, con posibles interestratos margosos y escasas dolomías. En general se trata de calizas granosostenidas, de texturas *packstone* y



puntualmente *grainstone* y *wackestone*. En cuanto a los componentes, lo habitual es que dominen los bioclastos (bivalvos, foraminíferos, equinodermos), aunque se pueden encontrar facies dominadas por los peloides. Los bioclastos pueden alcanzar tamaños centimétricos.

## TRAMO 9

180-200 m. Dolomías grises con intercalaciones margosas y, de forma esporádica, calizas grises. Las dolomías son de grano fino, con tamaño microcristalino y de forma puntual alguna de grano medio, con escasos fantasmas del bioclastos (bivalvos). El grado de dolomitización es variable, de modo que se establece un continuo entre las calizas grises y las dolomías. Las calizas grises por su parte presentan texturas de *wackestone* con fragmentos de bioclastos, predominantemente bivalvos, foraminíferos y eventuales serpúlidos coloniales.

## REFERENCIAS

FLOQUET, M. (1991). – *La Plate-forme Nord-Castillane au Cretace Superieur (Espagne)*. Tesis Doctoral. Memorias Geológicas de la Universidad de Dijon 14, 925 pp.

<http://oph.chebro.es/ContenidoCartoGeologia.htm>

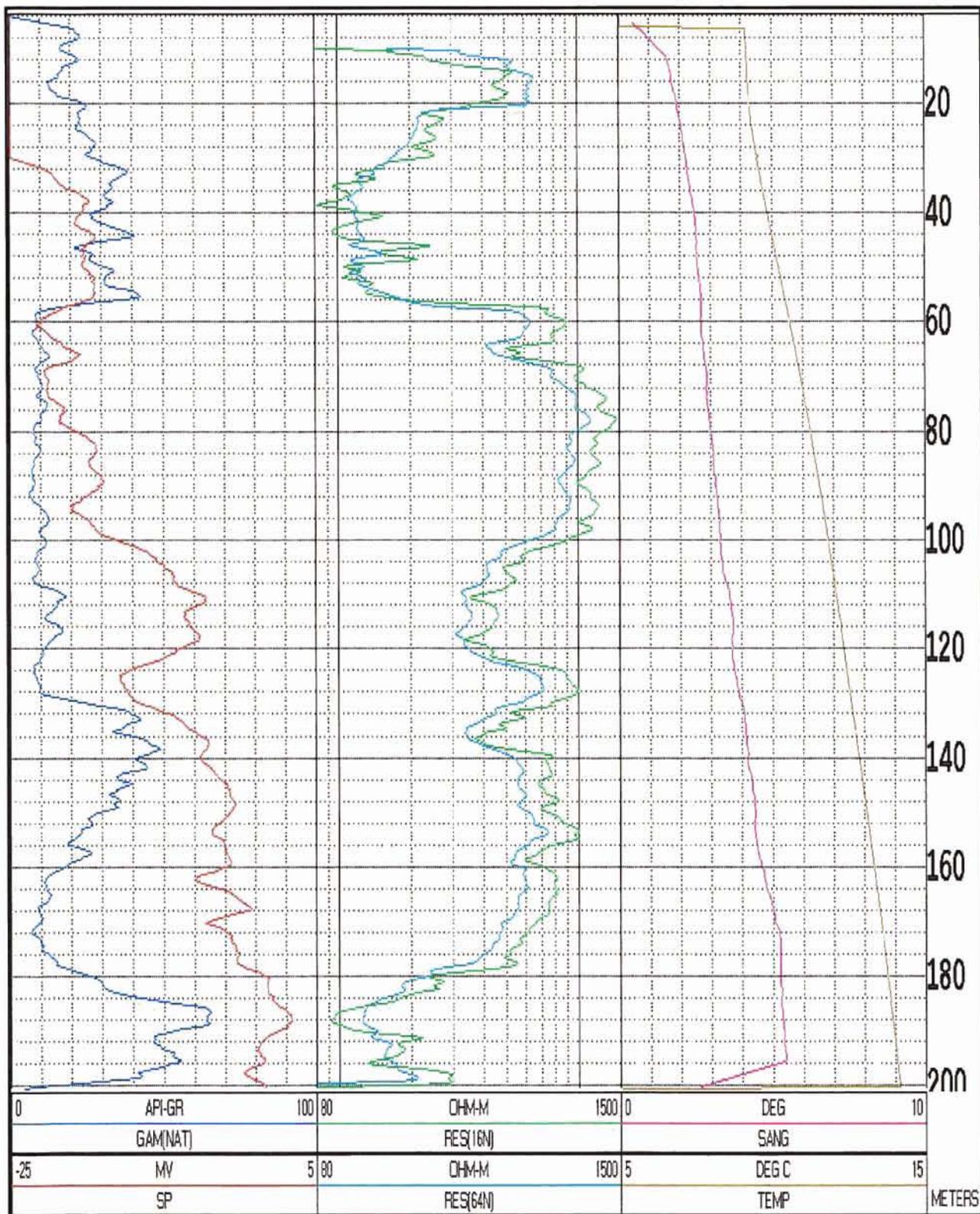
<http://sigpac.mapa.es/fega/visor/>

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA (MAGNA) HOJA 1:50.000 N° 135-Sedano (1977).

MARTÍN-CHIVELET, J., BERÁSTEGUI, X., ROSALES, I., VILAS, L., VERA, J.A., CAUS, E., GRÄFE, K.-U., SEGURA, M., PUIG, C., MAS, R., ROBLES, S., FLOQUET, M., QUESADA, S., RUIZ-ORTIZ, P.A., FREGENAL-MARTÍNEZ, M.A., SALAS, R., GARCÍA, A., MARTÍN-ALGARRA, A., ARIAS, C., MELÉNDEZ, N., CHACÓN, B., MOLINA, J.M., SANZ, J.L., CASTRO, J.M., GARCÍA-HERNÁNDEZ, M., CARENAS, B., GARCÍA-HIDALGO, J., GIL, J. Y ORTEGA, F. (2002): Cretaceous. En: *Geology of Spain* (W. Gibbons, W. y M.T. Moreno, Eds.). Geological Society of London, 255-292.

## **ANEJO 3 GEOFÍSICA**

SONDEO: 09-102-02 MORADILLO DE SEDANO



**MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE**  
**SECRETARIA GENERAL PARA EL TERRITRIO Y LA BIODIVERSIDAD**

**CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO**



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

**TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA DEL SONDEO  
“09-102-02 MORADILLO DE SEDANO” EN  
MORADILLO DE SEDANO (BURGOS)**

Octubre de 2004





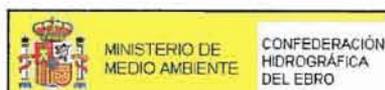
CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ªA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com



**TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA DEL SONDEO  
"09-102-02 MORADILLO DE SEDANO" EN MORADILLO  
DE SEDANO (BURGOS)**



BURGOS, OCTUBRE DE 2004

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



CENTRAL:  
 Nuñez de Balboa, 81  
 28006 MADRID  
 Tel.: 91 5455589  
 Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ªA. 50009 ZARAGOZA  
 Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

## ÍNDICE

	Páginas.
<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....</b>	<b>1</b>
<b>2. METODOLOGÍA .....</b>	<b>3</b>
2.1. VENTAJAS DE LA TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA .....	3
2.2. TIPOS DE PARÁMETROS .....	4
2.3. PRESENTACIÓN GENERAL DE LAS TESTIFICACIONES .....	5
2.4. EQUIPO DE TOMA DE DATOS .....	6
<b>3. TRABAJO REALIZADO .....</b>	<b>9</b>
3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS .....	10
3.2. PROCESADO DE DATOS .....	17
3.3. REGISTROS GEOFÍSICOS .....	18
<b>4. RESULTADOS OBTENIDOS .....</b>	<b>23</b>

## ANEXOS

**ANEXO-I:**           DIAGRAFÍA HIDROGEOLÓGICA A ESCALA AMPLIADA.

**ANEXO-II:**         LISTADO DE VALORES DE DESVIACIÓN



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ªA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-1

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El día 26 de octubre 2004 se procedió, por parte de la Compañía General de Sondeos, a la testificación geofísica del sondeo "09-102-02 MORADILLO DE SEDANO", ubicado en el término municipal Moradillo de Sedano, en la provincia de Burgos, tal y como se muestra en el mapa de situación geográfica de la figura.-1.

El objetivo fundamental de la testificación geofísica es diferenciar los tramos porosos y permeables, para determinar los materiales susceptibles de aportar agua a la perforación, con el fin de, posteriormente, proceder a la colocación de filtros en los tramos más adecuados.

También constituye un importante objetivo la determinación de las características constructivas, como son la verticalidad y desviación del sondeo, para proceder de la forma más correcta a la entubación del mismo.

Mediante la testificación geofísica hemos realizado la medición de ciertos parámetros físicos, que nos han permitido evaluar las zonas más porosas y permeables capaces aportar agua a la perforación y el cálculo de la inclinación y desviación a lo largo de todo el sondeo.



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ºA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-2



Figura.-1 Situación geográfica de la zona de estudio



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ºA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág. -3

## 2. METODOLOGÍA

La obtención y estudio de los fragmentos del terreno extraídos de un sondeo durante la perforación se llama testificación mecánica.

La testificación geofísica estudia el material que se encuentra en torno al sondeo a través de técnicas geofísicas. Es decir, mide y registra ciertas propiedades físicas del terreno perforado, con equipos cuya filosofía es similar a los empleados en geofísica de superficie.

### 2.1. VENTAJAS DE LA TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA

La geofísica de sondeos o testificación geofísica, presenta varias ventajas respecto a la geofísica de superficie.

- Su operación es más sencilla. Todos los componentes del sistema de medida y registro se localizan en la superficie, próximos al sondeo, y en el interior del mismo, por lo que el espacio necesario para trabajar es fijo y reducido.
- El equipo empleado para la toma de datos en el interior del sondeo va sujeto a un cable que se maniobra fácilmente desde la superficie mediante un motor.
- La señal registrada proviene de una zona localizada frente al equipo en el interior del sondeo.
- El registro obtenido es continuo a lo largo de la zona barrida por el equipo dentro del sondeo.

Respecto a la testificación mecánica, la testificación geofísica tiene las siguientes ventajas:



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ºA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-4

- Se requiere menos tiempo en alcanzar la información puesto que se puede perforar sin necesidad de obtener testigo, y, por otra parte, el análisis de los datos es más rápido.
- Se obtiene información a todo lo largo del sondeo. En determinados terrenos, por ejemplo, en los terrenos blandos, es muy difícil obtener testigo mecánico, mientras que las medidas geofísicas siempre pueden obtenerse al hacerse en las paredes del sondeo, que son más fáciles de conservar.
- La testificación geofísica proporciona datos del terreno in situ, tal como se encuentra durante la toma de medidas. El testigo puede alterar sus características durante el periodo de tiempo que transcurre desde que se obtiene hasta que se analiza.
- La realización de la testificación geofísica es más económica que la testificación mecánica. Además, el almacenaje, el acceso y el manejo de datos son más sencillos y económicos.
- La testificación geofísica es un documento objetivo, que revaloriza en cualquier momento la costosa obra de perforación.

## 2.2. TIPOS DE PARÁMETROS

Las propiedades físicas de las rocas que pueden medirse en un sondeo son las mismas que las utilizadas en la geofísica de superficie: potencial espontáneo, resistividad eléctrica, radiactividad natural, velocidad de las ondas sísmicas mecánicas, densidad susceptibilidad magnética, etc.

La forma de hacer las medidas se brinda, sin embargo, a una mayor gama de posibilidades, al estar los sensores mucho más próximos a las formaciones geológicas y al desplazarse de forma continua a lo largo del sondeo.



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ºA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-5

Una misma propiedad física de las rocas, puede medirse con distintos tipos de dispositivo, dando lugar a lo que se denominan parámetros de testificación. Cada parámetro informa de un aspecto distinto de las propiedades de las rocas atravesadas.

Una característica esencial de la testificación geofísica, es que sistemáticamente se miden varios parámetros en un mismo sondeo, lo que posibilita aún más la obtención de información fiable.

Los tipos de parámetros que se obtienen se clasifican en los siguientes grupos:

- *Eléctricos.* Potencial Espontáneo, Resistencia, Resistividad Normal, Resistividad Lateral, Resistividad Focalizada, Inducción, Resistividad del Fluido y Buzometría.
- *Radiactivos.* Gamma Natural, Gamma gamma, Neutrón y Espectrometría.
- *Sísmicos.* Sónicos y Tren de ondas.
- *Mecánicos.* Flujometría y Calibre.
- *Especiales.* Inclinación y Desviación del sondeo, Temperatura, gravedad, Magnetismo, Radar, Microescaner, Televiever y Vídeo.

### 2.3. PRESENTACIÓN GENERAL DE LAS TESTIFICACIONES

El equipo en el interior del sondeo se desplaza a una velocidad determinada, midiendo habitualmente de forma continua, si bien algunos parámetros se miden de forma discreta. Esta medida se transmite para ser registrada en la superficie y se representa en un gráfico denominado DIAGRAFÍA o LOG. Con el mismo equipo y a la misma vez se obtienen varias diagrafías.

En el eje horizontal se presenta en escala lineal o logarítmica el valor de la medida realizada, y en el eje vertical y en sentido descendente se expresa la profundidad. En la presentación de las diagrafías es habitual dibujar unas líneas de referencia a intervalos regulares para facilitar las lecturas.



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ºA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-6

Los datos se representan gráficamente a medida que se van obteniendo y, además, se procede a su digitalización y almacenamiento en soporte magnético para su posterior procesado.

De cada sondeo testificado se conserva una serie de datos donde se incluye información general del sondeo, de la perforación y la testificación.

#### 2.4. EQUIPO DE TOMA DE DATOS

Un equipo de testificación geofísica se compone de los siguientes elementos:

- *Sonda*: Es la parte que se introduce en el sondeo y convierte el parámetro registrado en señal eléctrica. Según el tipo de sonda se obtiene un tipo de diagráfia.

En general, se puede decir que en el interior de cada sonda existe:

- Un sistema generador de un campo físico, (eléctrico, radiactivo, electromagnético, onda mecánica, etc...).
- Un sistema detector de la respuesta que el terreno produce a la acción del campo original, y de la que se deducirá el tipo de terreno del que se trata.
- Un convertidor de la señal, (nuestro equipo digitaliza la señal directamente de la sonda).
- La fuente de alimentación necesaria para el funcionamiento de los componentes electrónicos de la sonda.
- *Cable*: Tiene varias funciones: Soportar la sonda, llevar energía a la misma y enviar la señal de la sonda a la superficie.



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ªA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-7

- *Sistema de control de la profundidad:* Mide la longitud del cable introducido en el sondeo, para conocer la profundidad a la que se encuentra la sonda y se realiza la medida.
- *Cabrestante y motor:* En el cabrestante se encuentra arrollado el cable y se mueve a una velocidad controlada por el operador. Desde el final del cable, en el cabrestante, se toman las señales transmitidas desde la sonda.
- *Equipo de superficie:* Incluye, entre otros, todos los elementos de comunicación con la sonda, controlando su desplazamiento y operación, registro y grabación de la señal.

El conjunto de todo el equipo forma parte de una unidad que, en nuestro caso, va incorporada en un vehículo de la marca Ford, modelo Custom-250.

El equipo de testificación geofísica utilizado, en el presente trabajo, ha sido el equipo CENTURY COMPU-LOG-III, del cual adjuntamos, en la figura.-2, una ficha técnica del mismo.



CENTRAL:  
 Nuñez de Balboa, 81  
 28006 MADRID  
 Tel.: 91 5455589  
 Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ªA. 50009 ZARAGOZA  
 Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-8

## EQUIPO CENTURY COMPU-LOG-III



### UTILIDADES

El equipo **CENTURY COMPU-LOG-III** es un equipo digital de última generación de **testificación geofísica** que dispone de las sondas necesarias para registrar los siguientes parámetros :

- Potencial espontáneo
- Resistencia monoelectrónica
- Resistividad normal (16" y 64")
- Resistividad lateral
- Conductividad
- Gamma natural
- Densidad
- Porosidad
- Sónico
- Flujometría
- Calibre
- Inclinación
- Desviación
- Temperatura

### ALGUNAS APLICACIONES

- Definición de litologías
- Identificación de acuíferos
- Fracturación
- Calidad del agua
- Porosidad de las rocas
- Grado de compactación
- Desviación e inclinación

### COMPONENTES

- Ordenador Pentium II
- Impresora
- cabrestante de 1500 m.
- Hidráulico
- Alternador
- sondas
- Fuente de alimentación
- Programa de adquisición de datos PCL
- Programa de procesado de datos ACL

Todo montado sobre un vehículo todo terreno marca Ford Custom

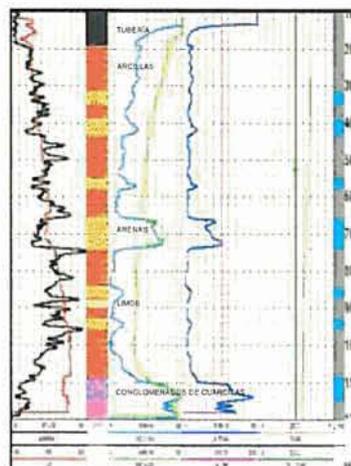


Figura.-2 Equipo de Testificación Geofísica CENTURY COMPU-LOG



CENTRAL:  
 Nuñez de Balboa, 81  
 28006 MADRID  
 Tel.: 91 5455589  
 Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ºA. 50009 ZARAGOZA  
 Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-9

### 3. TRABAJO REALIZADO

El sondeo "MORADILLO DE SEDANO" se testificó desde la superficie hasta los 200 metros de profundidad tomando como cota cero el ras de suelo.

#### DATOS DEL SONDEO

PROFUNDIDAD DEL SONDEO:	200 mts.	
PROFUNDIDAD TESTIFICADA:	200 mts.	
ENTUBADO:	De 0 a 11 mts.	
DIÁMETRO DE ENTUBACIÓN:	300 mm.	
DIÁMETRO DE PERFORACIÓN:	220 mm.	
NIVEL FREÁTICO (durante la testificación):	9 mts.	
CONDUCTIVIDAD MEDIA NORMALIZADA A 25º C:	400µs/cm	
TESTIFICADO CON LAS SONDAS:	9040 y 9055	
COORDENADAS DEL SONDEO:	X	0442774
	Y	4727602
	Z	792

Se han utilizado las sondas 9040 (hidrogeológica) y 9055 (desviación) que registran los siguientes parámetros:

#### *Sonda 9040 (hidrogeológica)*

- GAMMA NATURAL
- POTENCIAL ESPONTÁNEO
- RESISTIVIDAD NORMAL CORTA
- RESISTIVIDAD NORMAL LARGA
- RESISTIVIDAD LATERAL
- RESISTIVIDAD DEL FLUIDO
- TEMPERATURA
- DELTA DE TEMPERATURA



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ºA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág. -10

### Sonda 9055 (desviación)

- PROFUNDIDAD
- DISTANCIA
- DESVIACIÓN NORTE
- DESVIACIÓN ESTE
- INCLINACIÓN
- ACIMUT

### 3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS

**Gamma Natural:** Mide la radiactividad natural de las formaciones geológicas.

Los Rayos Gamma son ondas de energía electromagnética, emitida espontáneamente por los elementos radiactivos, como parte del proceso de conversión de masa en energía, o desintegración nuclear.

Cada isótopo radiactivo tiene unos niveles de emisión característicos. La energía emitida por una formación geológica es proporcional a la concentración en peso de material radiactivo que contiene. Es absorbida por la propia formación, en mayor grado cuanto mayor sea su densidad, por lo que la emisión recibida en la sonda es la que proviene de una distancia media no superior a los 0.3 metros.

En las rocas sedimentarias, los isótopos radiactivos se localizan fundamentalmente en las arcillas, mientras que las arenas limpias no tendrán emisiones de Rayos Gamma.

Los niveles de calizas y dolomías tampoco son radiactivos, mientras que las rocas ígneas, sobre todo el granito y las riolitas, tienen importantes concentraciones de isótopos de <sup>40</sup>K.



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ºA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-11

La sonda contiene un detector de centelleo que detecta las radiaciones que llegan a la sonda en la unidad de tiempo.

Las unidades empleadas son cuentas o eventos radiactivos detectados en la unidad de tiempo (c.p.s.). Puesto que no todos los detectores son iguales, se ha definido la unidad normalizada llamada "API", como una fracción de la lectura, expresada en unidades c.p.s., realizada por la sonda en una formación tipo, dispuesta en un sondeo patrón artificial en USA.

**Potencial Espontáneo:** Mide la diferencia de potencial entre un electrodo fijo en la superficie (A) y otro que se mueve a lo largo del sondeo (B).

Las diferencias de potencial medidas se deben a desequilibrios iónicos que tienen lugar normalmente entre las superficies de separación de líquido-sólido o sólido de diferente permeabilidad, dando lugar a corrientes eléctricas de origen natural. Los desequilibrios iónicos pueden tener varios orígenes: de difusión, absorción, potenciales redox, y electrofiltración principalmente.

Para efectuar la medición la sonda consta de un electrodo que se introduce en el sondeo en contacto con las paredes. Otro de referencia permanece en la superficie en un medio húmedo. Los dos electrodos son idénticos y químicamente inertes y estables. Un microvoltímetro de alta impedancia mide y registra la diferencia de potencial entre ambos.

El valor medio de Potencial Espontáneo es directamente proporcional a la intensidad de la corriente que circula por el lodo. A lo largo de la misma capa, la intensidad permanece constante, por lo que los valores de Potencial Espontáneo son iguales y el registro es una línea recta. En la zona de contacto entre formaciones permeables e impermeables, la variación de la intensidad de la corriente es máxima y esto da lugar a una curvatura en el registro o una desviación de la señal.

La unidad de medida de la sonda es el milivoltio.

**Resistividad:** Mide la resistividad eléctrica de las formaciones.



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ºA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-12

La resistividad de una formación expresa el grado de oposición al paso de la corriente eléctrica por un volumen definido de formación. Se simboliza por  $R$  y se expresa en ohm x m.

La sonda mide la resistividad eléctrica a través de la determinación de diferencias de potencial entre electrodos situados en la sonda. El volumen que afecta a la medida se puede controlar al variar el número y la disposición de electrodos en la sonda. En consecuencia, aunque el parámetro medido sea la resistividad, esta puede ser la del lodo, la de la formación en una zona no afectada por la perforación, o la de la formación en las proximidades del sondeo donde hay invasiones del lodo de perforación en el terreno.

Nosotros hemos medido con tres dispositivos diferentes:

- Un microdispositivo para medir la resistividad del fluido.
- Un dispositivo de 64" para medir la resistividad de la formación que no ha sido invadida por el lodo.
- Un dispositivo de 16" para medir la resistividad de la formación que ha sido invadida por el lodo.

**Resistividad del fluido:** Mide la resistividad del fluido que rellena el sondeo.

La medida se realiza con una sonda que dispone de un resistímetro/conductímetro adaptado para medir en el lodo. La unidad de medida es ohm x m. En general este tipo de registro se obtiene durante el recorrido de descenso de la sonda, para no perturbar las condiciones estabilizadas del lodo.

Permite determinar el contenido de sales disueltas en el fluido que rellena el sondeo por lo que tiene aplicación (si las circunstancias en las que se efectúa la medida son adecuadas), para conocer la calidad del agua de los acuíferos atravesados por el sondeo en un momento dado, así como su evolución en el tiempo.

En combinación con otros registros permite detectar zonas de fracturas.



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ªA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-13

**Temperatura:** Mide la temperatura del fluido que rellena el sondeo.

Se sabe que la temperatura de las formaciones aumenta con la profundidad, llamándose *gradiente térmico* al aumento de temperatura por unidad de profundidad.

El gradiente geotérmico es variable según la situación geográfica y según la conductividad térmica de las formaciones: los gradientes son débiles en las formaciones que tienen una alta conductividad térmica, y elevados en caso contrario.

La variación de temperatura puede ser también debida al aporte de acuíferos.

El registro se debe hacer durante el descenso, a fin de no romper el equilibrio térmico por una mezcla del lodo ocasionada por el paso de la sonda y del cable.

**Profundidad:** Mide la profundidad real en vertical del sondeo.

**Distancia:** Mide la distancia en horizontal de cada profundidad del sondeo con respecto de la vertical.

**Desviación norte:** Mide la distancia en horizontal de cada profundidad del sondeo con respecto a la vertical hacia el norte.

**Desviación este:** Mide la distancia en horizontal de cada profundidad del sondeo con respecto a la vertical hacia el este.

**Inclinación y Acimut:** La sonda de verticalidad proporciona un registro continuo de la verticalidad y desviación del sondeo y del acimut de la desviación. Tras un posterior procesado de estos datos se obtiene la profundidad real y posición de cada punto del sondeo con respecto a un punto de referencia, normalmente la boca del sondeo o el pie de la tubería.

La medida de desviación del sondeo se obtiene mediante la utilización de cinco transductores, alineados según los tres ejes de la sonda de testificación: a) Dos inclinómetros definen los dos ejes menores de la sonda, "x" e "y", midiendo la desviación del sondeo con respecto a la



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ºA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág. -14

vertical y la dirección de la desviación con respecto al punto de referencia.  
b) Tres magnetómetros tipo fluxgate, instalados según los tres ejes de la sonda "x", "y" y "z", permiten conocer la orientación rotacional de la sonda, y junto con las medidas de desviación proporcionan el valor del acimut del punto de referencia con respecto al Norte Magnético.

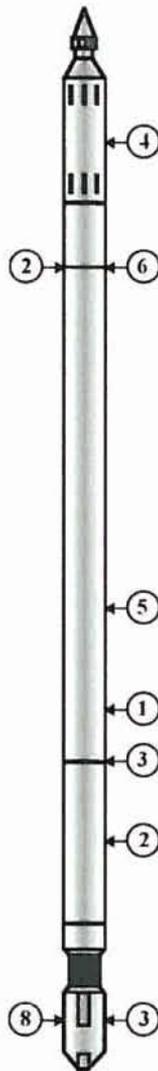
Las salidas de los cinco transductores son enviadas a la unidad de registro, donde son convertidas en lecturas de desviación y acimut en función de la profundidad. Posteriormente, las salidas son tratadas de forma que se obtiene la profundidad real y posición real del sondeo referido a un punto de referencia.

A continuación, en las figuras 3 y 4, presentamos dos fichas técnica con las características (peso, dimensiones, rango de lectura, dispositivo, presión, temperatura, velocidad del registro etc..) de las sondas 9040 (hidrogeológica) y 9055 (desviación)

## Sonda 9040 (hidrogeológica)

### Información general

La sonda 9040 es una sonda multiparmétrica que es capaz de medir 8 parámetros a la vez. Estos parámetros son: Gamma Natural, Potencial Espontáneo, Resistividad Normal Corta (16"), Resistividad Normal Larga (64"), Resistividad Lateral, Resistividad del Fluido, Temperatura y Delta de Temperatura.



### Ubicación de los sensores

1. Gamma Natural.
2. Resistividad (64").
3. Resistividad (16").
4. Resistividad fluido.
5. Resistividad Lateral.
6. Potencial Espont.
8. Temperatura y Delta de Tempera.

### Rango de respuesta de los sensores

- Gamma Natural: de 0 a 10.000 unidades API.
- Resistividades (64", 16" y Lateral.): de 0 a 3000 ohmios por metro.
- Potencial Espontáneo: de -100 a +400 mv.
- Temperatura: de 0° C a 56° C.
- Resistividad del fluido: de 0 a 100 ohmios por metro.

### Especificaciones

- Longitud: 2.13 mts.
- Diámetro: 64mm.
- Presión: 232 Kg/cm<sup>2</sup>
- Temperatura: 50° C.
- Peso: 15 Kg.
- Voltaje requerido: 50 V (DC).
- Velocidad de registro: 9 m/minuto.

Figura.-3 Sonda 9040 (hidrogeológica)

## Sonda 9055 (desviación)

### Información general

La sonda 9055 es una sonda multiparamétrica que mide 6 parámetros a la vez. Estos parámetros son: Gamma Natural, Potencial Espontáneo, Resistencia Monoeléctrica, Neutrón, Inclinación y Desviación.

Para la medida de Neutrón (con la que se calcula la porosidad), es necesario incorporar a la sonda una fuente radiactiva de  $Am^{241}Be$ , que tiene una intensidad de 1Cu.

### Ubicación de los sensores

- |                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| 1. Inclinación          | 2. Gamma Natural    |
| 3. Neutrón              | 4. Desviación       |
| 5. Potencial Espontáneo | 6. Resistencia Mon. |
| 7. Fuente Radiactiva    |                     |

### Rango de respuesta de los sensores

- Inclinación: de 0 a 45 grados.
- Gamma Natural: de 0 a 10.000 unidades API.
- Neutrón: de 0 a 10.000 unidades API.
- Desviación: de 0 a 360 grados.
- Potencial Espontáneo: de -400 a 400 mv.
- Resistencia Monoeléctrica: de 0 a 3000 ohms
- Porosidad: de -10 a 100%.

### Especificaciones

- Longitud: 2.90 mts.
- Diámetro: 46 mm.
- Presión: 232 Kg/cm<sup>2</sup>
- Temperatura: 85° C.
- Peso: 32 Kg.
- Velocidad de registro: 9 m/minuto.

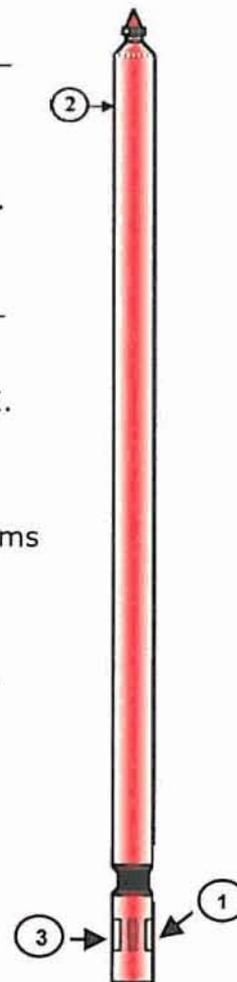


Figura.-4 Sonda 9055 (desviación)



CENTRAL:  
 Nuñez de Balboa, 81  
 28006 MADRID  
 Tel.: 91 5455589  
 Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.  
 OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ªA. 50009 ZARAGOZA  
 Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

### 3.2. PROCESADO DE DATOS

Los datos obtenidos en la testificación geofísica con las sondas 9040 y 9055 han sido procesados mediante el programa ACL de la casa CENTURY GEOPHYSICAL CORPORATION.

Este programa permite efectuar cualquier cálculo con las diagragfías registradas, así como la presentación y distribución de litologías, según se muestra en la ventana del programa ACL de la figura.-5.

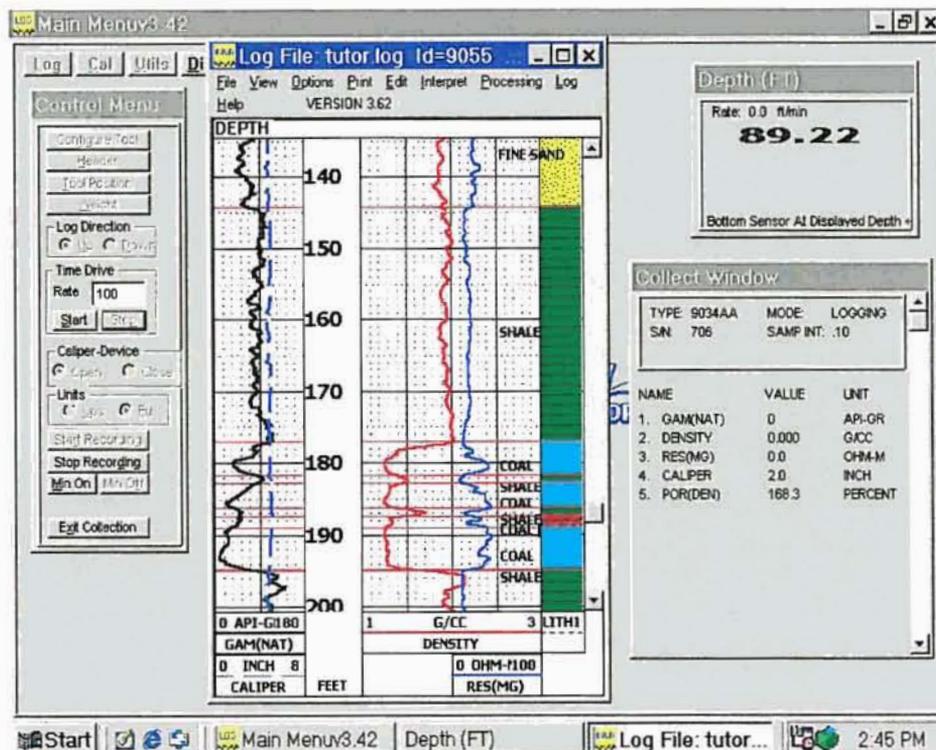


Figura.-5 Ventana de trabajo del programa ACL



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ºA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág. -18

De la Resistividad del fluido hemos calculado la conductividad del agua del sondeo, pero a la temperatura que tiene el sondeo en el momento de efectuar el registro. Para normalizarla a 25° C utilizamos la expresión:

$$LG(\text{CON}-25^{\circ} \text{C}) = LG(\text{CON}) \times (46.5 / (LG(\text{TEM}) + 21.5))$$

Donde:

LG(CON-25° C) = Registro de Conductividad Normalizada a 25° C.

LG(CON) = Registro de Conductividad efectuado en el sondeo.

LG(TEM) = Registro de Temperatura efectuado en el sondeo.

### 3.3. REGISTROS GEOFÍSICOS

En la figura.-6, se ha representado la totalidad del Log registrado con la sonda 9040 (hidrogeológica), con el fin de tener una visión global del mismo.

En la pista número uno, se encuentran los registros de Gamma Natural y Potencial Espontáneo, con escalas comprendidas entre 0 y 100 unidades API, para el Gamma Natural, y de -25 a 5 Milivoltios, para el Potencial Espontáneo. En la pista número dos, están representados en color azul, los tramos más porosos y permeables elegidos como más favorables a la hora de aportar agua a la perforación. En la número tres, los registros de Resistividad Normal Corta y Resistividad Normal Larga, cuyas escalas logarítmicas van de 80 a 1500 Ohm x m. En la cuarta, la Resistividad Lateral y la Conductividad Normalizada a 25° C, con escalas, de 0 a 2000 Ohm x m para la Resistividad Lateral, y de 0 a 1000 µs/cm, para la Conductividad Normalizada. Por último, en la pista número cinco, están los parámetros de Temperatura (escala de 5 a 15° C) y Delta de Temperatura (escala de -0.1 a 0.1° C).



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ºA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-19

En el ANEXO-I, se presenta en diferentes páginas, a una escala ampliada, la totalidad del Log para poder observar cada parámetro registrado con más detalle.

En la FIG.-7, hemos representado únicamente los parámetros de desviación medidos con la sonda 9055 (desviación)

En esta diagrafía, tenemos en la pista número uno la Profundidad y la Distancia, con escalas comprendidas entre 0 y 200 metros para la Profundidad y de 0 a 20 metros para la Distancia. En la pista número dos, la Desviación Norte y la Desviación Este, con escala de -15 a 5 metros, para ambas. Por último, en la pista número tres, se encuentran los registros de Inclinación y Acimut, con escalas de 0 a 10 grados para la Inclinación y de 0 a 500 grados para el Acimut.

En el ANEXO II, se presenta un listado de valores de desviación a intervalo de 2 metros de los parámetros de Profundidad, Distancia, Acimut, Desviación Norte, Desviación Este e Inclinación.

En la FIG.-8, está representada la gráfica de desviación del sondeo vista en planta, en la que se muestra los valores del acimut y la distancia de la desviación con respecto a la vertical.



CENTRAL:  
 Nuñez de Balboa, 81  
 28006 MADRID  
 Tel.: 91 5455589  
 Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ª. 50009 ZARAGOZA  
 Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-20

**SONDEO: 09-102-02 MORADILLO DE SEDANO**

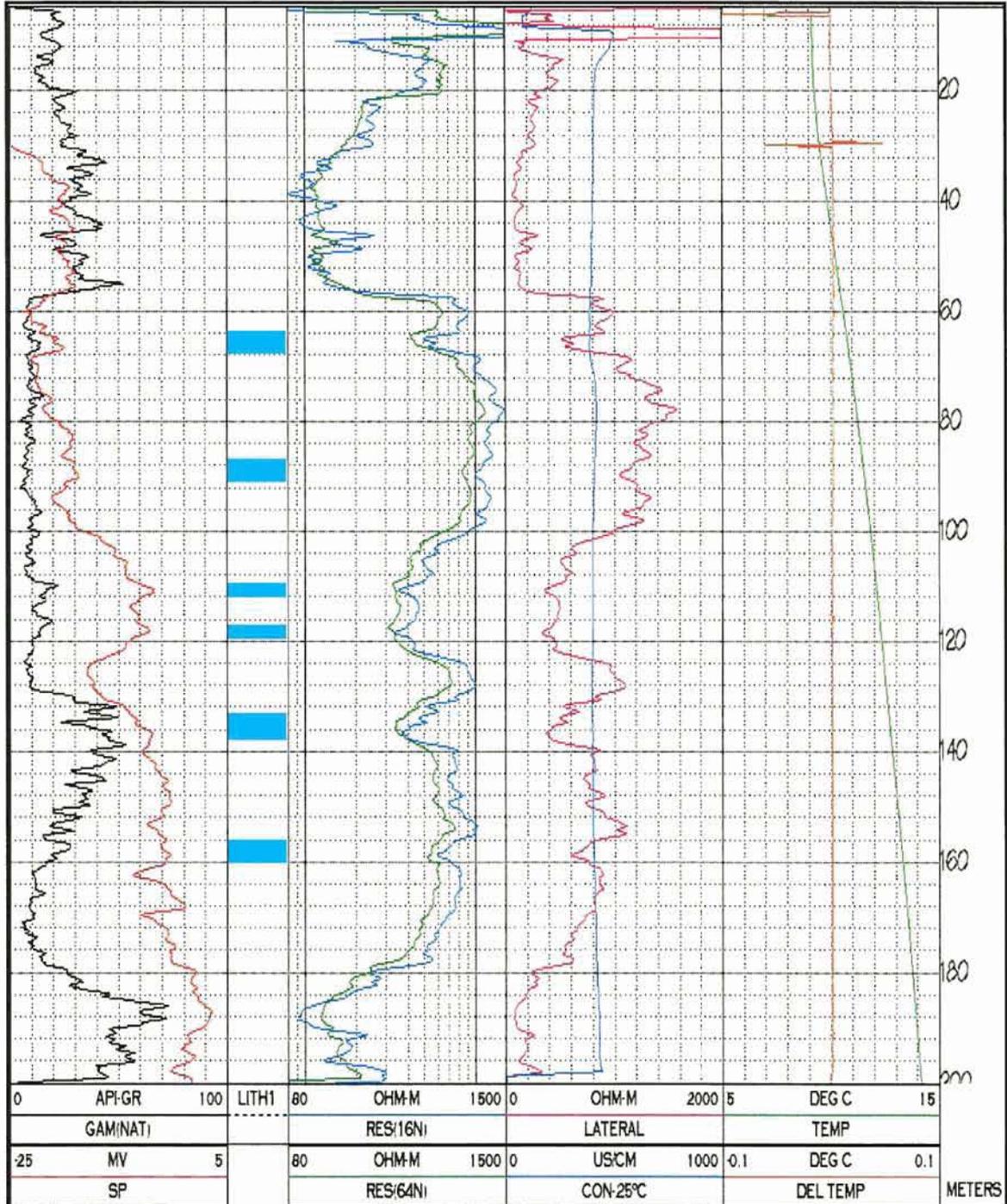


Figura.-6 Diagrama hidrogeológica

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



CENTRAL:  
 Nuñez de Balboa, 81  
 28006 MADRID  
 Tel.: 91 5455589  
 Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ª. 50009 ZARAGOZA  
 Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-21

**SONDEO: 09-102-02 MORADILLO DE SEDANO**

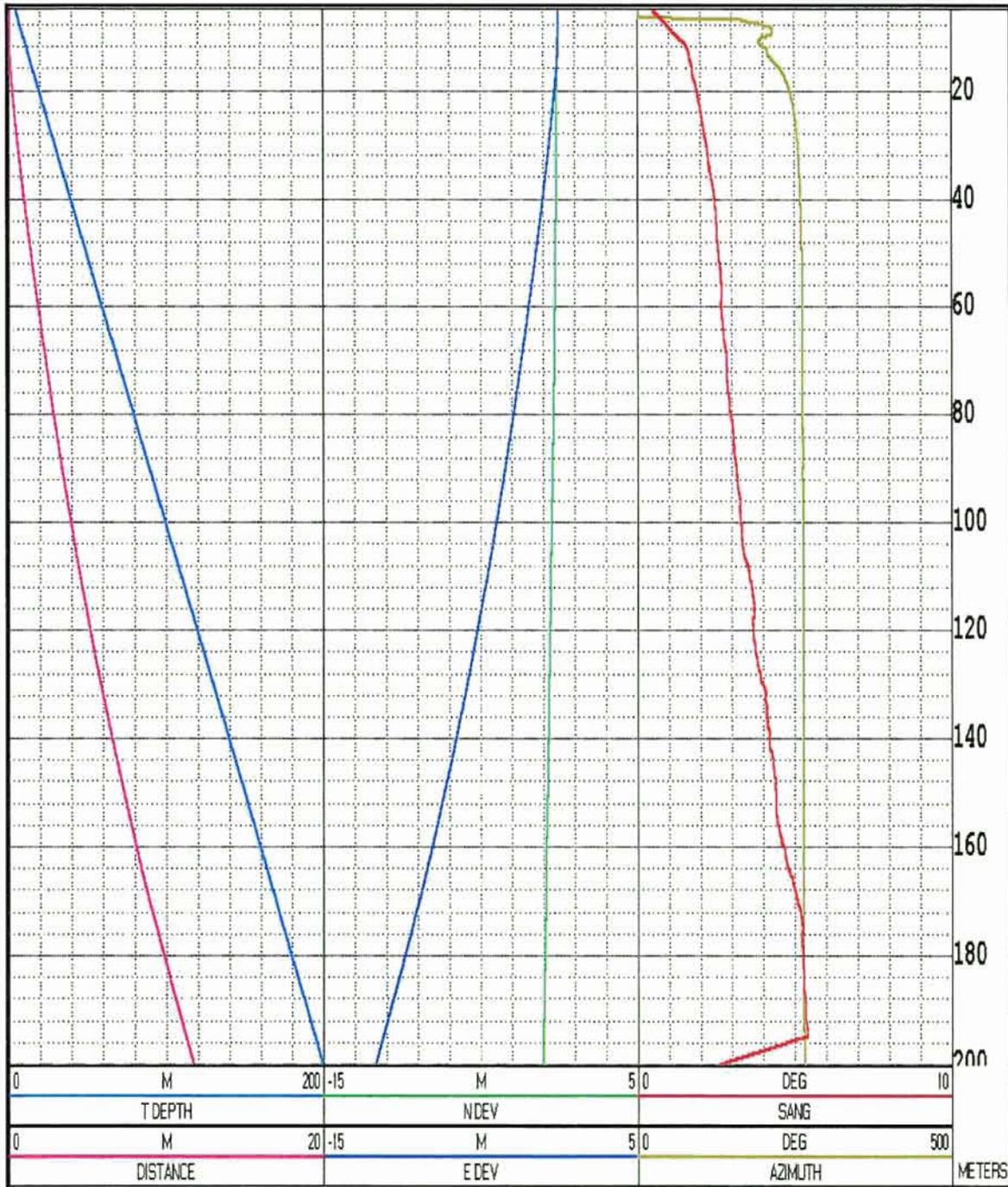


Figura.-7 Diagrama de desviación

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



CENTRAL:  
 Nuñez de Balboa, 81  
 28006 MADRID  
 Tel.: 91 5455589  
 Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ª. 50009 ZARAGOZA  
 Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág. -22

**SONDEO: 09-102-02 MORADILLO DE SEDANO**

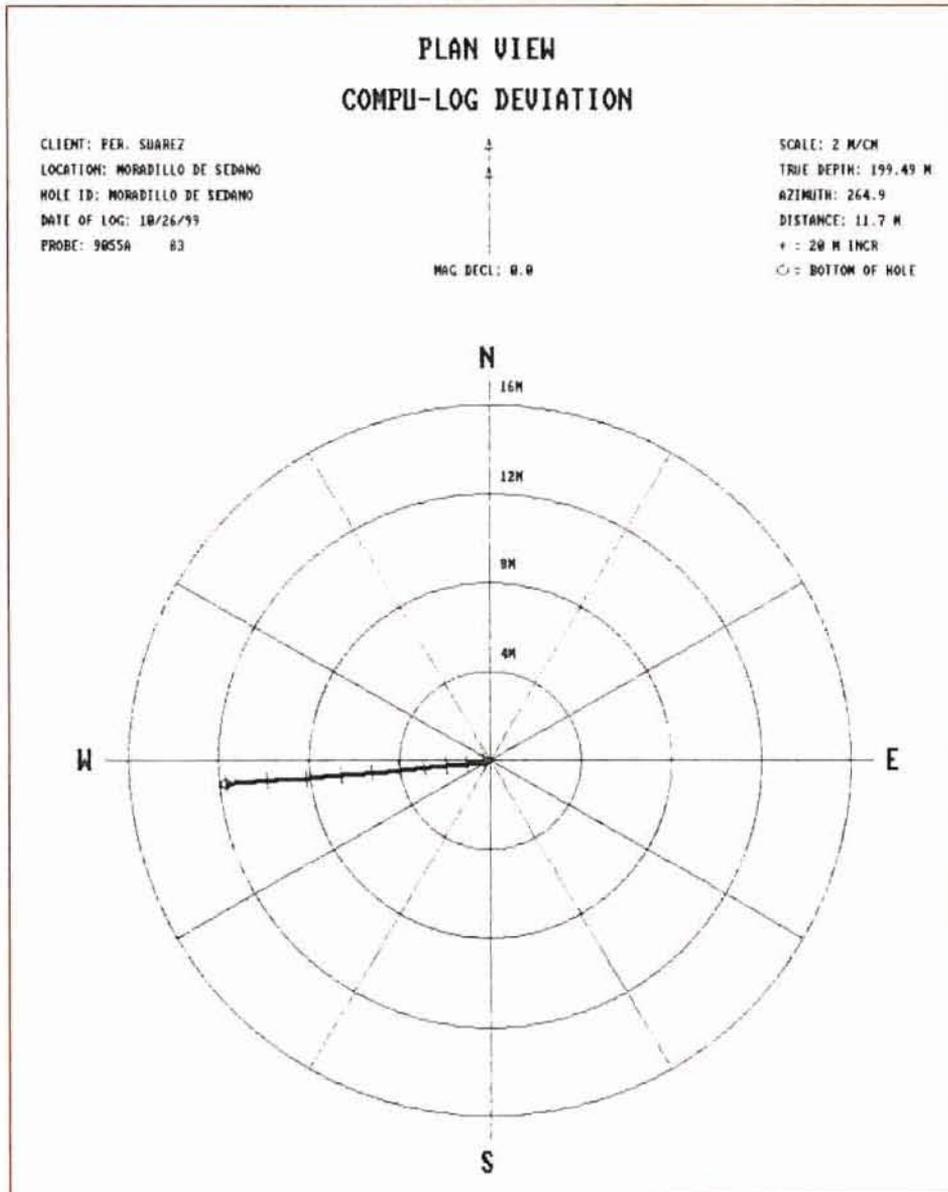


Figura.-8 Gráfica de desviación vista en planta



CENTRAL:  
 Nuñez de Balboa, 81  
 28006 MADRID  
 Tel.: 91 5455589  
 Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ºA. 50009 ZARAGOZA  
 Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-23

#### 4. RESULTADOS OBTENIDOS

De la respuesta obtenida con la sonda 9040 (hidrogeológica), que registra los parámetros de Gamma Natural, Resistividad Normal corta y larga, Resistividad Lateral, Potencial Espontáneo, Temperatura y Conductividad, se han evaluado los tramos con mayor aporte de agua al sondeo, correspondiendo con las zonas más porosas y permeables, y confeccionado la siguiente tabla:

TRAMOS CON APORTE DE AGUA	ESPESOR
Tramo de 63.5 m. a 67.5 m.	4 m.
Tramo de 87 m. a 91 m.	4 m.
Tramo de 109.5 m. a 112 m.	2.5 m.
Tramo de 117 m. a 119.5 m.	2.5 m.
Tramo de 133 m. a 138 m.	5 m.
Tramo de 156 m. a 160 m.	4 m.

De la respuesta obtenida con la sonda 9055 (desviación) que mide la desviación e inclinación del sondeo se han obtenido los siguientes resultados:

- La distancia de máxima desviación con la vertical a los 200 metros de profundidad ha sido de 11,67 metros.
- El Acimut mantiene una media aproximada de 263º.
- El sondeo comienza a desviarse desde el principio hasta alcanzar una inclinación máxima de 5.44º.



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ª. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág. -24

Fdo: José Luengo  
Geofísico  
Dto. Geofísica CGS

Rvsdo: Sergio Yeste  
Jefe de Obra  
Hidrogeología

VºBº: Javier Almoguera  
Jefe  
Hidrogeología

Burgos, octubre de 2004



C/ Núñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
tf: 915455579 / fax: 914352259

---

## ANEXO -I

DIAGRAFÍA HIDROGEOLÓGICA A ESCALA AMPLIADA

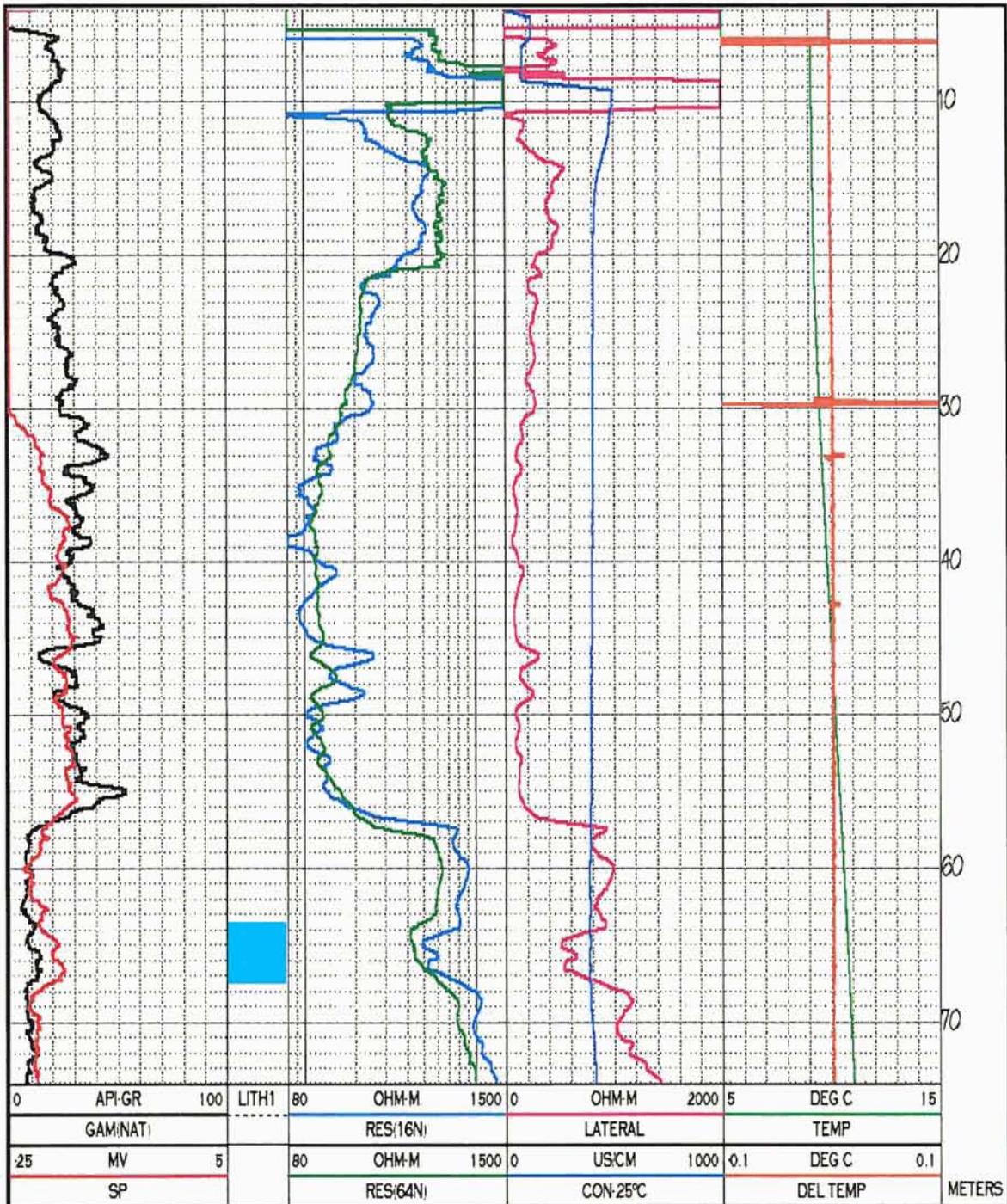
---

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



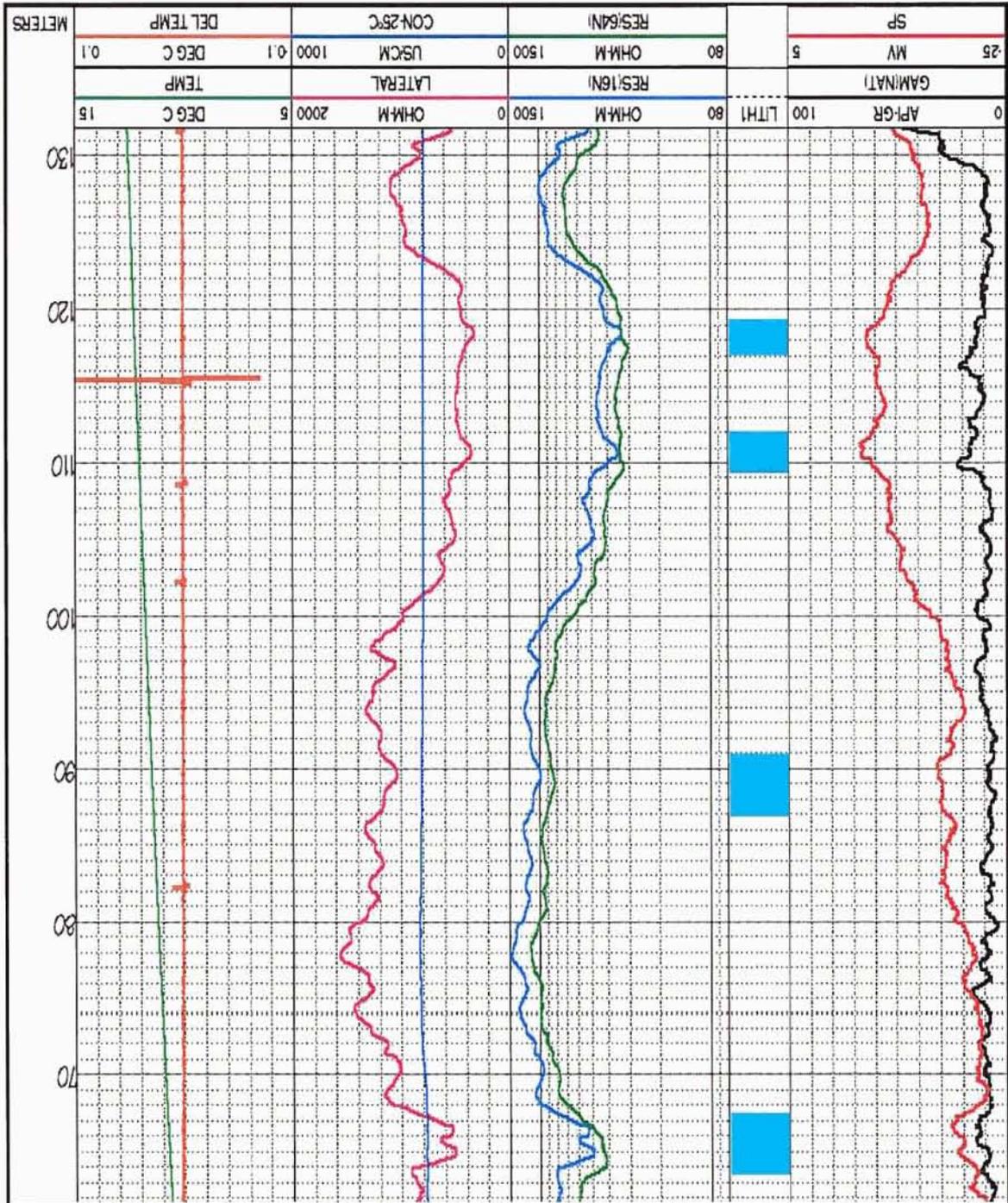
C/ Núñez de Balboa, 81  
 28006 MADRID  
 tf: 915455579 / fax: 914352259

**SONDEO: 09-102-02 MORADILLO DE SEDANO**



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

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



**SONDEO: 09-102-02 MORADILLO DE SEDANO**

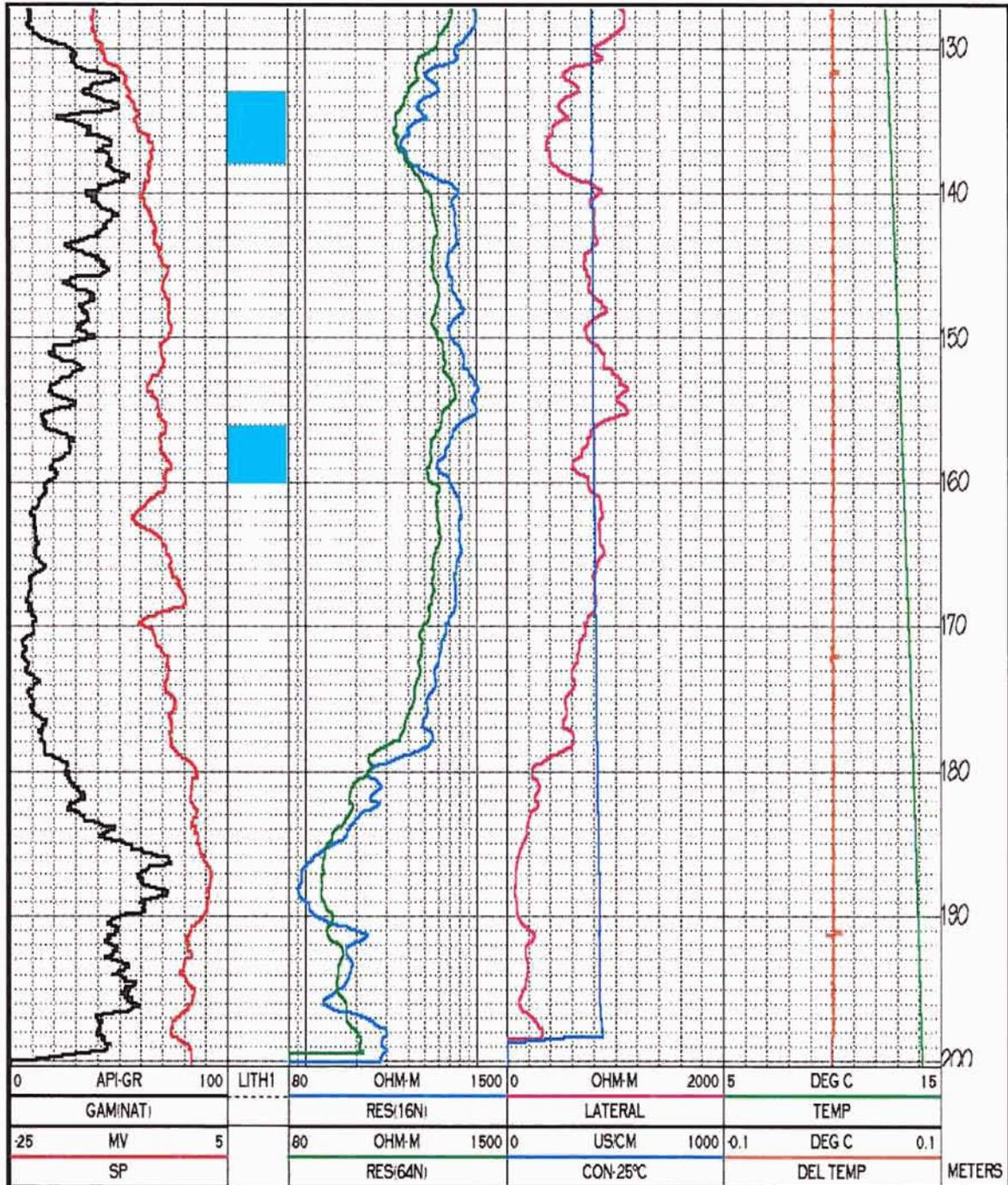
C/ Núñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tf: 915455579 / fax: 914352259





C/ Núñez de Balboa, 81  
 28006 MADRID  
 tf: 915455579 / fax: 914352259

**SONDEO: 09-102-02 MORADILLO DE SEDANO**



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



C/ Núñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
tf: 915455579 / fax: 914352259

---

## ANEXO -II

### LISTADO DE VALORES DE DESVIACIÓN



C/ Núñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
tf: 915455579 / fax: 914352259

PROFUNDIDAD.	DISTANCIA	INCLINACIÓN	DESV. N.	DESV. E.	ACIMUT
6	0.00	0.18	0.00	0.00	180
8	0.02	1.37	-0.02	-0.01	198
10	0.06	1.57	-0.05	-0.03	205
12	0.08	1.63	-0.07	-0.03	201
14	0.12	1.52	-0.10	-0.07	213
16	0.17	1.84	-0.11	-0.13	227
18	0.22	1.84	-0.12	-0.19	237
20	0.28	1.90	-0.13	-0.25	243
22	0.34	1.96	-0.13	-0.32	247
24	0.41	1.98	-0.14	-0.39	250
26	0.48	2.13	-0.14	-0.46	252
28	0.55	2.15	-0.15	-0.53	254
30	0.62	2.17	-0.15	-0.61	256
32	0.70	2.24	-0.16	-0.68	256
34	0.78	2.35	-0.16	-0.76	257
36	0.86	2.35	-0.17	-0.85	258
38	0.94	2.43	-0.18	-0.93	259
40	1.02	2.42	-0.18	-1.01	259
42	1.11	2.57	-0.18	-1.10	260
44	1.20	2.55	-0.19	-1.19	261
46	1.29	2.54	-0.20	-1.28	261
48	1.37	2.51	-0.20	-1.36	261
50	1.46	2.57	-0.21	-1.45	261
52	1.55	2.63	-0.22	-1.54	261
54	1.64	2.73	-0.23	-1.63	262
56	1.74	2.71	-0.24	-1.72	262
58	1.83	2.69	-0.24	-1.82	262
60	1.92	2.67	-0.25	-1.91	262
62	2.02	2.59	-0.26	-2.00	262
64	2.11	2.71	-0.27	-2.09	262
66	2.20	2.84	-0.28	-2.19	262
68	2.30	2.89	-0.29	-2.29	262
70	2.40	2.84	-0.29	-2.39	262
72	2.50	2.90	-0.30	-2.49	263
74	2.60	2.88	-0.31	-2.59	263
76	2.70	2.82	-0.32	-2.68	263
78	2.80	2.91	-0.33	-2.78	263
80	2.90	3.03	-0.35	-2.89	263
82	3.01	3.14	-0.36	-2.99	263
84	3.11	3.01	-0.37	-3.10	263
86	3.22	3.08	-0.38	-3.20	263
88	3.33	3.10	-0.39	-3.31	263
90	3.44	3.09	-0.41	-3.42	263
92	3.55	3.27	-0.42	-3.53	263

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



C/ Núñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
tf: 915455579 / fax: 914352259

PROFUNDIDAD.	DISTANCIA	INCLINACIÓN	DESV. N.	DESV. E.	ACIMUT
94	3.66	3.20	-0.43	-3.64	263
96	3.77	3.30	-0.44	-3.75	263
98	3.89	3.23	-0.45	-3.87	263
100	4.00	3.40	-0.46	-3.98	263
102	4.12	3.24	-0.47	-4.09	263
104	4.23	3.33	-0.49	-4.21	263
106	4.35	3.38	-0.50	-4.32	263
108	4.46	3.48	-0.51	-4.44	263
110	4.59	3.58	-0.53	-4.56	263
112	4.71	3.83	-0.54	-4.69	263
114	4.85	3.62	-0.54	-4.82	263
116	4.97	3.70	-0.55	-4.95	263
118	5.10	3.72	-0.56	-5.07	263
120	5.23	3.68	-0.57	-5.20	263
122	5.36	3.65	-0.58	-5.33	263
124	5.48	3.66	-0.59	-5.46	263
126	5.61	3.86	-0.61	-5.58	263
128	5.75	3.95	-0.62	-5.72	263
130	5.89	4.03	-0.63	-5.86	263
132	6.03	3.99	-0.64	-6.00	263
134	6.16	4.13	-0.66	-6.13	263
136	6.31	4.29	-0.66	-6.28	264
138	6.45	4.10	-0.67	-6.42	264
140	6.60	4.13	-0.68	-6.57	264
142	6.74	4.13	-0.70	-6.71	264
144	6.89	4.32	-0.71	-6.86	264
146	7.04	4.46	-0.72	-7.01	264
148	7.19	4.50	-0.72	-7.16	264
150	7.34	4.29	-0.74	-7.31	264
152	7.50	4.42	-0.75	-7.46	264
154	7.65	4.38	-0.77	-7.61	264
156	7.80	4.44	-0.79	-7.77	264
158	7.98	4.52	-0.81	-7.92	264
160	8.12	4.57	-0.82	-8.08	264
162	8.24	4.80	-0.83	-8.24	264
164	8.44	4.84	-0.84	-8.41	264
166	8.61	4.84	-0.85	-8.57	264
168	8.78	4.95	-0.86	-8.74	264
170	8.95	5.27	-0.86	-8.91	264
172	9.13	5.18	-0.87	-9.09	264
174	9.31	5.25	-0.88	-9.27	264
176	9.49	5.30	-0.88	-9.46	264
178	9.67	5.12	-0.90	-9.64	264
180	9.86	5.27	-0.91	-9.82	264

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



C/ Núñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
tf: 915455579 / fax: 914352259

PROFUNDIDAD.	DISTANCIA	INCLINACIÓN	DESV. N.	DESV. E.	ACIMUT
182	10.04	5.20	-0.93	-10.00	264
184	10.22	5.31	-0.94	-10.18	264
186	10.41	5.39	-0.95	-10.37	264
188	10.59	5.19	-0.97	-10.55	264
190	10.77	5.31	-0.98	-10.73	264
192	10.96	5.44	-1.00	-10.92	264
194	11.15	5.41	-1.01	-11.11	264
196	11.34	5.40	-1.02	-11.29	264
198	11.53	5.44	-1.03	-11.48	264
200	11.67	4.21	-1.04	-11.63	264

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

## **ANEJO 4**

# **ENSAYO DE BOMBEO**

**ENSAYO DE BOMBEO**

Localidad MORADILLO DE SEDANO  
 N° Registro IPA 190860012  
 Profundidad Sondeo 200 m  
 Coordenadas UTM Pozo Piezómetro  
 X 442750  
 Y 4728300  
 Z 850 m

Fecha Ensayo 18 y 19 de mayo de 2005  
 Nivel estático inicial 4,00  
 Profund. Aspiración 144,2  
 Bomba CAPRARI 6" E6S 54/20 50 C  
 Grupo DEUSCH 100KVA 150 CV  
 Alternador MERCATE

**Piezómetro (n° IPA)**

Profundidad m  
 Distancia 4748984 m  
 Dirección (norte) 185 °E

**Régimen de bombeo**

Escalón	Caudal (l/s)	Duración (min)		Descenso (m)	
		Total	Parcial	Total	Parcial
1	8,9	10	10	2,27	2,27
2	15	35	25	1,35	3,62
3	20	1440	1405	3,93	7,55

**Síntesis litológica**

0-6 m Relleno (gravas y arenas). Cuaternario aluvial.  
 6-10 m Calcarenita marrón clara muy arcillosa. Cretácico superior.  
 10-30 m Calcarenita marrón rojiza. Cretácico superior.  
 30-57 m Alternancia de calcarenita gris, margas grises, calizas margosas y bioesparita. Cret sup.  
 57-65 m Calcarenita rojiza. Cretácico superior.  
 65-100 m Alternancia de calcarenita marrón y calcarenita rojiza. Cretácico sup.  
 100-120 m Calcarenita crema y gris oscura con restos fósiles. Cretácico superior.  
 120-155 m Calcarenita color crema con restos fósiles (Iacazina?). Cretácico superior.  
 155-200 m Calizas recristalizadas gris y ocre con restos fósiles. Cretácico superior.

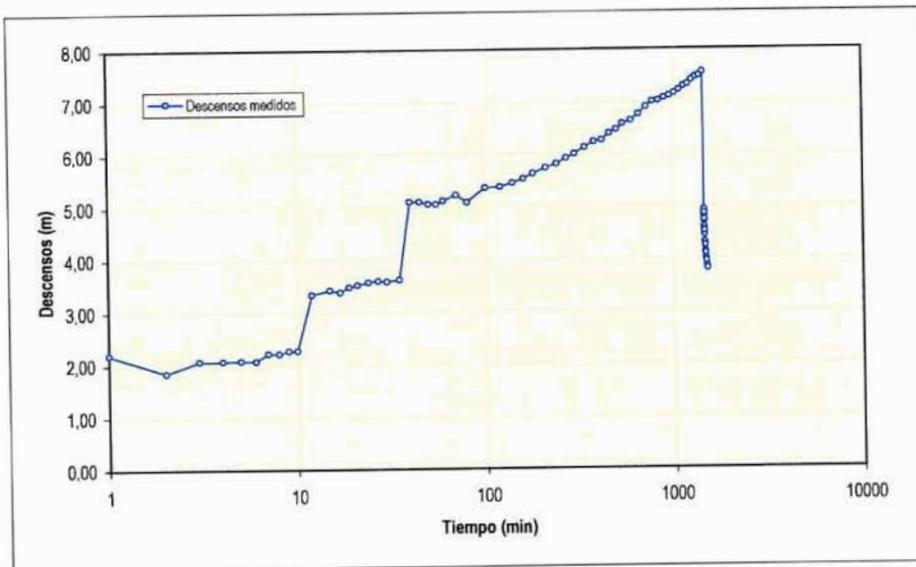
Perforación		Entubación		Rejilla	
0-11	φ 380 mm	0-11	φ 300 mm	59-68	4 mm
11-200	φ 220 mm	0-200	φ 180 mm	110-116	4 mm
				152-158	4 mm

Hora	Tiempo (min)	Pozo bombeo		Piezómetro		Q (l/s)	Observaciones
		Profund. (m)	Descenso (m)	Profund. (m)	Descenso (m)		
#####	0	4,00					
10:41	1	6,20	2,20			8,9	Agua sucia (marrón oscura)
10:42	2	5,85	1,85			8,9	
10:43	3	6,07	2,07			8,9	
10:44	4	6,07	2,07			8,9	
10:45	5	6,08	2,08			8,9	
10:46	6	6,07	2,07			8,9	Agua turbia.
10:47	7	6,22	2,22			8,9	
10:48	8	6,21	2,21			8,9	Agua casi clara.
10:49	9	6,27	2,27			8,9	
10:50	10	6,27	2,27			8,9	
10:52	12	7,34	3,34			15	
10:55	15	7,42	3,42			15	Agua clara.
10:57	17	7,38	3,38			15	
10:59	19	7,48	3,48			15	
11:01	21	7,52	3,52			15	Agua cristalina
11:04	24	7,57	3,57			15	
11:07	27	7,59	3,59			15	
11:10	30	7,58	3,58			15	
11:15	35	7,62	3,62			15	
11:20	40	9,10	5,10			20	
11:25	45	9,10	5,10			20	
11:30	50	9,06	5,06			20	
11:35	55	9,05	5,05			20	
11:40	60	9,12	5,12			20	
11:50	70	9,23	5,23			20	
12:00	80	9,09	5,09			20	
12:20	100	9,36	5,36			20	
12:40	120	9,38	5,38			20	
13:00	140	9,45	5,45			20	
13:20	160	9,53	5,53			20	
13:40	180	9,63	5,63			20	
14:10	210	9,74	5,74			20	
14:40	240	9,81	5,81			20	
15:10	270	9,92	5,92			20	
15:40	300	10,00	6,00			20	Cond: 376µS pH: 7.48 T° 13.2° C
16:20	340	10,12	6,12			20	
17:00	380	10,23	6,23			20	
17:40	420	10,26	6,26			20	
18:20	460	10,39	6,39			20	MUESTRA 1. Cond: 376µS pH: 7.56 T° 12.5° C
19:00	500	10,46	6,46			20	
19:40	540	10,57	6,57			20	
20:40	600	10,63	6,63			20	
21:40	660	10,75	6,75			20	
22:40	720	10,89	6,89			20	MUESTRA 2. Cond: 377µS pH: 7.3 T° 11.6° C
23:40	780	10,99	6,99			20	
0:40	840	11,01	7,01			20	
1:40	900	11,06	7,06			20	
2:40	960	11,10	7,10			20	
3:40	1020	11,15	7,15			20	
4:40	1080	11,21	7,21			20	

5:40	1140	11,28	7,28	20
6:40	1200	11,32	7,32	20
7:40	1260	11,40	7,40	20
8:40	1320	11,45	7,45	20
9:40	1380	11,48	7,48	20
10:40	1440	11,55	7,55	20
10:41	1441	8,84	4,84	0
10:42	1442	8,92	4,92	0
10:43	1443	8,70	4,70	0
10:44	1444	8,79	4,79	0
10:45	1445	8,85	4,85	0
10:46	1446	8,59	4,59	0
10:47	1447	8,73	4,73	0
10:48	1448	8,53	4,53	0
10:49	1449	8,44	4,44	0
10:50	1450	8,51	4,51	0
10:55	1455	8,30	4,30	0
11:00	1460	8,24	4,24	0
11:05	1465	8,12	4,12	0
11:10	1470	8,09	4,09	0
11:15	1475	8,00	4,00	0
11:20	1480	7,98	3,98	0
11:25	1485	7,94	3,94	0
11:30	1490	7,85	3,85	0
11:35	1495	7,83	3,83	0
11:40	1500	7,80	3,80	0

MUESTA 3. Cond: 380µS pH: 7.43 Tª 11.8° C

Nivel estático medido con sonda hidronivel habitual ntes de montarel equipo 3,24 m



<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> 19 de mayo de 2005	<b>Nº pag.:</b>	
<b>Nº SONDEO:</b> P-09.102.02	<b>POBLACIÓN:</b> MORADILLO DE SEDANO	<b>PROF.:</b> 200 m
<b>PERFORACIÓN</b>		
<b>INICIO:</b>	<b>SISTEMA:</b> ROTOPERCUSIÓN	
<b>DIAMETRO:</b>	mm	
<b>VELOCIDAD MEDIA DE AVANCE:</b>		

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

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

#### **Ensayo de bombeo del sondeo de Moradillo de Sedano MMA (190860012)**

El 17 de mayo, antes de montar el equipo se mide el nivel con la sonda de hidronivel habitual. El nivel está en 3.24 m.

El ensayo de bombeo comienza el 18 de mayo de 2005 a las 10:40 horas. Se realiza con el equipo habitual (pitot) y el agua se evacua al río. La bomba está a 144.20 m de profundidad.

Se quiere hacer un ensayo de caudal máximo continuo pero como el nivel está muy alto se hacen dos escalones al principio hasta poder alcanzar los 20 l/s (caudal máximo que se puede pasar por el hueco que queda entre la bomba y la tubería).

	<b>Tiempo</b>	<b>Caudal (l/s)</b>	<b>Descenso (m)</b>
<b>Escalón 1</b>	10 minutos	8.90	2.27
<b>Escalón 2</b>	25 minutos	15	3.62
<b>Escalón 3</b>	1305 minutos	20	7.55

El nivel no se estabiliza, va bajando durante todo el aforo, aunque el descenso es mínimo.

El agua sale sucia al principio (marrón oscuro) pero a los 15 minutos ya está totalmente clara y se mantiene así durante todo el aforo. La conductividad media es de 375 µS, el pH de 7.5 y la temperatura de unos 12 °C.

Tras el ensayo de bombeo se midió la recuperación durante una hora. En el primer minuto el nivel se recuperó casi 3 m y durante la hora restante se recuperó 1 m más. Al final quedaban todavía 3.80 m por recuperar.



**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° 1908-6-0012  
(09.102.002)**

**MORADILLO DE SEDANO  
(VALLE DE SEDANO, BURGOS)**

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 Moradillo de Sedano (Burgos), de 200 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 19-08 (135) Sedano.
- Término municipal de Valle de Sedano (Burgos). El sondeo se ubica unos 520 metros al SSE de la población pedánea de Moradillo de Sedano, a pocos metros del arroyo de Riyuela. Para acceder desde Moradillo de Sedano hay que tomar la carretera en dirección de Quintanaloma, y trascurridos unos 90 metros tomar un camino a la derecha que cruza el arroyo, el cual hay que seguir por espacio de 490 metros (Figuras 1, 2 y 3 ).
- Referencia catastral. Polígono 3, Parcela 145.
- Coordenadas UTM:

USO: 30T

X: 442.896

Y: 4.727.803

Z: 820 msnm.



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



Figura 3. Panorámica dirección norte (Fuente: Google Earth).

### **ENCUADRE HIDROGEOLÓGICO**

El sondeo se ubica en la masa de agua subterránea (m.a.s.) Páramos de Sedano-La Lora (09.002) definida sobre extensos páramos conocidos con esos nombres. Comprende las cuencas de los ríos Rudrón y Oca y el principal acuífero está constituido por las calizas del Cretácico superior dispuestas a modo de extensas parameras en las que se encajan los ríos Ebro, Rudrón y Hómino.

Se distinguen tres litologías: calcarenitas y calizas arenosas del Cenomaniense con potencia entre 40-100 m, calizas dolomitizadas del Turoniense-Santoniense inferior de espesor 100-200 m y calcarenitas bioclásticas del Santoniense medio superior de 80-150 m de espesor. La estructura, configurada por plataformas poco deformadas, es atravesada por los ríos haciendo que los principales acuíferos se desconecten entre sí. Al SE los materiales cretácicos se sumergen bajo el terciario de la Bureba, llegando a alcanzar profundidades de hasta 700 metros de profundidad

La recarga se realiza mediante la infiltración de las precipitaciones que se recogen en los afloramientos permeables de los páramos cretácicos de Orbaneja, Sédano y La Lora. Los flujos subterráneos convergen hacia los red hidrográfica para descargar en los ríos Ebro (Cueva del Agua de Orbaneja), Moradillo (Pozo Azul y Fuente Hornillo), San Antón y en el nacimiento de los ríos Rudrón y Homino (Manantiales de Hontonín). Otras zonas de recarga lo constituye el río Hurón que se infiltra totalmente en Basconcillos del Tozo para aflorar de nuevo en Barrio Panizales, constituyendo así el nacimiento del río Rudrón.

La unidad tiene un marcado carácter cárstico, con importantes complejos de cavidades entre los que destacan las Cuevas de Bastoncillos del Tozo, Tobazo, Pozo Azul y Orbaneja del Castillo.

El piezómetro se encuentra situado sobre el flanco Norte de un sinclinal muy amplio de dirección NO-SE, denominado Sinclinorio de Sedano, constituido por materiales carbonatados de edad Cretácico Superior (Campaniense), que afloran en superficie. Los buzamientos observables oscilan entre los 5 y los 15 grados hacia el Sur.



## INCIDENCIAS HIDROGEOLÓGICAS DE LA PERFORACIÓN

El sondeo se encuentra emboquillado en materiales identificados en la Hoja MAGNA nº 135 (Sedano) como del Santiense terminal-Campaniense. Trabajos de referencia más recientes, como los llevados a cabo por Floquet (1991) y Martín-Chivelet et al. (2002) denominan a esta unidad como Fm. Tubilla del Agua.

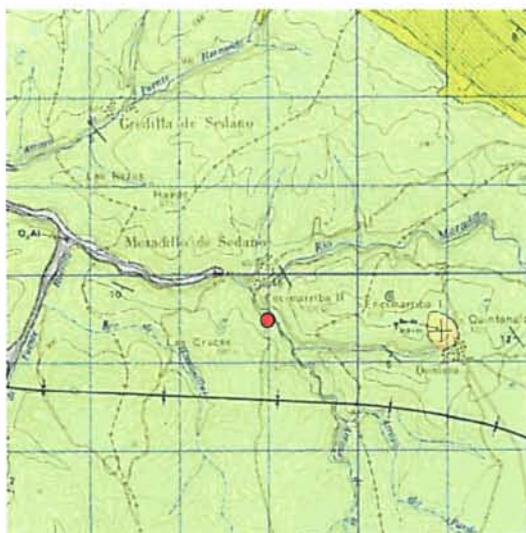


Figura 4. Situación del sondeo en la hoja nº 135 (Sedano)

La parte superior de la misma está compuesta por un miembro calcáreo-margoso con Lacazinas y calcarenitas que se atraviesa entre los metros 7 y 57, siendo los primeros metros los más representativos de la parte calcarenítica. El miembro inferior de esta unidad (Mb. San Pantaleón de Losa) se caracteriza por calcarenitas rojas bioclásticas poco cementadas y muy porosas, que se cree se ha atravesados entre los metros 57 y 70.

Por debajo de esta unidad aparece la Fm. Nocedo de Burgos, cuya edad va desde el Santiense inferior hasta el superior. Se caracteriza por la presencia de calizas y dolomías sin tanta influencia siliciclástica y con abundantes términos granostenidos peloidales con bioclastos. Se atraviesa entre el metro 70 al 128.

La última de las unidades atravesadas en este sondeo es la Fm. Nidaguila, del Coniaciense superior, que es predominantemente calco-margosa a margosa en función de la situación geográfica. Se atraviesa a partir del metro 128.

La columna atravesada ha sido la siguiente:

- 0-7 m: Gravas dispersas en arcillas marrones muy plásticas. Cuaternario.
- 7-27 m: Calcarenitas amarillentas y rojizas, generalmente de grano fino.
- 27-57 m: Dolomías grises con intercalaciones de calcarenitas amarillas y calizas blanquecinas.
- 57-70 m: Calizas bioclásticas rojas con muy puntuales calcarenitas amarillo-rojizas y calizas blancas.



- 70-100 m: Calizas grises-amarillentas.  
100-128 m: Calizas blanquecinas y grises con dolomías negras.  
128-160 m: Calizas grises con intercalaciones margosas, con dolomías gris negruzcas subordinadas.  
160-180 m: Calizas blanquecinas y grisáceas, con algunos niveles margosos y escasas dolomías.  
180-200 m: Dolomías grises con intercalaciones margosas y, de forma esporádica, calizas grises.

La principal zona productiva detectada durante la perforación se situó hacia el metro 65 y fue considerada por los sondistas como muy importante. Su caudal se estimó del orden de 45 L/seg. Posibles zonas productiva infrayacentes han podido quedar enmascarados por la entidad de esta.

La testificación geofísica ha permitido definir los siguientes tramos aportantes:

Tramos Productivos		Espesor m
Desde	Hasta	
63,5	67,5	4
87,0	91	4
109,5	112	2,5
117,0	119,5	2,5
133,0	138	5
156,0	160	4

El sondeo quedó entubado como sigue:

ENTUBACIÓN				
TRAMO (m)	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Tipo	Filtro
0-6	300	5	Hierro	Ciega
0-59	180	4	Hierro	Ciega
59-68	180	4	Hierro	Puente
68-110	180	4	Hierro	Ciega
110-116	180	4	Hierro	Puente
116-152	180	4	Hierro	Ciega
152-158	180	4	Hierro	Puente
158-200	180	4	Hierro	Ciega

El nivel piezométrico tras el acabado del sondeo (5/11/04) quedó a 5,91 metros de profundidad. Se detecta que el nivel está sujeto a continuo movimiento, lo que es lógico debido a que se está en una zona de recarga cársica.



## INCIDENCIAS DEL ENSAYO DE BOMBEO

El ensayo comenzó el 18 de mayo de 2005, a las 10:40 horas y tuvo una duración de 24 horas. El control de niveles se efectuó en el pozo de bombeo. El nivel inicial fue de 4 m.

La aspiración se situó a 144,20 metros de profundidad. El equipo de bombeo consistió en una motobomba CAPRARI 6" E6S 54/20 de 50 CV de potencia, movida por un grupo DEUSCH 100 KVA de 150 CV. El control del caudal se efectuó mediante un sistema Pitot y el agua se vertió al arroyo de Riyuela.

El ensayo se planificó como un bombeo escalonado debido a la incertidumbre del caudal, que se presumía muy elevado. Se inició con un caudal de 8,9 L/seg, pero a los 10 minutos se incrementó a 15 L/seg, y a los 35 minutos a 20 L/seg, que se mantuvo hasta el final de la prueba. El nivel dinámico descendió hasta 7,55 metros de profundidad pero no dió muestras de estabilización. La recuperación se midió durante una hora, al cabo de la cual el déficit de recuperación era de 3,80 metros.

El agua salió sucia en los primeros minutos, pero aclaró rápidamente y a los 15 minutos era cristalina. Durante el ensayo se recogió muestras de agua para su posterior análisis y se midió "in situ" pH, temperatura y conductividad. Los resultados obtenidos fueron:

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Conductividad (μS/cm)	pH
300	13,2	376	7,48
460	12,5	376	7,56
720	11,6	377	7,30
1440	11,8	380	7,43

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

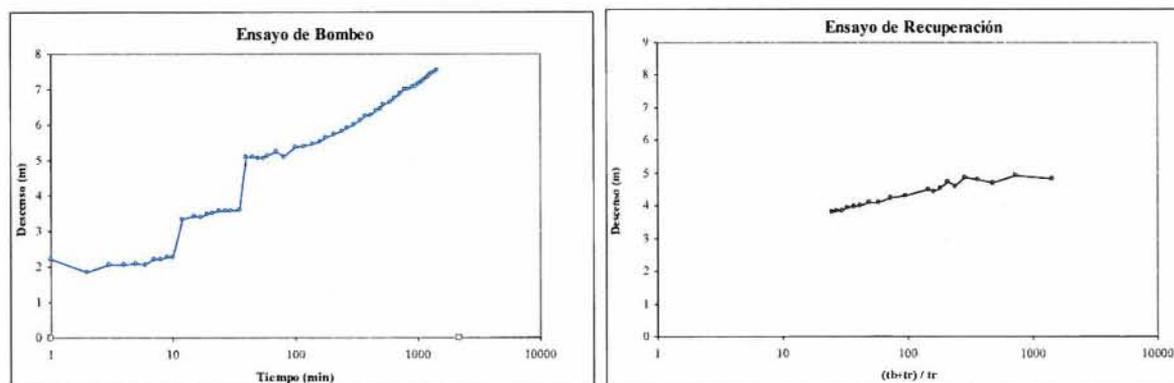


Figura 5 y 6. Curva de descenso-tiempo en bombeo y recuperación

## INTERPRETACIÓN

### Gráfico diagnóstico

La representación de la derivada de los descensos con respecto a los tiempos (Fig nº 7) es un indicador de las anomalías que afectan a la geometría del acuífero así como del modelo de funcionamiento del acuífero. En este caso concreto la gráfica muestra pendientes decreciente lo que pone en evidencia la existencias de agua externa (pendiente descendente) al almacenamiento del acuífero, bien por doble porosidad (acuífero cárstico) o que se trata de un modelo de acuífero con semiconfinamiento o aportes descendentes de niveles acuíferos superiores en los cuales no se ha enfrentado la rejilla.

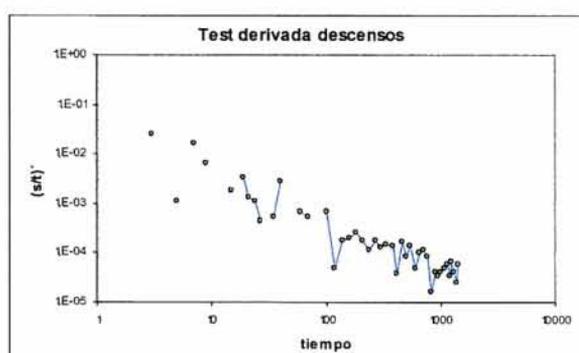


Figura 7

De acuerdo con esta presunción, la interpretación se ha realizado mediante la simulación del bombeo y la recuperación mediante prueba-error con el programa MABE (Método directo), utilizando la solución de Theis y Hantush. También se ha utilizado los métodos basados en la aproximación logarítmica de Jacob (métodos de Jacob y Recuperación de Theis).

### Método de Jacob

La transmisividad obtenida es de  $133 \text{ m}^2/\text{día}$  (figura 8). Al lado se representa la curva teórica simulada para ese valor de la transmisividad y un coeficiente de almacenamiento tanteado hasta conseguir la mejor calibración posible.

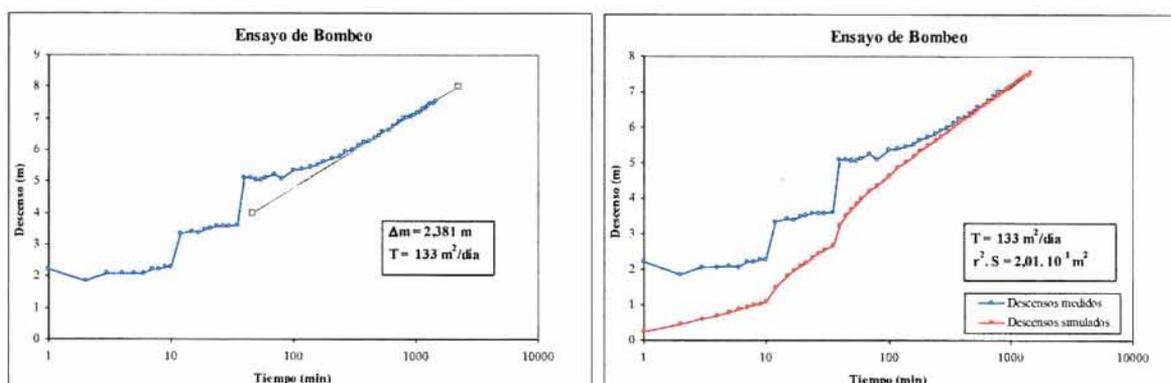


Figura 8

La calibración obtenida no es satisfactoria por la disimilitud de la curva teórica y la experimental. Por otro lado, el valor del coeficiente de almacenamiento (S) requerido es absurdo ( $>1$ ), y sugiere que existe aportes de agua diferentes de los contemplados por la solución de Theis, posiblemente almacenamiento cárstico.

Figura 9

### Método de Recuperación de Theis

El resultado obtenido por este método es de  $370 \text{ m}^2/\text{día}$  (figura 10). Al lado se compara las curvas de simuladas (figura 11), para ese valor de la transmisividad, y un valor de S tanteado para mejorar el ajuste.

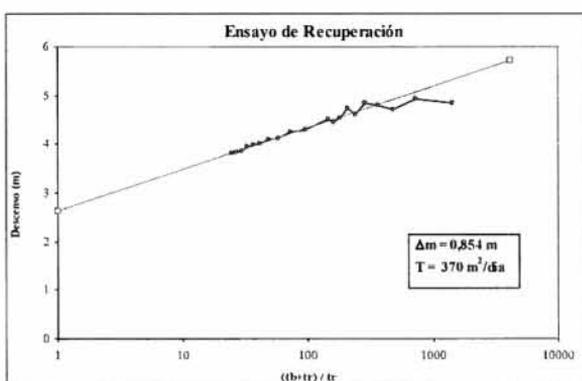


Figura 10

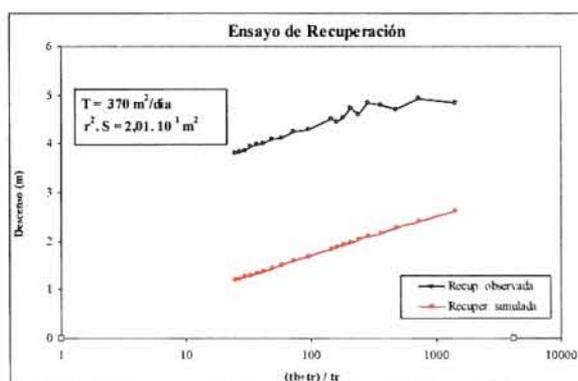


Figura 11

La curva simulada es superponible a la real, pero con un desplazamiento de 2,62 metros, similar al valor de la intersección de la recta de ajuste con el eje de ordenadas, lo que sugiere que el nivel estático es diferente al principio y final de la prueba.

Al igual que en el caso anterior, es necesario considerar valores de S mayor a la unidad, signo inequívoco de que hay aportes de agua adicionales, sea por almacenamiento cárstico, semiconfinamiento u otras causas.

### Método directo (Solución de Theis)

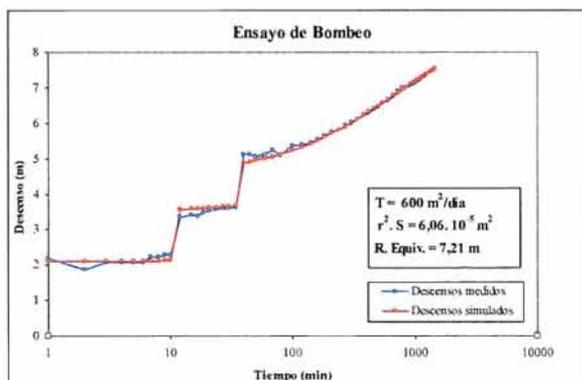


Figura 11

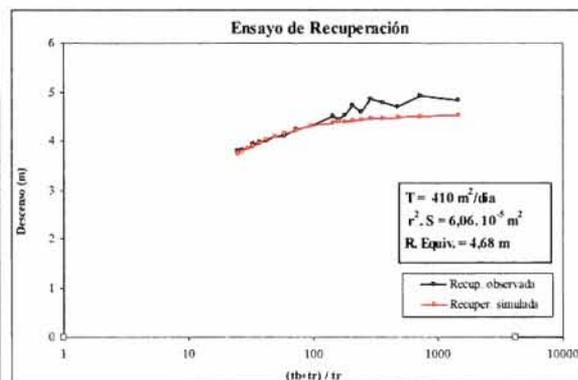


Figura 12

La calibración mediante prueba-error con la solución de Theis mejora los resultados anteriores, si bien los parámetros obtenidos no son idénticos para el bombeo y la recuperación. En ambos casos ha sido necesario admitir que parte del agua bombeada ha sido suministrada por un almacenamiento cárstico que se ha asimilado equivalente al bombeo en un pozo abierto de 7,21 m de radio en bombeo y 4,68 en recuperación.

El valor del coeficiente de Almacenamiento (S) que se deduce del parámetro agregado  $r^2.S$  es, en este caso, coherente con los propios de un acuífero calcarenítico.

### Método directo (Solución de Hantush)

Los resultados obtenidos mediante la solución de Hantush son similares a los obtenidos con la solución de Theis, pero con valores del parámetro  $r/B$  inferiores a  $10^{-4}$ , que a efectos prácticos equivale a ausencia de semiconfinamiento.

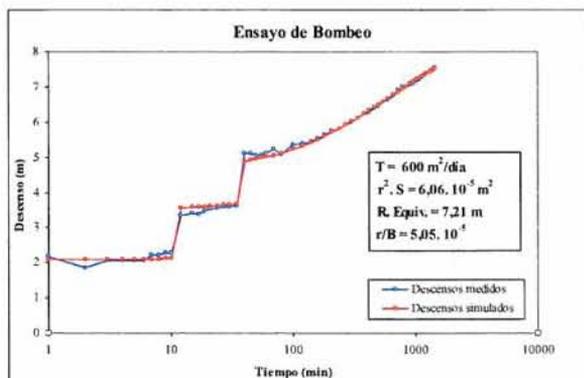


Figura 13

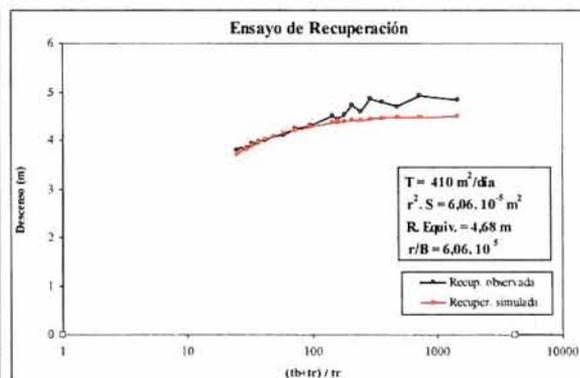


Figura 14

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se sintetizan en el siguiente cuadro.

Método de interpretación	Transmisividad m²/día	$r^2.S$ m²	$r/B$	R. Equival m	$\Delta h$ m
Aprox. Logarítmica (Método de Jacob)	132,98	---	---	---	2,38
Aprox. Logarítmica (Recuperación Theis)	370,46	---	---	---	0,85
Simulación bombeo (Solución de Theis)	600	6,06E-05	---	7,21	---
Simulación recuperación (Solución de Theis)	410	6,06E-05	---	4,68	---
Simulación bombeo (Solución de Hantush)	600	6,06E-05	5,05E-05	7,21	---
Simulación recuperación (Solución de Hantush)	0,66	6,06E-05	6,06E-05	4,68	---

Se considera que los parámetros obtenidos mediante la simulación del bombeo con la solución de Theis son los adecuados, dada la calidad de la calibración conseguida.



En consecuencia, se considera que los parámetros hidrogeológicos son:

$$T = 600 \text{ m}^2/\text{día.}$$

$$r^2.S = 6,06.10^{-5}$$

$$\text{Radio equivalente} = 7,21 \text{ m.}$$

Tanto por el valor de la transmisividad como por la necesidad de recurrir a la existencia de almacenamiento cárstico, con un valor del radio equivalente muy alto sugiere que se está ante un acuífero cárstico s.s.



## ANEXO Nº 1

**ESTADILLO ENSAYO DE BOMBEO**Localidad: **Moradillo de Sedano (Burgos)**Hoja MTN **19-08 (135) Sedano**

Nº de Inventario Pozo de bombeo:	<b>1908-6-0012</b>	Coordenadas sondeo:	<b>442896 4727803 820</b>
Nº de Inventario Piezómetro:	<b>—</b>	Coordenadas Piezómetro:	
Profundidad del sondeo:	<b>200 m</b>	Distancia del piezómetro:	
Nivel estático:	<b>4,00 m</b>	Toponimia./Ref.Catastral.	<b>Polígono 3, Parcela 145</b>
Profundidad techo Fm. acuífera (m)	<b>57 m</b>	Fecha ensayo:	<b>18 de mayo de 2005</b>
Profundidad muro Fm acuífera (m)	<b>200 m</b>	Bomba:	<b>CAPRARI 6" E6S 54/20 50 CV</b>
Longitud del filtro (Screen lenght)	<b>21 m</b>	Grupo :	<b>DEUSCH 100KVA 150 CV</b>
φ perforación (annulus diameter)	<b>220 mm</b>	Profundidad bomba:	<b>144,2 m</b>
φ pantalla (casing diameter)	<b>180 mm</b>		

Hora	Caudal l/seg.	Tiempo min	Pozo de bombeo		Piezómetro		Observaciones
			Profund. m.	Descen. m.	Profund. m.	Descen. m.	
10:40	0	0	4,00	0			
10:41	8,9	1	6,20	2,20			Agua sucia (marrón oscura)
10:42	8,9	2	5,85	1,85			
10:43	8,9	3	6,07	2,07			
10:44	8,9	4	6,07	2,07			
10:45	8,9	5	6,08	2,08			
10:46	8,9	6	6,07	2,07			Agua turbia.
10:47	8,9	7	6,22	2,22			
10:48	8,9	8	6,21	2,21			Agua casi clara.
10:49	8,9	9	6,27	2,27			
10:50	8,9	10	6,27	2,27			
10:52	15	12	7,34	3,34			
10:55	15	15	7,42	3,42			Agua clara.
10:57	15	17	7,38	3,38			
10:59	15	19	7,48	3,48			
11:01	15	21	7,52	3,52			Agua cristalina.
11:04	15	24	7,57	3,57			
11:07	15	27	7,59	3,59			
11:10	15	30	7,58	3,58			
11:15	15	35	7,62	3,62			
11:20	20	40	9,10	5,10			
11:25	20	45	9,10	5,10			
11:30	20	50	9,06	5,06			
11:35	20	55	9,05	5,05			
11:40	20	60	9,12	5,12			
11:50	20	70	9,23	5,23			
12:00	20	80	9,09	5,09			
12:20	20	100	9,36	5,36			
12:40	20	120	9,38	5,38			
13:00	20	140	9,45	5,45			
13:20	20	160	9,53	5,53			
13:40	20	180	9,63	5,63			
14:10	20	210	9,74	5,74			
14:40	20	240	9,81	5,81			
15:10	20	270	9,92	5,92			
15:40	20	300	10,00	6,00			Cond: 376µS pH: 7.48 Tª 13.2° C
16:20	20	340	10,12	6,12			
17:00	20	380	10,23	6,23			



Hora	Caudal l/seg.	Tiempo min	Pozo de bombeo		Piezómetro		Observaciones
			Profund. m.	Descen. m.	Profund. m.	Descen. m.	
17:40	20	420	10,26	6,26			
18:20	20	460	10,39	6,39			MUESTRA 1. Cond: 376µS pH: 7.56 Tª 12.5° C
19:00	20	500	10,46	6,46			
19:40	20	540	10,57	6,57			
20:40	20	600	10,63	6,63			
21:40	20	660	10,75	6,75			
22:40	20	720	10,89	6,89			MUESTRA 2. Cond: 377µS pH: 7.3 Tª 11.6° C
23:40	20	780	10,99	6,99			
0:40	20	840	11,01	7,01			
1:40	20	900	11,06	7,06			
2:40	20	960	11,1	7,10			
3:40	20	1020	11,15	7,15			
4:40	20	1080	11,21	7,21			
5:40	20	1140	11,28	7,28			
6:40	20	1200	11,32	7,32			
7:40	20	1260	11,4	7,40			
8:40	20	1320	11,45	7,45			
9:40	20	1380	11,48	7,48			
10:40	20	1440	11,55	7,55			MUESTRA 3. Cond: 380µS pH: 7.43 Tª 11.8° C
10:41	0	1441	8,84	4,84			
10:42	0	1442	8,92	4,92			
10:43	0	1443	8,7	4,70			
10:44	0	1444	8,79	4,79			
10:45	0	1445	8,85	4,85			
10:46	0	1446	8,59	4,59			
10:47	0	1447	8,73	4,73			
10:48	0	1448	8,53	4,53			
10:49	0	1449	8,44	4,44			
10:50	0	1450	8,51	4,51			
10:55	0	1455	8,3	4,30			
11:00	0	1460	8,24	4,24			
11:05	0	1465	8,12	4,12			
11:10	0	1470	8,09	4,09			
11:15	0	1475	8	4,00			
11:20	0	1480	7,98	3,98			
11:25	0	1485	7,94	3,94			
11:30	0	1490	7,85	3,85			
11:35	0	1495	7,83	3,83			
11:40	0	1500	7,8	3,80			

## **ANEJO 5**

# **ANÁLISIS QUÍMICOS REALIZADOS**

CENTRAL: C/ Santa Teresa, 17 30005 MURCIA  
Tel 968 213 926 Fax 968 210 948

LABORATORIO: Avda Europa, s/n Polig Ind Base 2000  
30564 LORQUÍ (MURCIA)  
Tel 968 693 711 Fax 968 690 691

## CENTRO DE ANÁLISIS DE AGUAS, S.A.



INFORME DE  
RESULTADO  
DE ENSAYO  
solicitado por:

**MICROTEC AMBIENTE, S.A.**

**PLATERÍA, 6, 3º.  
30004 MURCIA**

Denominación  
de la muestra:

**MORADILLO DE SEDANO. ENSAYO BOMBEO.-  
MUESTRA-1.-**

UTM-X:  
UTM-Y:

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

Envases: **1 PET 130 ml.**

Fecha muestreo **18/05/2005** Hora **18:2** Fecha recepción **06/06/2005** Inicio análisis **06/06/2005** Fin análisis **16/06/2005**

DETERMINACIÓN	RESULTADO		METODOLOGÍA
CONDUCTIVIDAD A 20 °C .....	<b>361</b>	µ S/cm	Electrometría. (P.I.E. COND)
pH.....	<b>7,67</b>	ud. de pH	Electrometría. (P.I.E. PH)
CLORUROS.....	<b>3,58</b>	mg/l	Método argentométrico de Mohr. (P.I.E. CLOR)
SULFATOS.....	<b>2,02</b>	mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. SULF)
BICARBONATOS.....	<b>255,77</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>6,57</b>	mg/l	Espectrofotometría de absorción (P.I.E. NITA)
SODIO.....	<b>1,61</b>	mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P.I.E. NaKA)
MAGNESIO.....	<b>22,09</b>	mg/l	Complexometría (P.I.E. DURE)
CALCIO.....	<b>61,24</b>	mg/l	Complexometría (P.I.E. CALC)
POTASIO.....	<b>0,53</b>	mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P.I.E. NaKA)
NITRITOS.....	<b>0,00</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>1,31</b>	mg/l P2O5	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. FOSF)
ANHÍDRIDO SILÍCICO .....	<b>4,44</b>	mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. SILI)
HIERRO.....	<b>0,00</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).....

**martes, 21 de junio de 2005**

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 Espiñeiro**  
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.

CENTRAL: C/ Santa Teresa, 17 30005 MURCIA  
Tel 968 213 926 Fax 968 210 948

LABORATORIO: Avda Europa, s/n Polig Ind Base 2000  
30564 LORQUI (MURCIA)  
Tel 968 693 711 Fax 968 690 691

CENTRO DE ANÁLISIS DE AGUAS, S.A.



INFORME DE  
RESULTADO  
DE ENSAYO  
solicitado por:

MICROTEC AMBIENTE, S.A.

PLATERÍA, 6, 3º.  
30004 MURCIA

Denominación  
de la muestra:

MORADILLO. ENSAYO BOMBEO.-  
MUESTRA-2 (12 HORAS).-

UTM-X:  
UTM-Y:

Matriz AGUA CONTINENTAL

Tomada por: EL CLIENTE

Envases: 1 PET 130 ml.

Fecha muestreo 18/05/2005 Hora

Fecha recepción 06/06/2005 Inicio análisis 06/06/2005 Fin análisis 16/06/2005

DETERMINACIÓN	RESULTADO		METODOLOGÍA
CONDUCTIVIDAD A 20 °C .....	360	µ S/cm	Electrometría. (P.I.E. COND)
pH.....	7,63	ud. de pH	Electrometría (P.I.E. PH)
CLORUROS.....	5,02	mg/l	Método argentométrico de Mohr. (P.I.E. CLOR)
SULFATOS.....	6,54	mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. SULF)
BICARBONATOS.....	257,02	mg/l	Acidimetría, con anaranjado de metilo. (P.I.E. ALCA)
CARBONATOS.....	0,00	mg/l	Acidimetría, con fenolftaleína. (P.I.E. ALCA)
NITRATOS.....	4,51	mg/l	Espectrofotometría de absorción (P.I.E. NITA)
SODIO.....	1,50	mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P.I.E. NaKA)
MAGNESIO.....	25,24	mg/l	Complexometría (P.I.E. DURE)
CALCIO.....	62,44	mg/l	Complexometría (P.I.E. CALC)
POTASIO.....	0,37	mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P.I.E. NaKA)
NITRITOS.....	0,00	mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. NITI)
AMONIO.....	< 0,04	mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. AMON)
BORO.....	0,00	mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. BORO)
FOSFATO .....	0,16	mg/l P2O5	Espectrofotometría de absorción (P.I.E. FOSF)
ANHÍDRIDO SILÍCICO .....	4,42	mg/l	Espectrofotometría de absorción (P.I.E. SILI)
HIERRO.....	0,02	mg/l	Espectrofotometría de absorción (P.I.E. HIER)
MANGANESO.....	0,00	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).....

**martes, 21 de junio de 2005**

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 Espiñeiro  
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.

Nº Registro: CAA/GE-1.401-05

Página 1 de 1

**INFORME de ENSAYO**  
**nº 305/05**

*DATOS del PETICIONARIO:*

nombre: **CYGSA**

dirección: **Baltasar Gracián 11, 1º C**

población: **50005 Zaragoza**

persona contacto: **Antonio Sánchez**

### 1. DATOS del PETICIONARIO

nombre: CYGSA  
dirección: Baltasar Gracián 11, 1º C  
población: 50005 Zaragoza  
persona de contacto: Antonio Sánchez

### 2. DATOS de la/s MUESTRA/S

A continuación se relacionan las muestras recibidas por CONTROL 7, S.A. en las fechas indicadas. Dichas muestras fueron tomadas por el peticionario y recibidas en nuestras instalaciones.

TIPO de MUESTRA	N/REF	S/REF	FECHA de TOMA	LUGAR de MUESTREO	FECHA de RECEPCION
agua subterránea	51056	Ensayo de bombeo.- Muestra 3	19-5-05	Moradillo de Sedano	19-5-05

### 3. ENSAYOS SOLICITADOS

A continuación se indican los ensayos solicitados por el peticionario junto con el procedimiento utilizado y la técnica analítica.

Los resultados marcados con \* no pertenecen al alcance de la Acreditación ENAC

PARAMETRO	PROCEDIMIENTO	TECNICA de ENSAYO
pH	PNT/ME-01	ELECTROMETRÍA
conductividad	PNT/ME-02	ELECTROMETRÍA
calcio	PNT/ME-14	VOLUMETRÍA
magnesio	PNT/ME-15	VOLUMETRÍA
sodio*	PNT/ME-23	ESPECT EMIS ATOMICA
potasio*	PNT/ME-23	ESPECT EMIS ATOMICA
sulfatos*	PNT/ME-12	GRAVIMETRÍA
cloruros*	PNT/ME-05	VOLUMETRÍA
carbonatos	PNT/ME-17	VOLUMETRÍA
bicarbonatos	PNT/ME-17	VOLUMETRÍA
nitratos	PNT/ME-11	ESPECTROFOTOM UV-vis
nitritos*	PNT/ME-13	ESPECTROFOTOM UV-vis
amonio*	PNT/ME-27	FOTOMETRIA
sílice *	PNT/ME-22	ESPECTROMETRIA AA
fosfatos	PTN/ME-06	ESPECTROFOTOM UV-vis
metales pesados*: Al, Cu, Fe, Zn	PTN/ME-22	ESPECTROMETRIA AA-llama
metales pesados*: Cd, Cr, Ni, Pb	-	ESPECTROMETRIA AA-CG

Las fechas de realización de los ensayos indicados han sido:

N/REF muestra	Fecha inicio	Fecha finalización
51056	20-5-05	4-7-05

### 4. RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las determinaciones efectuadas:

Polígono Malpica-Santa Isabel (Agrupación Los Sitios) - Calle E, Parcela 59-61, nave 9 - 50057 Zaragoza

Tels.: 976 571 227 - 976 573 754 - Fax: 976 573 494

CONTROL 7 - Inscrita en el Registro Mercantil de Zaragoza, tomo 977, folio 59, hoja Z-683, suscripción 1.ª - C.I.F. A-50361179

TIPO de MUESTRA: **agua subterránea**

N/REF: **51056**

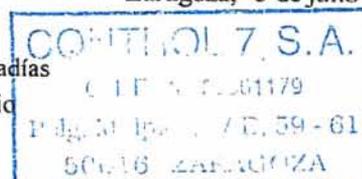
S/REF: **Ensayo de bombeo.- Muestra 3**

PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO
pH	ud pH	7,8
conductividad	μS/cm, 20°C	364
calcio	mg/L Ca	64,1
magnesio	mg/L Mg	13,4
sodio	mg/L Na	1,0
potasio	mg/L K	< 0,5
sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub>	4,8
cloruros	mg/L Cl	10,6
carbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	0,0
bicarbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	202,5
nitratos	mg/L NO <sub>3</sub>	5,67
nitritos	mg/L NO <sub>2</sub>	< 0,01
amonio	mg/L NH <sub>4</sub>	< 0,1
silice	mg/L SiO <sub>2</sub>	< 5
fosfatos	mg/L P	< 0,2
aluminio	mg/L Al	< 0,2
cadmio	μg/L Cd	< 10
cinc	mg/L Zn	< 0,02
cobre	mg/L Cu	< 0,05
cromo	μg/L Cr	< 10
hierro	mg/L Fe	< 0,1
níquel	μg/L Ni	< 10
plomo	μg/L Pb	< 10

**OBSERVACIONES:**

Zaragoza, 5 de julio de 2005

Fdo. Javier Gracia Abadías  
Director Laboratorio



Fdo. Eya Perisé  
Jefe Área Medioambiente

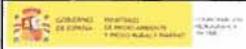
Los resultados sólo afectan a la muestra sometida a ensayo

El contenido de este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito de CONTROL 7

Las incertidumbres asociadas a los resultados se encuentran a disposición del cliente

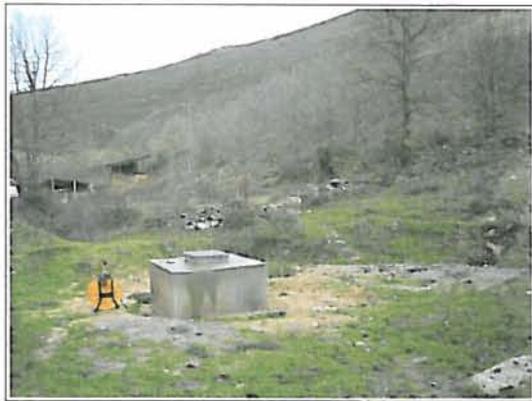
## **ANEJO 6**

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



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

Tipo: SONDAS Fuente de información: CHE (OPH)  
 Mapa 1:50.000: (1908) SEDANO UTMN: 442896 UTMV: 4727803 COTA: 800  
 Provincia: BURGOS Municipio: VALLE DE SEDANO  
 Localidad: MORADILLO DE SEDANO Paraje: MORADILLO MMA  
 Dominio Hidrogeológico: Vasco - Cantábrico Unidad: Sódano - La Lora  
 Acuífero: Cretácico superior Masa Subterránea B:  
 Masa Subterránea A: PARAMO DE SEDANO Y LORA Masa Subterránea B:  
 Acuífero: Cretácico superior Redes: PG PL PH CG CL CH CE L T LH I OI  
 Río: MORADILLO Cuenca: EBR( )  
 Observaciones: PIZÓMETRO DE LA RED BÁSICA DEL MMA. En el metro 65 se produjo un forzoso incremento de caudal



190860012 (15/12/2004)

Nº	Realización	Fecha	Fuente de información	FECHA	FECHA INFO	OBSERVACIONES
1	VAE		CHE (OPH)	23/08/2001		
60	Z-AMALTEA		CHE (OPH)	10/08/2005		Angel Amategui, Red MMA

**PERFORACIÓN**

Contratista: GENERAL DE PERFORACIONES SUAREZ S.L. (MIVRO/TEC-SACYR) Año: 2004  
 Tipo perforación: ROTOPERCUSSION CON CIRCULACION DIRECTA Profundidad total: 200  
 Observaciones: La perforación se inició el 23-10-04 y finalizó el 26-10-04

Desde	Hasta	Díámetro (mm)
0	11	300
11	200	180

**REVESTIMIENTO**

Desde	Hasta	Díámetro (mm)	Espesor (mm)	Tipo	Empaque
0	11	300	4	Metálica ciega	CEMENTACION
0	59	180	4	Metálica ciega	
59	68	180	4	Metálica puercuello	
68	110	180	4	Metálica ciega	
110	116	180	4	Metálica puercuello	
116	152	180	4	Metálica ciega	
152	158	180	4	Metálica puercuello	
158	200	180	4	Metálica ciega	

**TRATAMIENTOS ESPECIALES**

Fecha	Tipo
26/10/2004	Temperatura
26/10/2004	Conductividad
26/10/2004	Resistividad
26/10/2004	Pot. Espectroscópica
26/10/2004	Gamma natural
26/10/2004	Inclinación

**LITOLOGÍA**

Desde	Hasta	Litología	Edad	Tipo acuífero
0	6	GRAVAS	CUATERNARIO ALUVIAL	
Observaciones: RELLENO (ARENAS Y GRAVAS)				
6	10	CALIZAS	CRETACICO SUPERIOR	
Observaciones: CALCARENITA MARRÓN CLARA MU Y ARCHILLOSA				
10	30	CALIZAS	CRETACICO SUPERIOR	
Observaciones: CALCARENITA MARRÓN ROJIZA				
30	57	MARGAS	CRETACICO SUPERIOR	
Observaciones: ALTERNANCIA DE CALCARENITA GRIS, MARGAS GRISAS, CALIZAS MARGOSAS Y BIOLSPARITA				
57	65	CALIZAS	CRETACICO SUPERIOR	ACUIFERO
Observaciones: CALCARENITA ROJIZA				
65	100	CALIZAS	CRETACICO SUPERIOR	ACUIFERO
Observaciones: ALTERNANCIA DE CALCARENITA MARRÓN Y CALCARENITA ROJIZA				
100	120	CALIZAS	CRETACICO SUPERIOR	ACUIFERO
Observaciones: CALCARENITA CREMA Y GRIS OSCURO CON RESTOS FOSILES (BRECONICIBLES)				
120	155	CALIZAS	CRETACICO SUPERIOR	ACUIFERO
Observaciones: CALCARENITA COLOR CREMA CON RESTOS FOSILES (LACAZINA?)				
155	200			
Observaciones: CALIZAS RECRISTALIZADAS GRIS Y OCRE CON RESTOS FOSILES				

**EQUIPO INSTALADO**

Fecha	Tipo Bomba	Tipo Motor	Potencia (CV.)	Q Instantáneo (l/s)	Días de extracción	Equipos/Depósito Tratam	Prof. Bomba (m)	Tubería Plego.	Contador
01/01/2004						NO			

**ENSAYOS DE BOMBEO**

Fecha	Caudal (l/s)	Nivel Inicial (m)	Depresión (m)	Duración (h)	Transmisividad (m <sup>2</sup> /d)	S	Fuente Información
18/05/2005	20	7.62	-1.93	1			CHE (OPH)
Observaciones: Proyecto de mejora de la red piezométrica. Profundidad aspiración = 144.2, Bomba CAPRARI 6" E6S 54 20 50 CV							
18/05/2005	15	6.27	-1.35	0			CHE (OPH)
Observaciones: Proyecto de mejora de la red piezométrica. Profundidad aspiración = 144.2, Bomba CAPRARI 6" E6S 54 20 50 CV							
18/05/2005	8.9	4	-2.27	0			CHE (OPH)
Observaciones: Proyecto de mejora de la red piezométrica. Profundidad aspiración = 144.2, Bomba CAPRARI 6" E6S 54 20 50 CV							

**PIEZOHIDROMETRÍA**

Nº de medidas	Máximo	Mínimo	Rango de Oscilación	Media	Desviación típica
40	9.21	2.62	6.61	5.1915	1.3277

Fecha muestra	Nivel (m)	Caudal (l/s)	Altura de Escala (m)	Cota (m)	Medida Piezómetros	Tipo de Medida	Fuente información	Referencia de medida	Altura de medida
06/08/2008	4.77			855.23	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
Observaciones:									
10/07/2008	3.91			856.09	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
Observaciones:									
11/06/2008					No Medible		CHE (OPH)	BROCAL	0
Observaciones: Surgente									
06/05/2008	4.71			855.29	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
Observaciones:									
02/04/2008	4.04			855.96	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
Observaciones:									
19/03/2008	6.43			853.57	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
Observaciones:									
13/02/2008	5.93			854.03	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
Observaciones:									
09/01/2008	6.1			853.9	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
Observaciones:									
03/12/2007	3.92			854.03	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
Observaciones:									
13/11/2007	5.74			854.26	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
Observaciones: Biogás rotas									
16/10/2007	3.52			854.48	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
Observaciones:									
20/09/2007	5.3			854.7	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
Observaciones:									
08/08/2007	4.6			855.4	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
Observaciones:									
17/07/2007	4.29			855.71	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
Observaciones:									
23/06/2007	3.46			856.54	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
Observaciones:									
16/05/2007	2.62			857.38	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
Observaciones: Biogás rotas									
19/04/2007	2.99			857.03	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
Observaciones:									
15/03/2007					No Medible		CHE (OPH)	BROCAL	0
Observaciones: Surgente									
06/02/2007					No Medible		CHE (OPH)	BROCAL	0
Observaciones: Surgente									
09/01/2007	3.86			854.14	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
Observaciones:									
11/12/2006					No Medible		CHE (OPH)	BROCAL	0
Observaciones: Surgente									
15/11/2006	6.94			853.86	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROCAL	0
Observaciones:									



Fecha muestro	Nivel (m)	Caudal (l/s)	Altura de Escala (m)	Cota (m)	Medida PiezoHidro.	Tipo de Medida	Fuente información	Referencia de medida	Altura de medida
18.05.2005	6.07	8.9		853.93	Nivel Dinámico	SONDA MANUAL	CHE (099)	BROCAL	0
<b>Observaciones:</b> Pagado automático proyecto de mejora de la red piezométrica									
18.05.2005	5.83	8.9		854.15	Nivel Dinámico	SONDA MANUAL	CHE (099)	BROCAL	0
<b>Observaciones:</b> Pagado automático proyecto de mejora de la red piezométrica									
18.05.2005	6.2	8.9		853.8	Nivel Dinámico	SONDA MANUAL	CHE (099)	BROCAL	0
<b>Observaciones:</b> Agua oscura (maraton oculto) Pagado automático proyecto de mejora de la red piezométrica									
18.05.2005	4	0		856	Nivel Dinámico	SONDA MANUAL	CHE (099)	BROCAL	0
<b>Observaciones:</b> Pagado automático proyecto de mejora de la red piezométrica									
09.05.2005	3.91			856.09	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (099)	BROCAL	0
<b>Observaciones:</b>									
19.04.2005	2.74			857.26	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (099)	BROCAL	0
<b>Observaciones:</b>									
17.03.2005					Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (099)	BROCAL	0
<b>Observaciones:</b> Surgente									
23.02.2005					Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (099)	BROCAL	0
<b>Observaciones:</b> No medible, inaccesible por nieve									
20.01.2005	3.91			856.09	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (099)	BROCAL	0
<b>Observaciones:</b>									
21.12.2004	5.63			854.37	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (099)	BROCAL	0
<b>Observaciones:</b>									
05.11.2004	5.91			854.09	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (099)	BROCAL	0
<b>Observaciones:</b> Primera medida tras el terremoto momento definitivo									
26.10.2003	9.23				Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (099)		
<b>Observaciones:</b> Medido tras la embalsada. El agua se cortó en gran cantidad (aron=45 l/s) a las 6.5 m									
01.02.0008	5.58				Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (099)		
<b>Observaciones:</b>									

## OTRAS FOTOS



MondilloSt (23/10/2004)



MondilloSt2 (23/10/2004)



MondilloStn (05/11/2004)



190860012 (01/03/0004)



190860012urgente (15/03/2005)



19086012MondilloDetalle (15/05/2005)

## FICHA DE PIEZÓMETRO

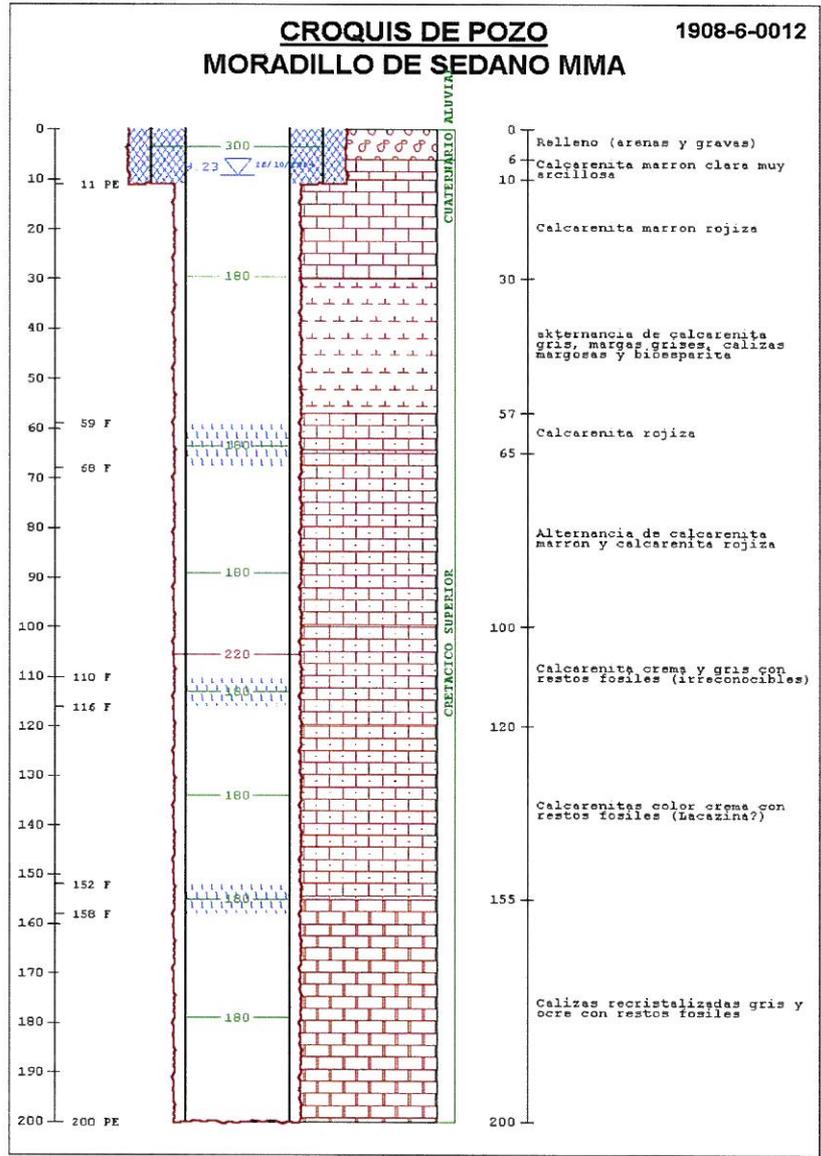
TOPONIMIA		MORADILLO MMA		CÓDIGO IDENTIFICACIÓN		09.102.02	
CÓDIGO IPA		190860012		Nº MTN 1:50.000		1908 MUNICIPIO VALLE DE SEDANO PROVINCIA BURGOS	
CUENCA HIDROGRÁFICA		EBRO					
MASA AGUA SUBTERRÁNEA		002   PÁRAMO DE SEDANO Y LORA					
U. HIDROGEOLOGÍCA		102   Sedano - La Lora (Dominio 1 Pirenaico Vasco-Cantabrico)					
ACUÍFERO(S)		02-03 Cretácico Superior					
COORDENADAS UTM HUSO 30	X	442896	DATOS OBTENIDOS DE:		GIS-Oleicola	REFERENCIA DE LAS MEDIDAS	BROCAL
	Y	4727803					
COTA DEL SUELO msnm	Z	820	DATOS OBTENIDOS DE:		1:50000	ALTURA SOBRE EL SUELO m	0
POLÍGONO		Monte nº 314		PARCELA			
TITULARIDAD DEL TERRENO		Junta Administrativa de Moradillo de Sedano					
PERSONA DE CONTACTO							
ACCESO							

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y DE USO													
USO		PROFUNDIDAD DEL SONDEO						200		EMPAQUE		No	
PERFORACIÓN (m)			ENTUBACIÓN (m)				FILTROS (m)			CEMENTACION			
DESDE	HASTA	Ø(mm)	DESDE	HASTA	Ø(mm)	NATURAL.	DESDE	HASTA	NATURALEZA	DESDE	HASTA		
0	11	380	0	11	300	Metálica	59	68	Puentecillo	0	2		
11	200	220	0	59	180	Metálica	110	116	Puentecillo	9	11		
			68	110	180	Metálica	152	158	Puentecillo				
			116	152	180	Metálica							
			158	200	180	Metálica							

HISTORIA			
PERTENECE A REDES HISTÓRICAS	No	PERIODO DE MEDIDAS	26/10/2003
ORGANISMO	CHE (OPH)		

LOCALIZACIÓN	
<p>MAPA TOPOGRÁFICO 1.50.000</p>	<p>FOTO AÉREA</p>

**CROQUIS DEL SONDEO Y DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA SUCINTA**



**FOTOGRAFÍAS DEL EMPLAZAMIENTO : ENTORNO Y DETALLE**



Tabla 6. Resultados de los análisis de agua:

<b>Determinación</b>	<b>Muestra 1 Ensayo de bombeo</b>	<b>Muestra 2 Ensayo de bombeo</b>	<b>Muestra 3 Ensayo de bombeo</b>
Cloruros	3,58 mg/l	5,02 mg/l	10,6 mg/l
Sulfatos	2,02 mg/l	6,54 mg/l	4,8 mg/l
Bicarbonatos	255,77 mg/l	257,02 mg/l	202,5 mg/l
Carbonatos	0,00 mg/l	0,00 mg/l	0,00 mg/l
Nitratos	6,57 mg/l	4,51 mg/l	5,67 mg/l
Sodio	1,61 mg/l	1,50 mg/l	1,0 mg/l
Magnesio	22,09 mg/l	25,24 mg/l	13,4 mg/l
Calcio	61,24 mg/l	62,44 mg/l	64,1 mg/l
Potasio	0,53 mg/l	0,37 mg/l	<0,5 mg/l
Nitritos	0,00 mg/l	0,00 mg/l	<0,01 mg/l
Amonio	<0,04 mg/l	<0,04 mg/l	<0,1 mg/l
Boro	0,00 mg/l	0,00 mg/l	---
Fosfato	1,31 mg/l	0,16 mg/l	<0,2mg/l
Anhídrido Silícico	4,44 mg/l	4,42 mg/l	<5 mg/l
Hierro	0,00 mg/l	0,02 mg/l	<0,1 mg/l
Manganeso	0,00 mg/l	0,00 mg/l	---
Aluminio	---	---	<0,2 mg/l
Cadmio	---	---	<10 µg/l
Cinc	---	---	<0,02 mg/l
Cobre	---	---	<0,05 mg/l
Cromo	---	---	<10 µg/l
Niquel	---	---	<10 µg/l
Plomo	---	---	<10 µg/l