



INFORME PIEZÓMETRO DE LA MOLINA DE UBIERNA: 09.124.01



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 N° 0: REPLANTEO Y PERMISOS DE OCUPACIÓN

ANEJO N° 1: INFORMES DÍARIOS DE PERFORACIÓN

ANEJO N° 2: INFORME GEOLÓGICO

ANEJO N° 3: GEOFÍSICA

ANEJO N° 4: ENSAYO DE BOMBEO

ANEJO N° 5: ANÁLISIS QUÍMICOS REALIZADOS

ANEJO N° 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

El sondeo se ubica en una escama aislada al norte de los afloramientos mesozoicos donde se localizan los drenajes de La Molina de Ubierna. Los mesozoicos están rodeados por extensos afloramientos terciarios del surco del Ebro que en este sector pasa a denominarse Corredor de la Bureba pues es donde se produce la conexión con el terciario de la cuenca del Duero. Es llamativa en esta zona la captura de la red de drenaje con vertiente Duero por parte del Ebro.

Se emboquillado en las Calizas y calcarenitas 24.03 Cretácico superior, se encuentra en las proximidades de una zona de descarga.

2. LOCALIZACIÓN

El piezómetro está situado a unos 300 m al S del municipio de La Molina de Ubierna, entre dos parcelas cultivadas.

A este emplazamiento se accede desde La Molina de Ubierna. Se toma el camino situado al SE del municipio. El piezómetro se sitúa a unos 200 m después de pasar el canal, en medio de la parcela de la derecha. Las coordenadas UTM punto son:

X= 448.559 Y= 4.706.700 Z= 898 m.s.n.m.



Figura 1. Ubicación del piezómetro de La Molina Ubierna sobre la GIS – OLEÍCOLA.

3. SITUACIÓN GEOLÓGICA

Como se puede observar en la Figura 2, el sondeo se encuentra emboquillado en las inmediaciones del contacto entre los materiales del Terciario postorogénicos y los materiales del Cretácico Superior que se diferencian dentro del Mapa Geológico de la Cuenca del Ebro como unidad 450. Se corresponden con la unidad 13 de la Hoja MAGNA nº 167 (Montorio) de edad Santoniense medio a superior, integrada por calizas y calcarenitas con fósiles, siempre según la Cartografía MAGNA. La edad de esta unidad concuerda con las dataciones de los estudios más recientes, como los llevados a cabo por Floquet (1991) y Martín-Chivelet *et al.* (2002). Aparentemente, el sondeo sólo corta materiales pertenecientes al superciclo Cretácico Superior.

La estructura general de la zona es un tanto compleja, ya que la presencia del Terciario de modo discordante sobre los materiales Cretácicos hace que no se pueda efectuar una interpretación directa. Por la situación general, se podría hablar de que el sondeo se encuentra en el bloque S de la denominada falla de Ubierna. Elucubrando un poco más se puede considerar la zona de emboquille, como parte de una estructura anticlinal de dimensiones kilométricas y con una disposición con dirección E-W. Los datos de buzamiento aún son más difíciles de precisar, aunque si se supone la continuidad de la estructura, sería de hasta unos 40 grados hacia el N.



Figura 2. Entorno geológico del piezómetro de La Molina de Ubierna.

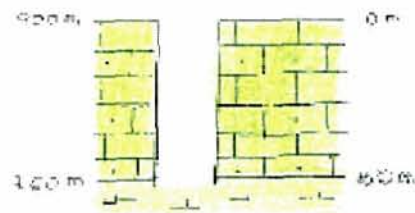
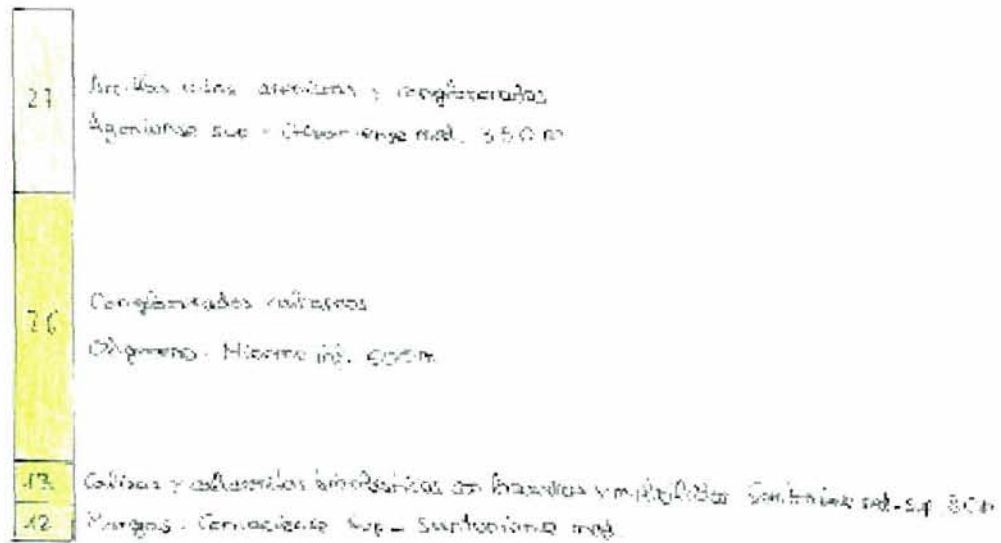


Figura 3. Corte geológico y columna prevista para el piezómetro de La Molina de Ubierna

4. MARCO HIDROGEOLÓGICO

El sondeo se localiza en el dominio hidrogeológico 1 "Dominio pierenáico 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).

A su vez, se sitúa dentro de la unidad hidrogeológica 124 "Bureba", correspondiente a la masa de agua subterránea con Código 090.024 denominada "Bureba", y el acuífero a controlar son las calizas con lacazinas del Santoniense.

El acuífero de la masa de agua 090.024 es un acuífero carbonatado predominantemente libre que constituye una compleja estructura que confina plegamientos, fracturas inversas y cabalgamientos en profundidad. Está formada por varios materiales acuíferos de entre los que destacan los del Cretácico superior, formados por tres unidades calcáreas que pueden llegar a tener 450 m de potencia. Además hay dolomías y calizas del Rethiense-Sinemuriense, arenas de Utrillas con 125-150 m de potencia, conglomerados del Terciario continental, y aluviales y coluviales del Cuaternario. La recarga se realiza mediante la infiltración de la precipitación en los afloramientos permeables. La descarga natural se produce a través del manantial de Santa Casilda, aunque las direcciones de flujo subterráneo se desconocen.

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

6. DATOS DE LA PERFORACIÓN

La perforación se inició el 8 de noviembre de 2004 y se terminó el 9 de noviembre de 2004.

Se realizó un emboquille de 6 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.

Hasta alcanzar los 130 metros totales se perforó 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. La velocidad media de perforación fue de unos 20-25 m/h. El nivel se cortó a los 20 metros de profundidad.

(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 litológica atravesada:

0-85 m	Calcarenitas y calizas beige y rojizas con miliólidos.
85-130 m	Calizas margosas y margas grises.

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

La edad de las litologías atravesadas, según el informe geológico del IGME, son las siguientes:

De 0 m a 24 m.- Fm. Tubilla del Agua (Santoniense Superior)

De 24 m a 115 m.- Fm Nocedo de Burgos (Santoniense Inferior-Medio)

De 115 m a 130 m.- Fm De Nidaguila (Coniaciense Superior)

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

8. TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA

La testificación geofísica se realiza el día 10 de noviembre de 2004. En ella se registraron los parámetros de gamma natural, potencial espontáneo y resistividad, así como la verticalidad y desviación de la perforación. Se diferenciaron los siguientes tramos con aporte de agua: tramo de 37.5 m a 39.5 m, tramo de 47 m a 49 m, tramo de 51 m a 52 m, tramo de 54 m a 55.5 m, tramo de 64 m a 65, tramo de 66.5 m a 67 m, tramo de 67.5 m a 68.5 m.

La distancia de máxima desviación con la vertical a los 130 m de profundidad ha sido de 2,24 metros. El Acimut mantiene una medida aproximada de 350°. El sondeo comienza a desviarse a partir de los 28 m llegando a alcanzar los 2,44° al final del sondeo.

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
0-6	300	5	Acero al carbono	Ciega
0-40	180	4	Acero al carbono	Ciega
40-46	180	4	Acero al carbono	Puente
46-52	180	4	Acero al carbono	Ciega
52-58	180	4	Acero al carbono	Puente
58-64	180	4	Acero al carbono	Ciega
64-70	180	4	Acero al carbono	Puente
70-130	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.

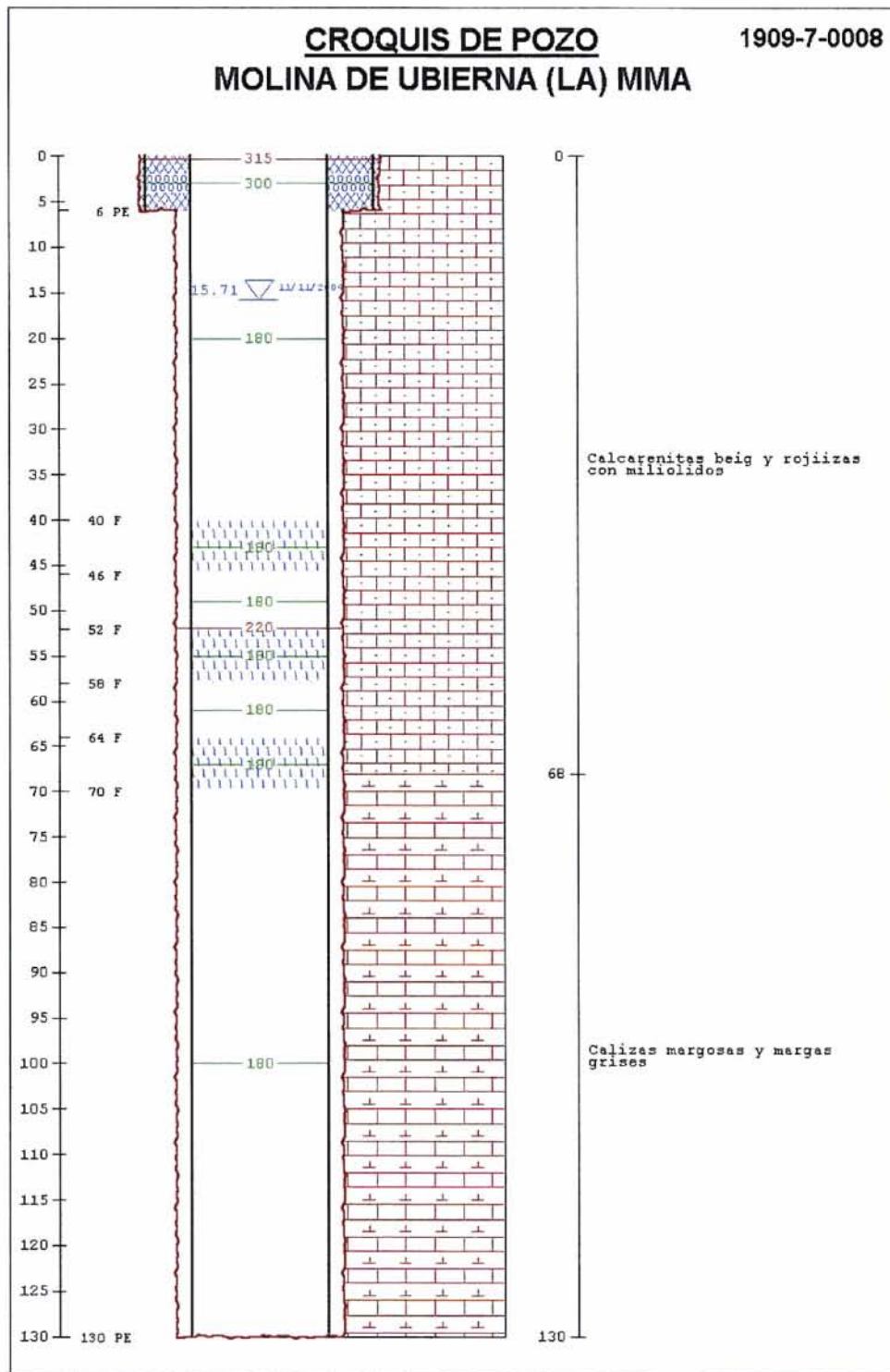


Figura 4. Esquema constructivo con las características litológicas y la entubación realizada en el sondeo.

10. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

El acuífero perforado está construido por las calizas con lacazinas del Santiense.

El nivel se detectó a los 20 metros de profundidad.

La diferencia aproximada de cota respecto a los Manantiales de La Molina es de 31 metros. La conductividad de los manantiales es de 434 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la temperatura de 13,7° C.

El nivel medido tras la testificación, el 10 de noviembre de 2004 a las 12:00 h, estaba en 15,79 m (Referencia = suelo + 0,38 m).

Durante la limpieza del sondeo se tomó una muestra de agua. In situ se midieron los parámetros de conductividad y temperatura. Conductividad = 451 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y $T^a = 13,5^\circ \text{C}$.

ENSAYO DE BOMBEO Y PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS DEL ACUÍFERO

Durante los días 15 y 16 de octubre de 2007 se realizó un ensayo de bombeo escalonado de 24 horas con su correspondiente recuperación. El nivel se situó a 15 m y la aspiración a 99 metros de profundidad. Se realizaron 8 escalones con caudales comprendidos entre 0,7 y 3 l/s, excepto el primero, cuyo caudal extraído fue de 15 l/s y duró 3 minutos. Entre algunos de estos escalones se paró y se midió recuperación.

El agua, en general, salió turbia al principio de cada escalón y luego aclaró. Entre medio de alguno de estos escalones se enturbió. La conductividad

media del agua, medida in situ, durante el ensayo pasó de 883 a 460 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el pH medio fue de 6,8 y la temperatura de 14^o C.

Tras el bombeo se midió una recuperación de 120 minutos. En ese tiempo el nivel pasó del metro 78,23 al metro 15,19. El descenso residual del nivel fue de 0,19 metros.

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

Tiempo de bombeo (minutos)	Profundidad (metros)	Descenso (metros)	Caudal (l/s)
0	15,00	0,00	0,00
3	80,00	65,00	15,00
6	68,22	53,22	0,00
63	15,33	0,33	0,00
64	22,60	7,60	3,00
93	93,00	78,00	3,00
94	84,86	69,86	0,00
163	15,21	0,21	0,00
166	23,29	8,29	1,00
223	19,74	4,74	1,00
224	20,01	5,01	2,00
273	93,00	78,00	2,00
274	85,23	70,23	0,00
333	15,32	0,32	0,00
334	21,00	6,00	1,00
378	19,36	4,36	1,00
1150	19,36	4,36	1,00
1151	17,26	2,26	0,00
1270	15,50	0,50	0,00
1271	21,00	6,00	1,5
1320	77,05	62,05	1,5
1330	90,85	75,85	0,7
1350	85,57	70,57	0,7
1360	84,81	69,81	1,00
1440	78,23	63,23	1,00

Tiempo de bombeo (minutos)	Profundidad (metros)	Descenso (metros)	Caudal (l/s)
1441	66,37	51,37	0,00
1445	57,26	42,26	0,00
1450	49,91	34,91	0,00
1470	19,03	4,03	0,00
1500	15,61	0,61	0,00
1560	15,19	0,19	0,00

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

(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 durante el ensayo de bombeo, en el escalón 4, con un caudal de 2 l/s. (Conductividad: 410 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH: 7,34.)
- Muestra tomada al final del ensayo de bombeo (a las 24 horas). (Conductividad: 399 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH: 7,34.)

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 Ca^{+2} y 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.

Tampoco se superan los valores habituales y de referencia en los iones mayoritarios en aguas subterráneas (datos según Custodio y Llamas, ed. 1996), ni los límites marcados por la legislación vigente.

Tabla 4. Resultados de los análisis de agua:

Determinación	Ensayo de bombeo esc 4, 2 l/s	Muestra 3 Ensayo de bombeo
Cloruros	13,73 mg/l	10,84 mg/l
Sulfatos	11,84 mg/l	10,80 mg/l
Bicarbonatos	243,65 mg/l	253,44 mg/l
Carbonatos	<5 mg/l	<5 mg/l
Nitratos	24,57 mg/l	20,60 mg/l
Sodio	2,50 mg/l	2,39 mg/l
Magnesio	2,67 mg/l	2,19 mg/l
Calcio	96,12 mg/l	100,12 mg/l
Potasio	0,35 mg/l	0,30 mg/l
Nitritos	<0,04 mg/l	<0,04 mg/l
Amonio	0,06 mg/l	<0,04 mg/l
Boro	0,03 mg/l	0,05 mg/l
Fosfato	<0,05 mg/l	0,19 mg/l
Anhídrido Silícico	5,00 mg/l	4,98 mg/l
Hierro	<0,05 mg/l	<0,05 mg/l
Manganeso	<0,02 mg/l	<0,02 mg/l

12. CONCLUSIONES

Se ha construido un piezómetro en el término municipal de La Molina de Ubierna con el objeto de controlar los manantiales de La Molina, así como poder valorar las características del acuífero, determinar la calidad química del recurso y, adicionalmente, medir mensualmente la profundidad a la que se encuentra el nivel del agua dentro del mismo.

El sondeo se ha realizado por el método de rotoperCUSión. El diámetro de la perforación es de 220 mm y la profundidad alcanzada ha sido de 130m. El acuífero atravesado está constituido por las calizas con lacazinas del Santiense. El nivel se sitúa sobre los 16 metros de profundidad.

El caudal medio, valorado mediante el correspondiente ensayo de bombeo, está en 1 l/s.

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° : 13.
PIEZÓMETRO N°: P-09.124.01
IPA: 1909-7-0008
TOPONIMIA: La Molina de Ubierna
MUNICIPIO: Merindad de Río Ubierna (Sotopalacios)
POLÍGONO:
PARCELA:

OBSERVACIONES:

Se visitó de nuevo la zona el día 19/05/04 en compañía de D. Julio del Olmo presidente de la Junta vecinal de la Molina de Ubierna. El paraje elegido de titularidad municipal y se sitúa en las siguiente coordenadas:

La nueva coordenada U.T.M. obtenida con GPS es:

- X=448.572
- Y=4.006.751
- Z= 880 m s.n.m.

Esta ubicación se encuentra a unos 300 m al sur del pueblo. Y unos 20 m al sur de la vía del tren.



Foto n°1. Ubicación del sondeo.

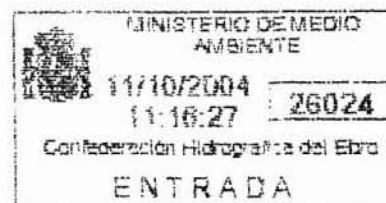
El sondeo tendría una profundidad de 175 metros y se emboquillaría directamente en la formación acuífera objeto del sondeo (calcarenitas biocásticas del Cretácico superior (Santoniense)).

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.***

El nuevo punto si cubriría el objetivo hidrogeológico que se pretende en el proyecto constructivo.

JUNTA VECINAL DE LA MOLINA DE UBIERNA (Burgos)



D. JULIO DEL OLMO ARCE, Presidente de la Junta Vecinal de La Molina de Ubierna (Burgos) de conformidad con su escrito referente a solicitud de disponibilidad de terrenos para la construcción y observación de un piezómetro,

AUTORIZO

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 m²; necesarios para construir el sondeo 09.124.01 en terreno público de este municipio, en el paraje "Quiñones" sito en La Molina de Ubierna o similar.
2. La ocupación durante un periodo de treinta años. Prorrogable al término del mismo, de un espacio de unos 3 m², 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 06 de octubre de 2.004.

EL PRESIDENTE
Fdo. Julio Del Olmo Arce



Hmo. Sr. JEFE DE LA OFICINA DE PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO.-

ANEJO 1

INFORMES DIARIOS DE PERFORACIÓN



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



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

FECHA: 9/11/2004	Nº pag.:	
Nº SONDEO: P-09. 124.01	POBLACIÓN: La Molina de Ubierna	PROF.: 175 m
PERFORACIÓN		
INICIO: 9/11/2004	SISTEMA: ROTOPERCUSIÓN	
DIÁMETRO:	220 mm	
VELOCIDAD DE AVANCE: Unos 30 m/h		

OBSERVACIONES DE LA VISITA DE CAMPO

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

Características de la máquina de perforación: PERFORACIONES GENERALES SUAREZ.

Profundidad alcanzada:

Al comienzo de la visita a las 13:30: 130 metros.

Se observa inmediatamente que llevan atravesados al menos 40 m de margas grises bajo las calcarenitas del Santoniense medio-superior y que se cortó el nivel de agua en torno a los 20 m. Por ello se decide parar la perforación por haberse cubierto el objetivo hidrogeológico.

Estado de la perforación: el esquema de perforación seguido es el siguiente:

De 0 m a 6 m: diámetro 380 mm

A partir de 6 m: diámetro 220 mm.

Velocidad media de avance: la empresa perforadora controla la velocidad de perforación en cada barra de 5 m y lo representan en una gráfica profundidad/velocidad de avance que la cuelgan del Project Center.

La única tubería durante de la perforación son los 6 m iniciales de emboquille.

Características hidrogeológicas

El agua la cortaron en torno a 20 m de profundidad.

La diferencia aproximada de cota entre el brocal del sondeo y los manantiales de La Molina es de 31 m.

La conductividad del agua de los manantiales es 434 microsiemens y la Tª 13,7°C

Reconocimiento de las muestras obtenidas

La columna atravesada hasta el momento es la siguiente:

De 0 m a 85 m: Calcarenitas y calizas beiges y rojizas.

De 85 m a 130 m: Margas y calizas margosas grises

En una primera aproximación a las muestras obtenidas parece claro que hasta los 85 m se han atravesado las calizas con lacazinas del Santoniense y por debajo las margas del Coniaciense sup - Santoniense.

Testificación geofísica

A las 10:30 del 10/11/04 se realiza la testificación geofísica con las mismas sondas de los sondeos anteriores. De un primer análisis se deduce lo siguiente:

- Nivel de agua aproximado sobre los 15 m.
- La verticalidad es buena (menos de 2º de inclinación)

El nivel medido tras la testificación el 10/11/04 12:00 es 15,79 m (Referencia = Suelo + 0,38 m)

Entubación

Con toda la información disponible se propone realizar la siguiente entubación definitiva:

- De 0 m a 6 m tubería de 300 mm de diámetro y espesor de 5 mm.
- De 0 m a 40 m tubería ciega de 220 mm de diámetro y 4 mm de diámetro.
- De 40 m a 46 m filtro de puentecillo.
- De 46 m a 52 m tubería ciega.
- De 52 m a 58 m filtro de puentecillo.
- De 58 m a 64 m tubería ciega.
- De 64 m a 70 m: filtro de puentecillo.
- De 70 m a 130 m: tubería ciega.

La entubación del pozo se realiza el 10/11/04 de 19:00 a 21:00.

El esquema de finalización de la entubación en boca de sondeo será idéntico al habitual: estrangulan la tubería de 300 mm, levantan ligeramente la de 180 mm y las unen dejando espacio para introducir el mortero y árido del emboquille. Por último cierran los espacios no soldados con anterioridad y se hace el dado de hormigón para fijar la arqueta antivandálica.



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: 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: 9/11/2004	Nº pag.:
Nº SONDEO: P-09. 124.01	POBLACIÓN: La Molina de Ubierna PROF.: 175 m
PERFORACIÓN	
INICIO: 9/11/2004	SISTEMA: ROTOPERCUSIÓN
DIAMETRO: 220 mm	
VELOCIDAD DE AVANCE: Unos 30 m/h	

OBSERVACIONES DE LA VISITA DE CAMPO

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

Características de la máquina de perforación: PERFORACIONES GENERALES SUAREZ. (Equipo 1)

Profundidad alcanzada: 130 m.

Estado de la perforación: Finalizada. Dado de hormigón con el encofrado y arqueta colocada.

Características hidrogeológicas

Nivel estático: 15,58 m (17/11/04 13:55).

Fdo: Jesús Serrano Morata

ANEJO 2

INFORME GEOLÓGICO

CÓDIGO IPA: 1909-7-008
CÓDIGO MMA: 09-124-01

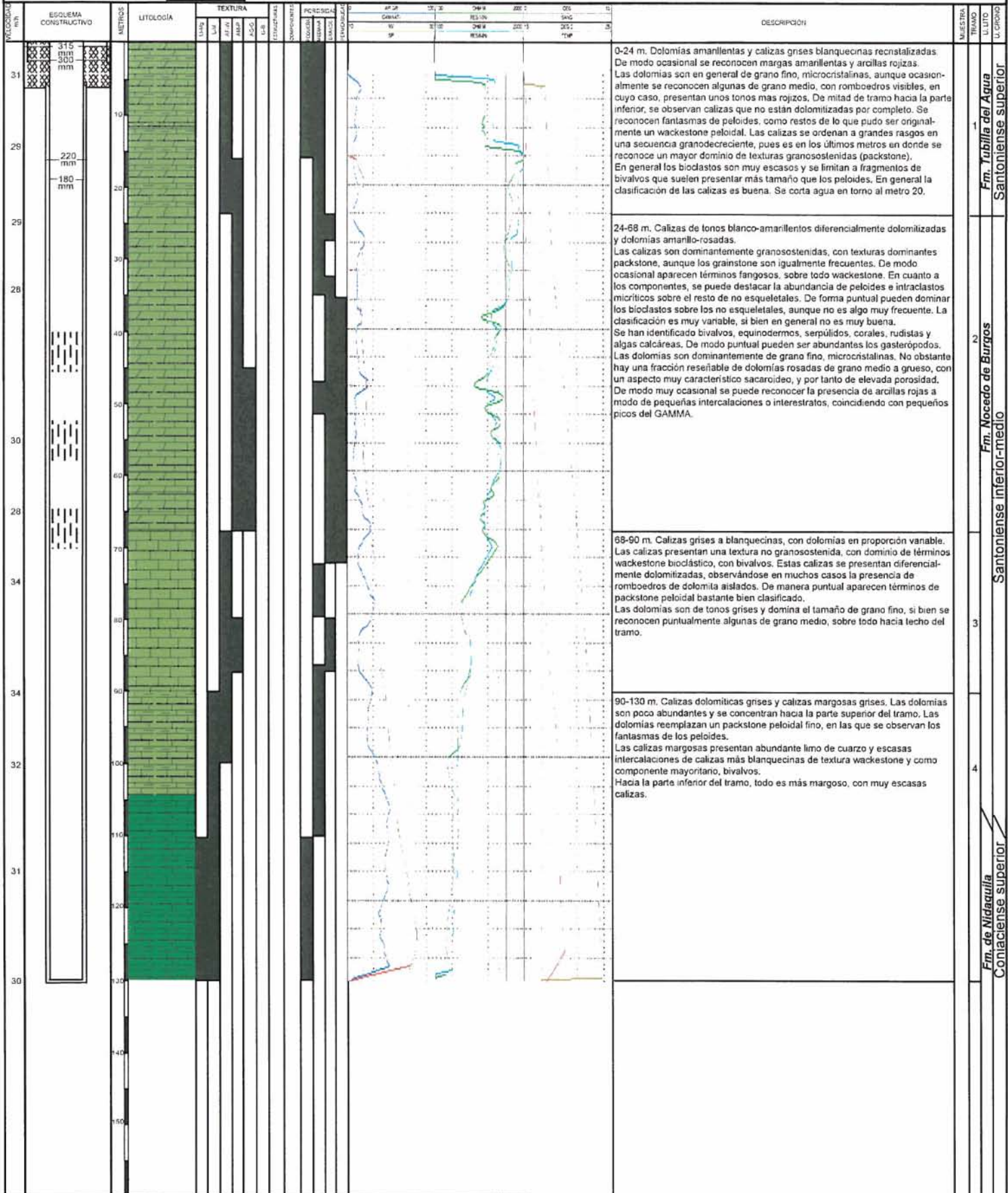
MUNICIPIO: LA MOLINA DE URBENA
PROVINCIA: BURGOS

HOJA Nº 1909

COORDENADAS UTM HUSO 30
448823
4708120
850

PRECISIÓN (X,Y): GPS
PRECISIÓN Z: GPS

FECHA INICIO: 08/10/2004
FECHA FINAL: 09/10/2004
AUTOR FICHA: Javier F. Inas Lleréns





MINISTERIO
DE EDUCACION
Y CIENCIA



Instituto Geológico
y Minero de España

INFORME GEOLÓGICO

**PIEZÓMETRO N° 1909-7-0008
(P-09.124.01)**

LA MOLINA DE UBIERNA (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 La Molina de Ubierna (Burgos) 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. Se realizó un emboquille de 6 m de profundidad, perforado con un diámetro de 315 mm y entubado con tubería metálica ciega de 300 mm de diámetro y 5 mm de espesor. Los 126 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 40 m tubería ciega. De 40 m a 46 m filtro de puentecillo. De 46 m a 52 m tubería ciega. De 52 m a 58 m filtro de puentecillo. De 58 m a 64 m tubería ciega. De 64 m a 70 m filtro de puentecillo. De 70 m a 130 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 diagráfiás 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 1909-7-0008/ P-09.124.01 se localiza en el término municipal de La Molina de Ubierna (Sotopalacios). El acceso al piezómetro se realiza desde un desvío en el P.K. 20,100 de la carretera N-629 (Burgos-Villalta) por la carretera local a La Molina de Ubierna, a la izquierda del pueblo. Las coordenadas exactas del punto son: X= 448623, Y= 4706120, Z= 860 m.s.n.m. (Fig.1).

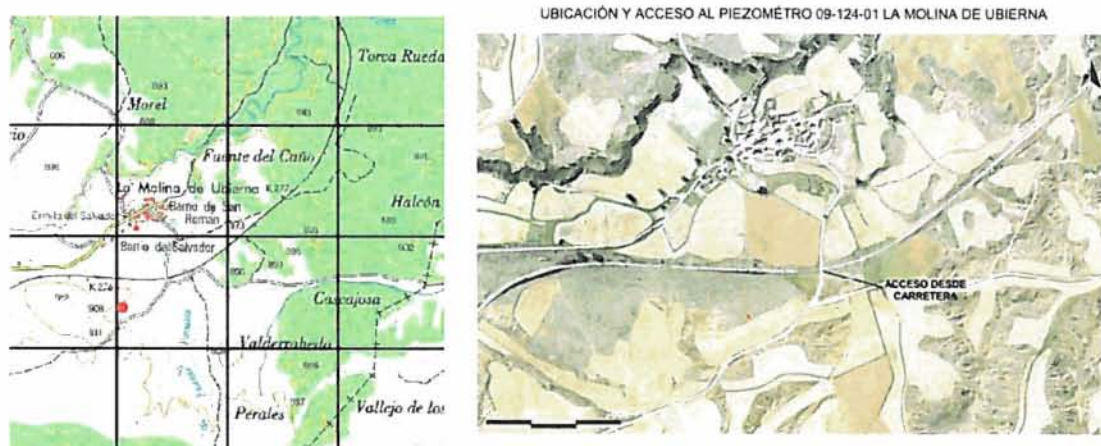


Fig. 1. Situación geográfica del sondeo y ortofoto (tomadas del Visor SIGPAC). La equidistancia del cuadrículado en el mapa topográfico es de 500 metros.

SITUACIÓN GEOLÓGICA

EMPLAZAMIENTO Y ESTRUCTURA GEOLÓGICA

Como se puede observar en la Figura 2, el sondeo se encuentra emboquillado en las inmediaciones del contacto entre los materiales del Terciario postorogénicos y los materiales del Cretácico Superior que se diferencian dentro del Mapa Geológico de la Cuenca del Ebro como unidad 450. Se corresponden con la unidad 13 de la Hoja MAGNA nº 167 (Montorio) de edad Santoniense medio a superior, integrada por calizas y calcarenitas con fósiles, siempre según la Cartografía MAGNA. La edad de esta unidad concuerda con las dataciones de los estudios más recientes, como los llevados a cabo por Floquet (1991) y Martín-Chivelet *et al.* (2002). Aparentemente, el sondeo sólo corta materiales pertenecientes al superciclo Cretácico Superior.

La estructura general de la zona es un tanto compleja, ya que la presencia del Terciario de modo discordante sobre los materiales Cretácicos hace que no se pueda efectuar una interpretación directa. Por la situación general, se podría hablar de que el sondeo se encuentra en el bloque S de la denominada falla de Ubierna. Elucubrando un poco más se puede considerar la zona de emboquille, como parte de una estructura anticlinal de dimensiones kilométricas y con una disposición con dirección E-W. Los datos de buzamiento aún son más difíciles de precisar, aunque si se supone la continuidad de la estructura, sería de hasta unos 40 grados hacia el N.

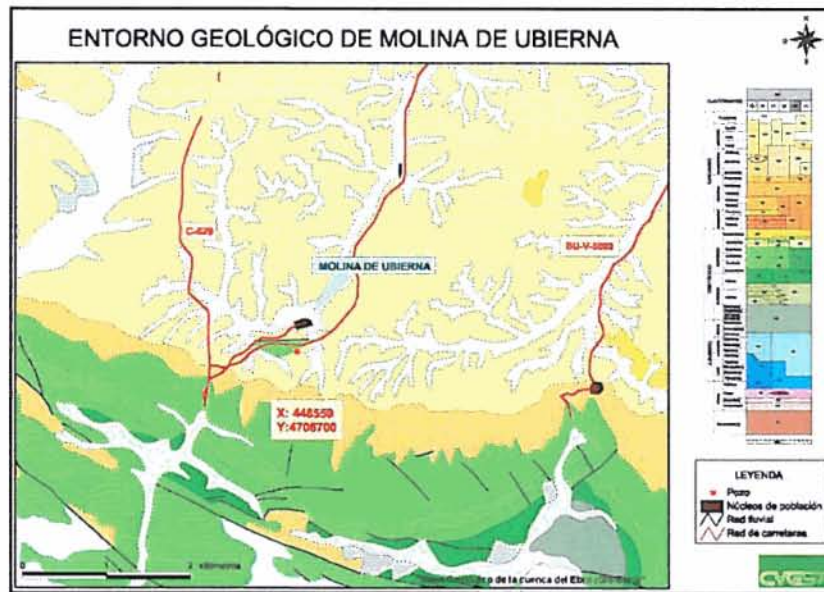


Fig.2. Situación del sondeo en la Cartografía Geológica de la Cuenca del Ebro. GIS-Ebro.

FORMACIONES GEOLÓGICAS ATRAVESADAS

Todos los materiales atravesados, desde el emboquille hasta el final del sondeo, forman parte de la Megasecuencia del Cretácico Superior. El emboquille del sondeo se sitúa sobre el sustrato carbonatado del Santoniense medio a superior, siempre según la Hoja Magna (167-Montorio). Siguiendo la nomenclatura de la hoja MAGNA, el sondeo atravesaría esta unidad hasta llegar a la inmediatamente infrayacente margosa (12). No obstante parece más conveniente seguir la caracterización de unidades de Floquet (1991), al ser algo más detallada.

De esta manera, siguiendo estas unidades, se puede hablar que las características litológicas de los primeros metros del sondeo son concordantes con su atribución a la parte basal de la Fm. Tubilla del Agua. Esta unidad estaría representada en el primero de los tramos definidos en la caracterización litológica del sondeo. Es típica la transición desde los materiales más competentes infrayacentes a una unidad calco-arcillosa, con indicios de dolomitización. Esta unidad se extiende hasta el metro 24.

Inmediatamente por debajo, se sitúa la Fm. Nocado de Burgos. Esta unidad es la que integra la mayor parte del sondeo, hasta la parte media del último de los tramos definidos. Se caracteriza por la presencia de calizas y dolomías (sobre todo estas últimas), en una unidad de hasta 70 metros de espesor, aunque variable según las zonas. Las calizas son típicamente granosostenidas, aunque también están presentes los términos más fangosos. Esta unidad se interpreta como depositada en una plataforma proximal, somera, y con unas condiciones de energía, que en líneas generales son elevadas. Su transición es gradual a la unidad infrayacente,



pudiendo situarse *grosso modo* el tránsito en torno al metro 100 del sondeo, aunque no es posible precisar mucho más.

Por último, la tercera de las unidades litoestratigráficas que atraviesa el sondeo, es la parte más superior de la Fm. Nidaguila. Esta unidad es típicamente margosa, aunque en sus últimos metros se puede observar la transición gradual hacia las calizas y dolomías de la Fm. Nocedo de Burgos. Es precisamente esta parte terminal la que se puede observar en este sondeo, quedando el dominio de las margas exclusivamente limitado a los últimos metros del sondeo. Esta unidad se interpreta como de medios abiertos dentro de la plataforma, con buena conexión con las aguas abiertas.

De esta manera, se observa una somerización generalizada desde la Fm. Nidaguila margosa, a la dolomítica Fm. Nocedo de Burgos, hasta el límite con la Fm. Tubilla del Agua, que según Floquet (1991) ya pertenecería al ciclo transgresivo-regresivo siguiente.

COLUMNA LITOLÓGICA.

TRAMO 1

0-24 m. Dolomías amarillentas y calizas grises blanquecinas recristalizadas. De modo ocasional se reconocen margas amarillentas y arcillas rojizas.

Las dolomías son en general de grano fino, microcristalinas, aunque ocasionalmente se reconocen algunas de grano medio, con romboedros visibles, en cuyo caso, presentan unos tonos más rojizos. De mitad de tramo hacia la parte inferior, se observan calizas que no están dolomitizadas por completo. Se reconocen fantasmas de peloides, como restos de lo que pudo ser originalmente un *wackestone* peloidal. Las calizas se ordenan a grandes rasgos en una secuencia granodecreciente, pues es en los últimos metros en donde se reconoce un mayor dominio de texturas granosostenidas (*packstone*). En general los bioclastos son muy escasos y se limitan a fragmentos de bivalvos que suelen presentar más tamaño que los peloides. En general la clasificación de las calizas es buena.

En torno al metro 20, comienzan a aparecer los primeros aportes de agua.

TRAMO 2

24-68 m. Calizas de tonos blanco-amarillentos diferencialmente dolomitizadas y dolomías amarillo-rosadas.

Las calizas son predominantemente granosostenidas, con texturas dominantes *packstone*, aunque los *grainstone* son igualmente frecuentes. De modo ocasional aparecen términos



fangosos, sobre todo *wackestone*. En cuanto a los componentes, se puede destacar la abundancia de peloides e intraclastos micríticos sobre el resto de no esqueléticos. De forma puntual pueden dominar los bioclastos sobre los no esqueléticos, aunque no es algo muy frecuente. La clasificación es muy variable, si bien en general no es muy buena. Se han identificado bivalvos, equinodermos, serpulidos, corales, rudistas y algas calcáreas. De modo puntual pueden ser abundantes los gasterópodos.

Las dolomías son predominantemente de grano fino, microcristalinas. No obstante hay una fracción reseñable de dolomías rosadas de grano medio a grueso, con un aspecto muy característico sacaroideo, y por tanto de elevada porosidad. De modo muy ocasional se puede reconocer la presencia de arcillas rojas a modo de pequeñas intercalaciones o interestratos, coincidiendo con pequeños picos del Gamma natural.

TRAMO 3

68-90 m. Calizas grises a blanquecinas, con dolomías en proporción variable. Las calizas presentan una textura no granosostenida, con dominio de términos *wackestone* bioclástico, con bivalvos. Estas calizas se presentan diferencialmente dolomitizadas, observándose en muchos casos la presencia de romboedros de dolomita aislados. De manera puntual aparecen términos de *packstone* peloidal bastante bien clasificado.

Las dolomías son de tonos grises y domina el tamaño de grano fino, si bien se reconocen puntualmente algunas de grano medio, sobre todo hacia techo del tramo.

TRAMO 4

90-130 m. Calizas dolomíticas grises y calizas margosas grises. Las dolomías son poco abundantes y se concentran hacia la parte superior del tramo. Las dolomías reemplazan un *packstone* peloidal fino, en las que se observan los fantasmas de los peloides.

Las calizas margosas presentan abundante limo de cuarzo y escasas intercalaciones de calizas más blanquecinas de textura *wackestone* y como componente mayoritario, bivalvos. Hacia la parte inferior del tramo, todo es más margoso, con muy escasas calizas.

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.

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.



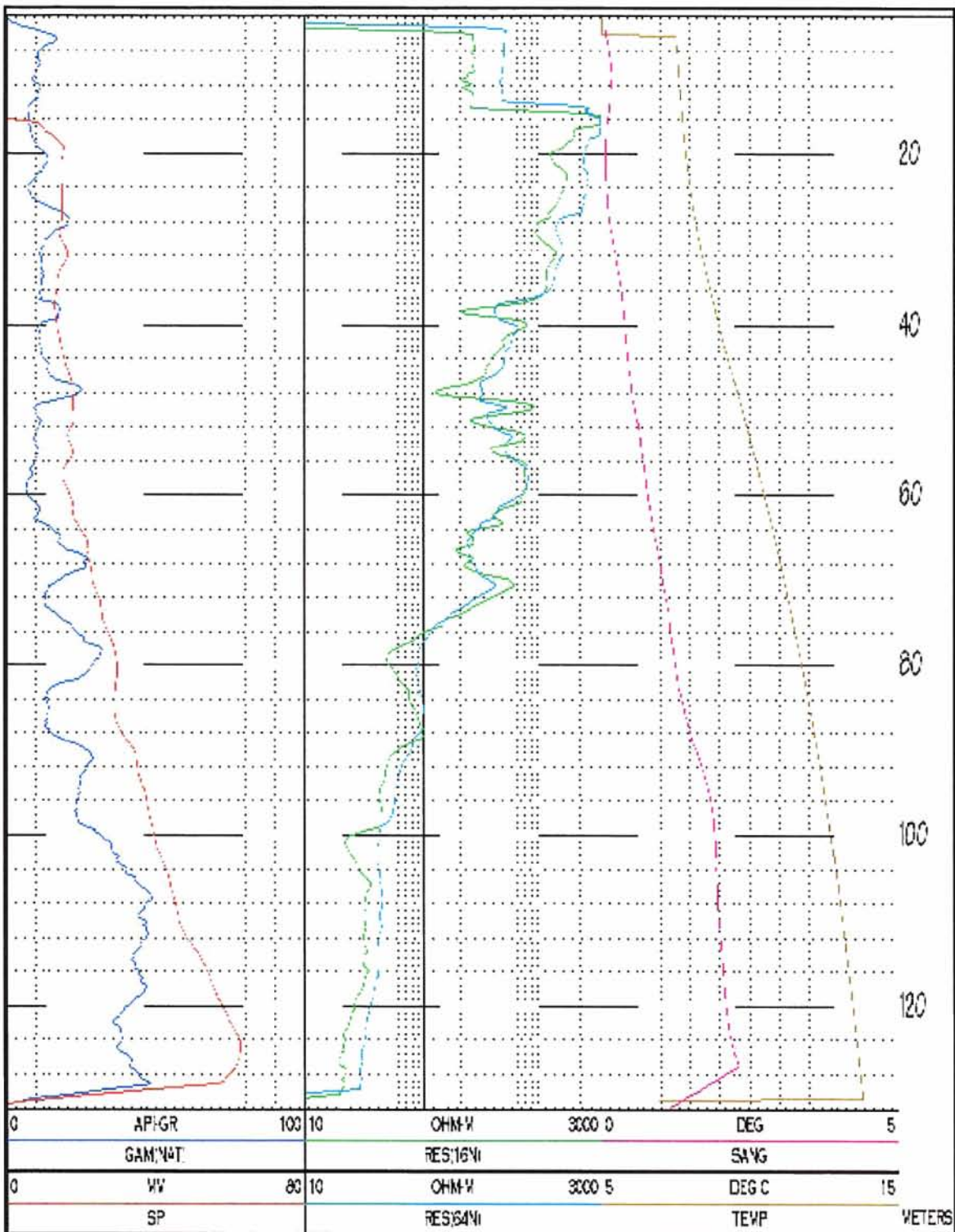
<http://sigpac.mapa.es/fega/visor/>

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

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA (MAGNA) HOJA 1:50.000 N° 167-Montorio (1991).

ANEJO 3 GEOFÍSICA

SONDEO: 09-124-01LA MOLINA DE UBIERNA



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
“09.124.01 LA MOLINA DE UBIERNA” EN LA
MOLINA DE UBIERNA (BURGOS)**

Noviembre de 2004

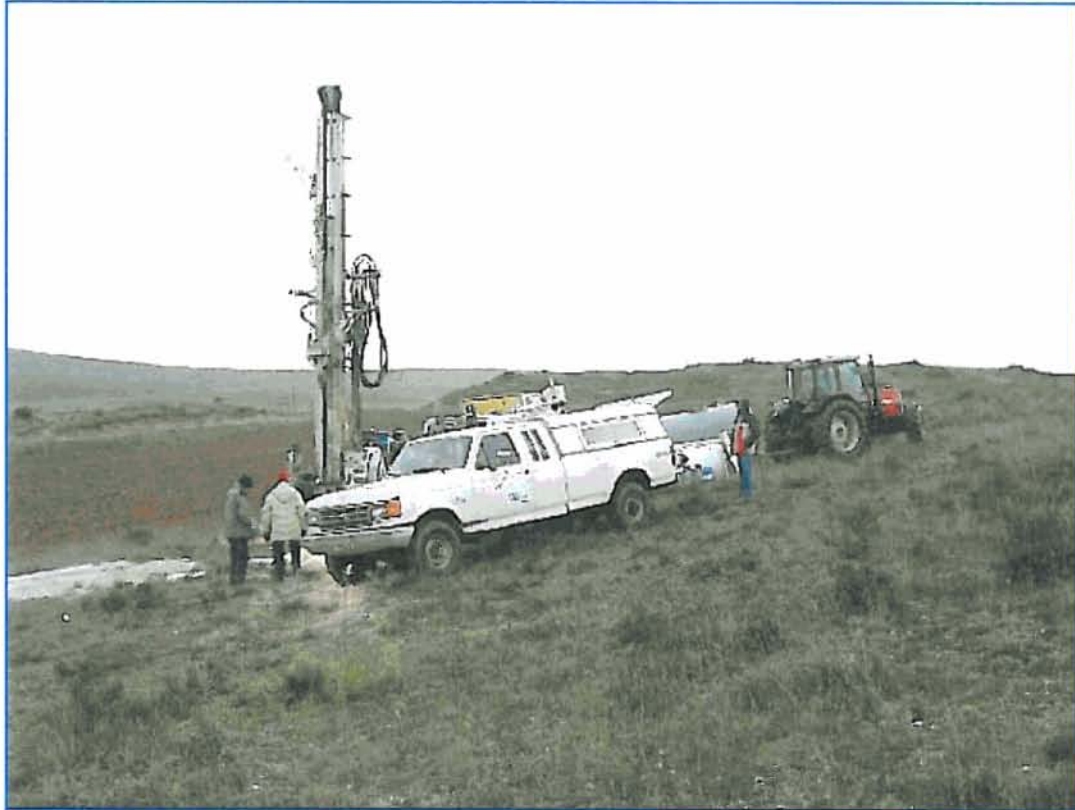




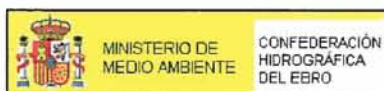
CENTRAL:
Nuñez de Balboa, 81
28006 MADRID
Tel.: 91 5455589
Fax: 91 4352259

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 "LA MOLINA DE UBIERNA" EN LA MOLINA DE UBIERNA (BURGOS)



BURGOS, NOVIEMBRE 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.
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
2. METODOLOGÍA	3
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
3. TRABAJO REALIZADO	9
3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS	10
3.2. PROCESADO DE DATOS	17
3.3. REGISTROS GEOFÍSICOS	18
4. RESULTADOS OBTENIDOS	23

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 8ºA. 50009 ZARAGOZA
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.- 1

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El día 10 de noviembre 2004 se procedió, por parte de la Compañía General de Sondeos, a la testificación geofísica del sondeo "09.124.01 LA MOLINA DE UBIERNA", ubicado en el término municipal La Molina de Ubierna, 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 de 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 8ª. 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 8ªA. 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 8ªA. 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 diagráfía.

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 8ºA. 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

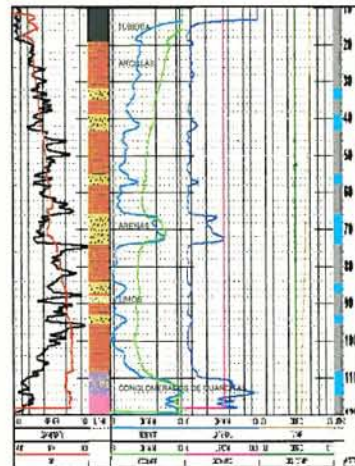


Figura.-2 Equipo de Testificación Geofísica CENTURY COMPU-LOG

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

Pág.-9

3. TRABAJO REALIZADO

El sondeo "LA MOLINA DE UBIERNA" se testificó desde la superficie hasta los 130 metros de profundidad tomando como cota cero el ras de suelo.

DATOS DEL SONDEO

PROFUNDIDAD DEL SONDEO:	130 mts.	
PROFUNDIDAD TESTIFICADA:	130 mts.	
ENTUBADO:	De 0 a 6 mts.	
DIÁMETRO DE ENTUBACIÓN:	300 mm.	
DIÁMETRO DE PERFORACIÓN:	220 mm.	
NIVEL FREÁTICO (durante la testificación):	15 mts.	
CONDUCTIVIDAD MEDIA NORMALIZADA A 25º C:	500 µs/cm	
TESTIFICADO CON LAS SONDAS:	9040 y 9055	
COORDENADAS DEL SONDEO:	X	0448469
	Y	4706505
	Z	888

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 ⁴⁰k.



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.-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 8ªA. 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 Temperatura.

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/cm²
- Temperatura: 50° C.
- Peso: 15 Kg.
- Voltaje requerido: 50 V (DC).
- Velocidad de registro: 9 m/minuto.

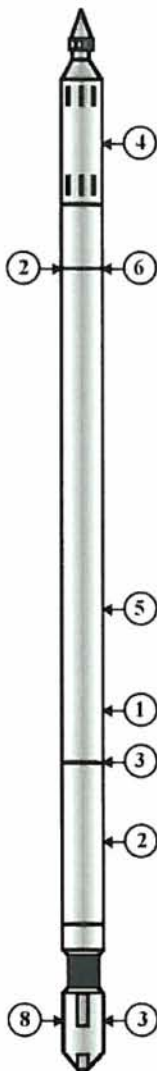


Figura.-3 Sonda 9040 (hidrogeológica)

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/cm²
- Temperatura: 85° C.
- Peso: 32 Kg.
- Velocidad de registro: 9 m/minuto.

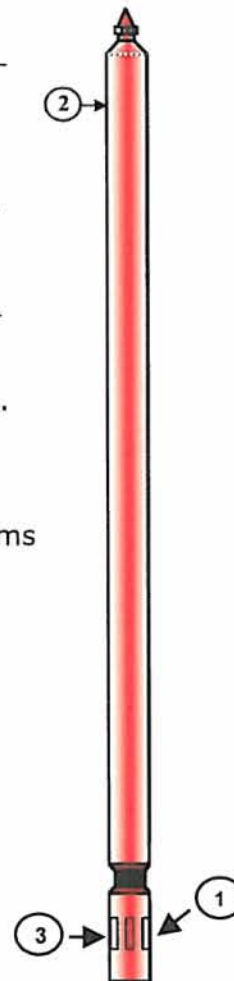


Figura.-4 Sonda 9055 (desviación)



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 diagrfías registradas, así como la presentación y distribución de litologías, según se muestra en la ventana del programa ACL de la figura.-5.

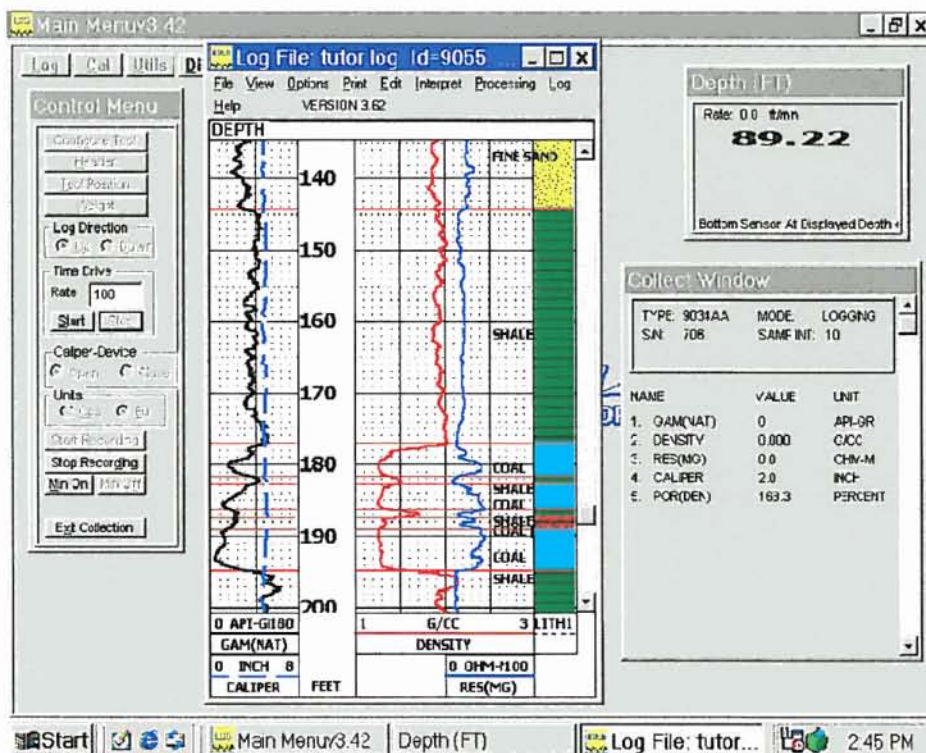


Figura.-5 Ventana de trabajo del programa ACL



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 8ªA. 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:

$LG(\text{CON}-25^\circ \text{C})$ = Registro de Conductividad Normalizada a 25° C.

$LG(\text{CON})$ = Registro de Conductividad efectuado en el sondeo.

$LG(\text{TEM})$ = 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 10 a 70 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 10 a 3000 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 $\mu\text{s}/\text{cm}$, para la Conductividad Normalizada. Por último, en la pista número cinco, están los parámetros de Temperatura (escala de 5a 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 8ªA. 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 diagráfia, tenemos en la pista número uno la Profundidad y la Distancia, con escalas comprendidas entre 0 y 130 metros para la Profundidad y de 0 a 10 metros para la Distancia. En la pista número dos, la Desviación Norte y la Desviación Este, con escala de -1 a 4 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, Inclinación, Desviación Norte, Desviación Este y Acimut.

En la FIG.-8, está representada la gráfica de desviación del sondeo vista en planta, en la que se muestra los valores de 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 8ªA. 50009 ZARAGOZA
 Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-20

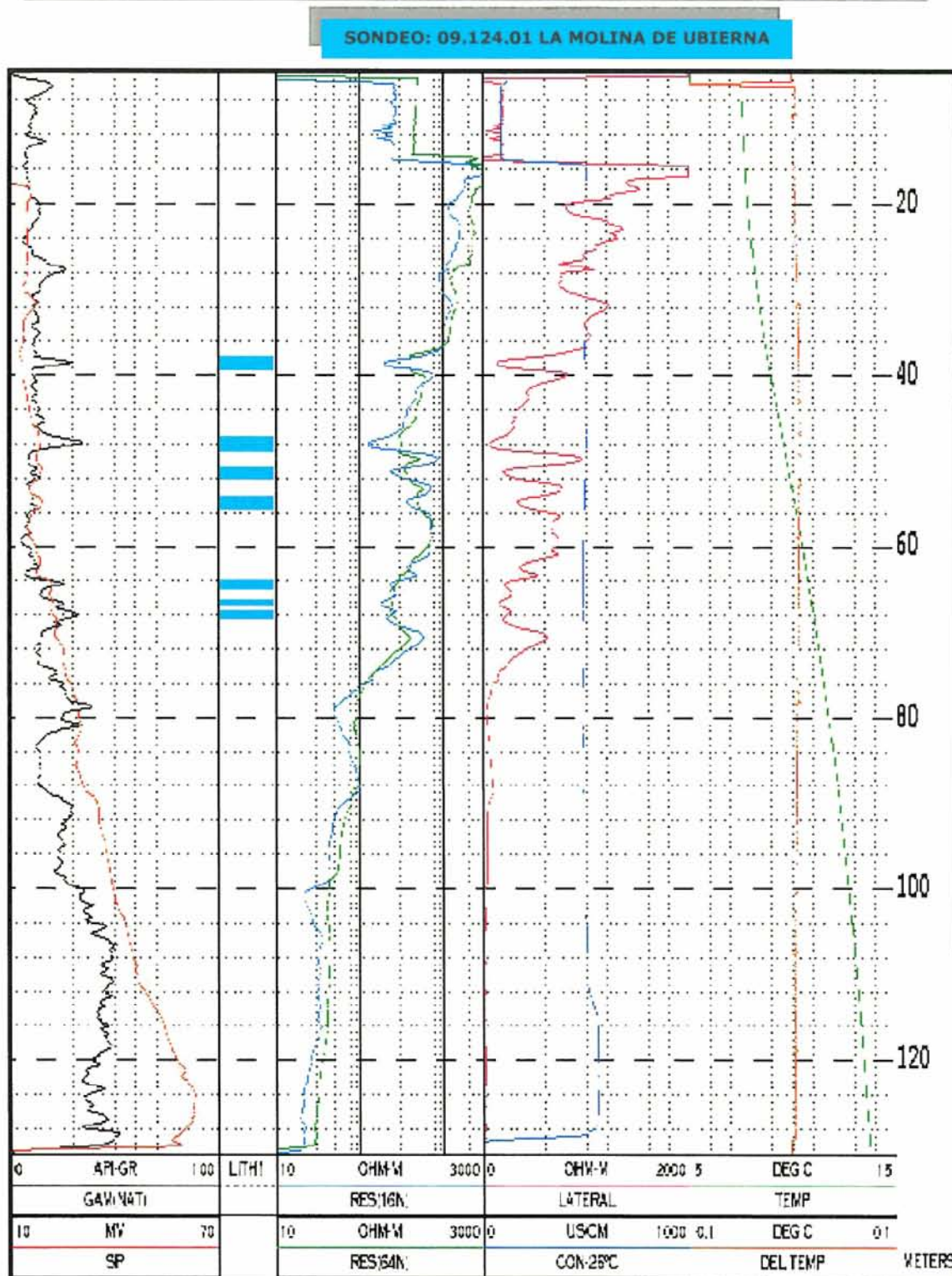


Figura.-6 *Diagrafía hidrogeológica*

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 8ªA. 50009 ZARAGOZA
 Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-21

SONDEO: 09.124.01 LA MOLINA DE UBIERNA

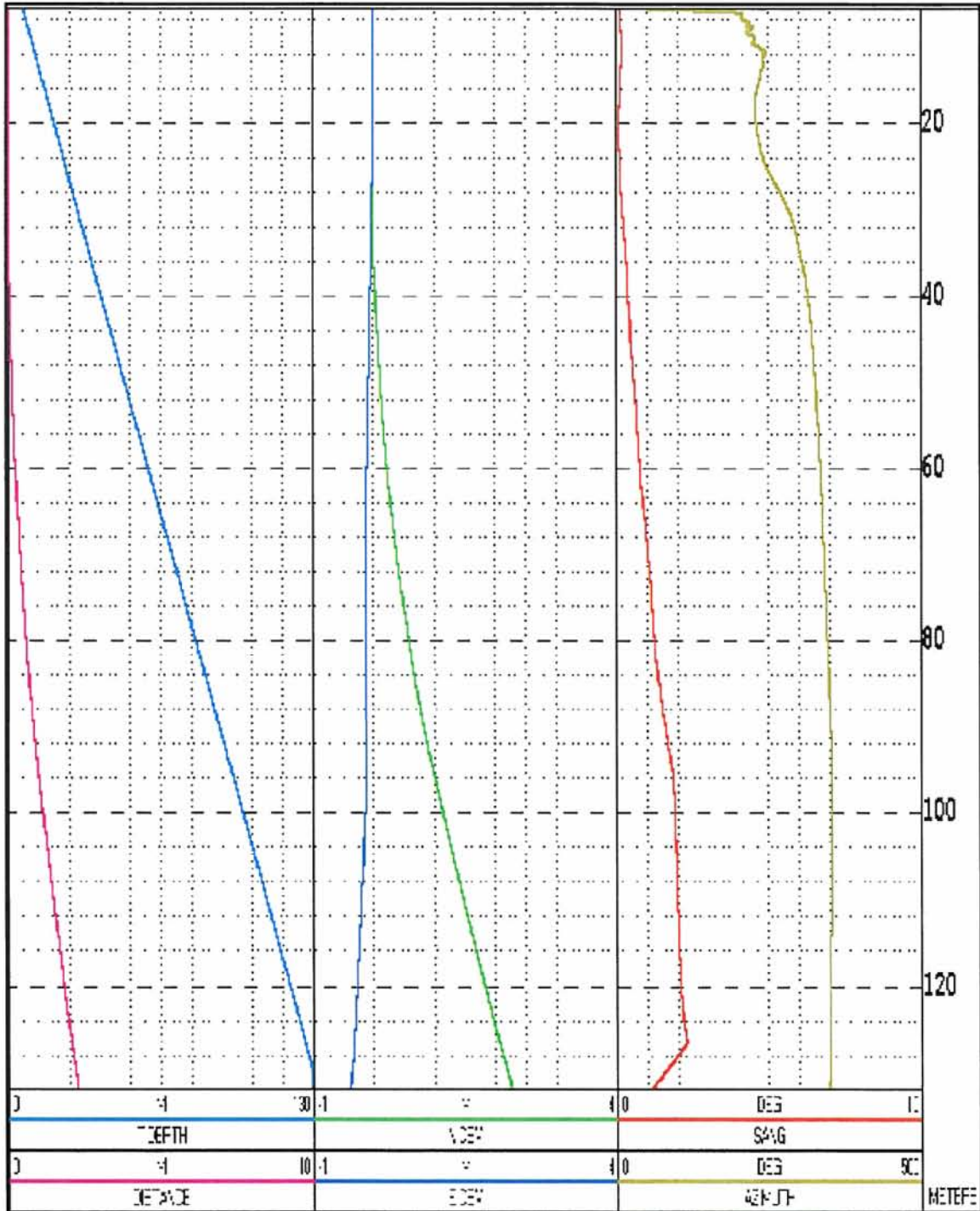


Figura.-7 Diagrama de desviación



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 8ºA. 50009 ZARAGOZA
 Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-22

SONDEO: 09.124.01 LA MOLINA DE UBIERNA

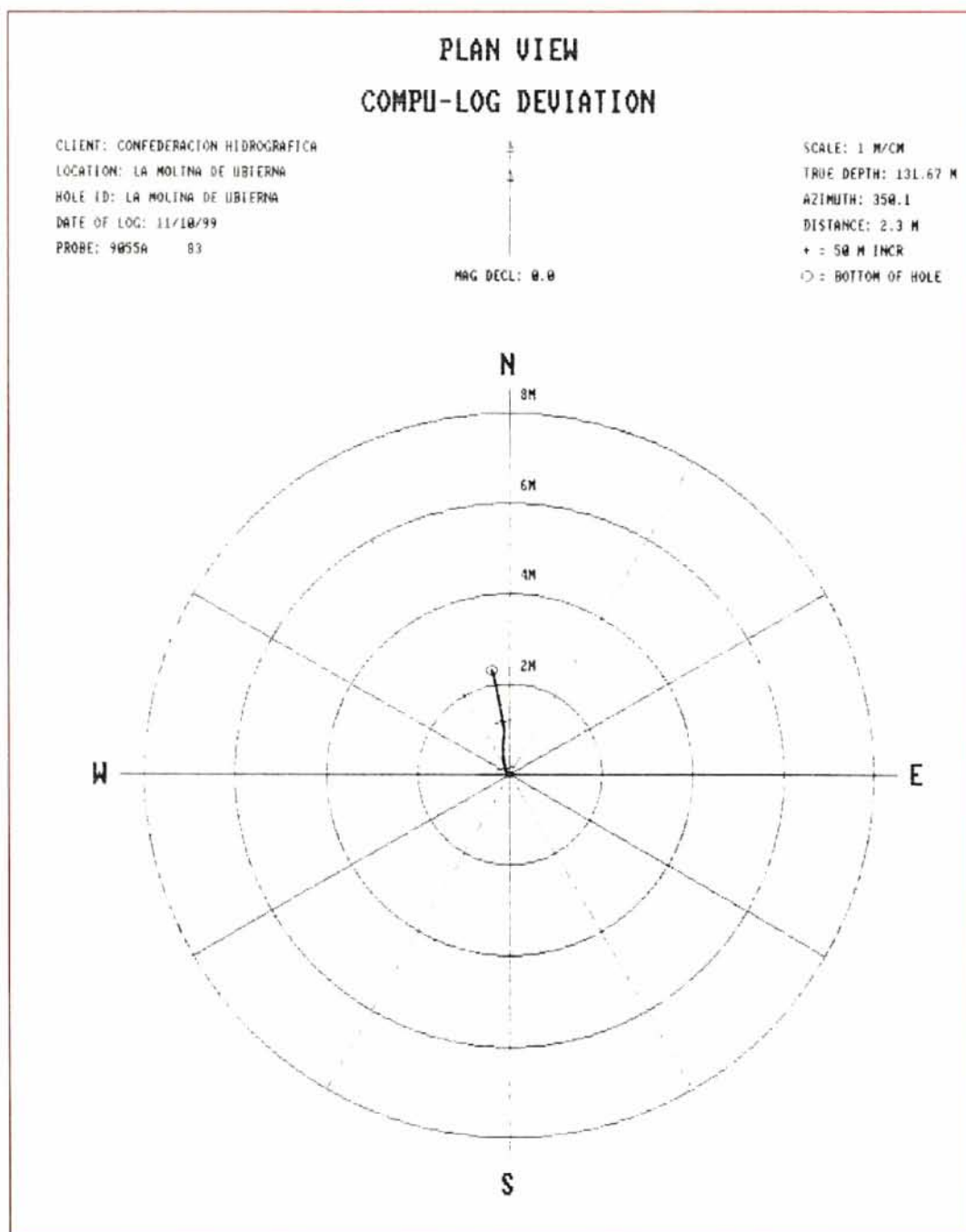


Figura.-8 Gráfica de desviación vista en planta



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 8ªA. 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 APOORTE DE AGUA	ESPESOR
Tramo de 37.5 m. a 39.5 m.	2 m.
Tramo de 47 m. a 49 m.	2 m.
Tramo de 51 m. a 52 m.	1 m.
Tramo de 54 m. a 55.5 m.	1.5 m.
Tramo de 64 m. a 65 m.	1 m.
Tramo de 66.5 m. a 67 m.	0.5 m.
Tramo de 67.5 m. a 68.5 m.	1 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 130 metros de profundidad ha sido de 2,24 metros.
- El Acimut mantiene una media aproximada de 350°.
- El sondeo comienza a desviarse a partir de los 28 metros hasta alcanzar los 2,44° al final 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 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, noviembre 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 8ºA. 50009 ZARAGOZA
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág. -25

ANEXO -I

DIAGRAFÍA HIDROGEOLÓGICA A ESCALA AMPLIADA



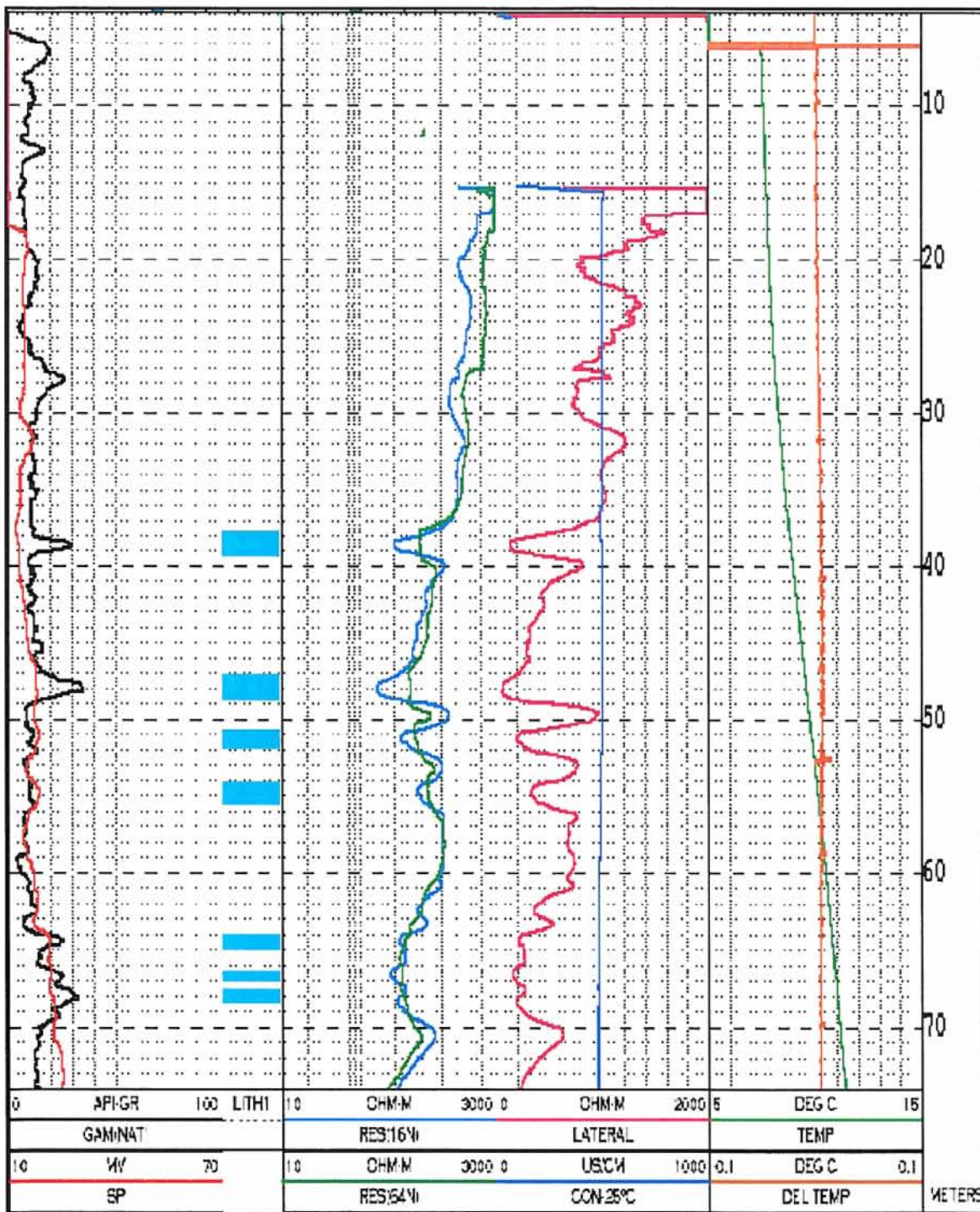
CENTRAL:
 Nuñez de Balboa, 81
 28006 MADRID
 Tel.: 91 5455589
 Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

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

Pág. -26

SONDEO: 09.124.01 LA MOLINA DE UBIERNA



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.



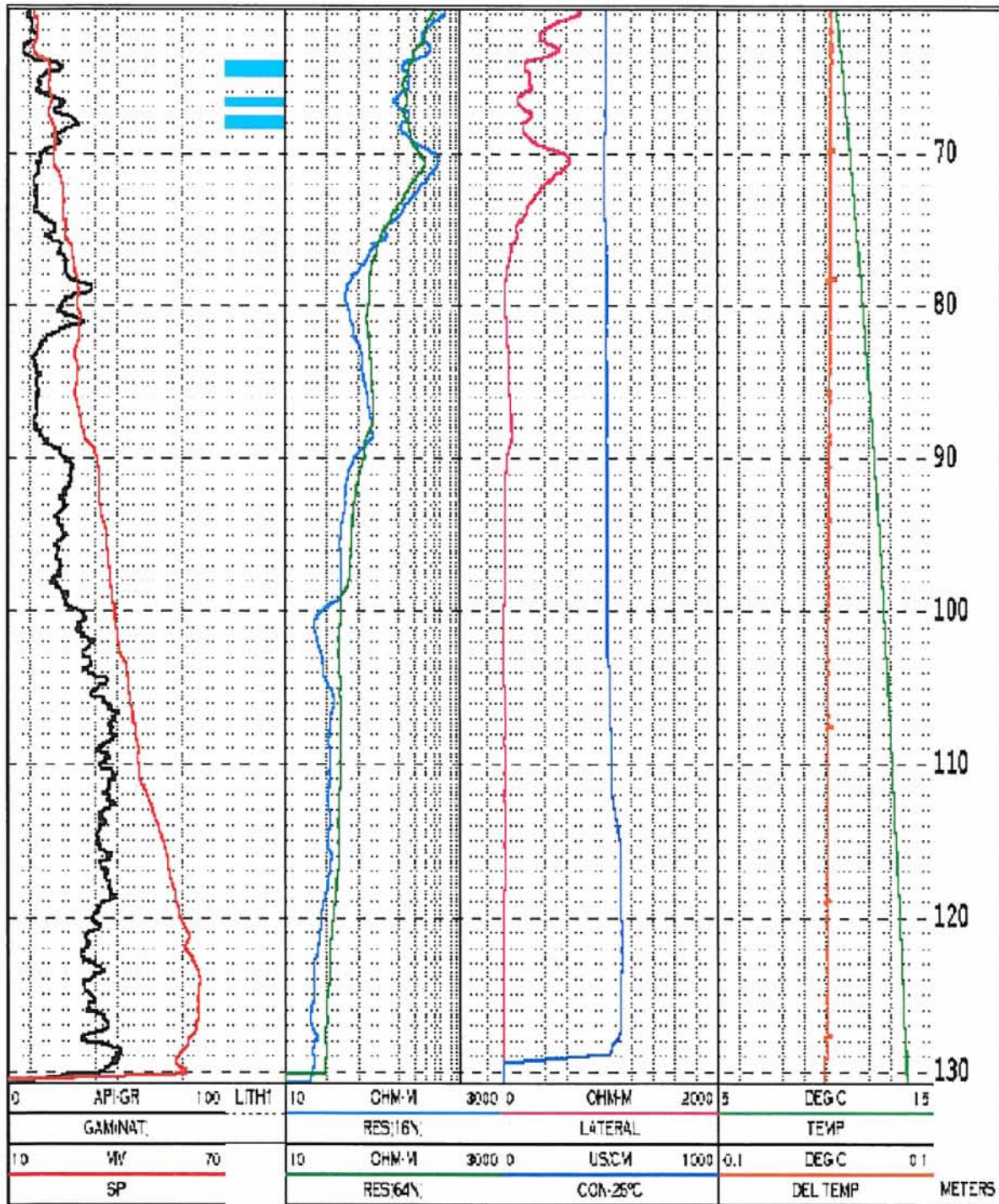
CENTRAL:
 Nuñez de Balboa, 81
 28006 MADRID
 Tel.: 91 5455589
 Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

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

Pág.-27

SONDEO: 09.124.01 LA MOLINA DE UBIERNA



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 8ºA. 50009 ZARAGOZA
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág. -28

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. -29

PROFUNDIDAD.	DISTANCIA	INCLINACIÓN	DESV. N.	DESV. E.	ACIMUT
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.06	0.00	0.00	25
8	0.00	0.20	0.00	0.00	212
10	0.00	0.20	-0.01	-0.01	223
12	0.01	0.25	-0.01	-0.01	241
14	0.01	0.16	-0.01	-0.01	239
16	0.01	0.08	-0.01	-0.01	232
18	0.01	0.09	-0.01	-0.01	229
20	0.01	0.07	-0.01	-0.01	231
22	0.01	0.08	-0.01	-0.01	235
24	0.01	0.08	-0.01	-0.01	242
26	0.01	0.13	0.00	-0.01	254
28	0.01	0.16	0.00	-0.02	270
30	0.02	0.18	0.01	-0.02	283
32	0.02	0.24	0.01	-0.02	293
34	0.03	0.32	0.02	-0.03	300
36	0.04	0.37	0.03	-0.04	306
38	0.06	0.39	0.04	-0.04	311
40	0.07	0.42	0.05	-0.05	315
42	0.08	0.41	0.07	-0.06	318
44	0.10	0.46	0.08	-0.06	321
46	0.11	0.48	0.09	-0.07	323
48	0.13	0.54	0.11	-0.08	325
50	0.15	0.57	0.13	-0.08	327
52	0.17	0.59	0.15	-0.09	328
54	0.19	0.72	0.17	-0.10	330
56	0.21	0.73	0.19	-0.10	332
58	0.24	0.69	0.22	-0.11	333
60	0.26	0.77	0.24	-0.11	335
62	0.29	0.81	0.27	-0.12	336
64	0.32	0.89	0.30	-0.12	338
66	0.35	0.94	0.33	-0.12	339
68	0.38	0.95	0.36	-0.13	340
70	0.42	1.03	0.40	-0.14	341
72	0.45	1.08	0.44	-0.14	342
74	0.49	1.13	0.47	-0.14	343
76	0.53	1.19	0.52	-0.14	345
78	0.57	1.20	0.56	-0.14	346
80	0.61	1.20	0.60	-0.13	347
82	0.65	1.31	0.64	-0.13	348
84	0.70	1.35	0.69	-0.13	349
86	0.74	1.40	0.74	-0.13	350
88	0.79	1.50	0.79	-0.12	350

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

Pág.-30

PROFUNDIDAD.	DISTANCIA	INCLINACIÓN	DESV. N.	DESV. E.	ACIMUT
90	0.85	1.58	0.84	-0.12	351
92	0.90	1.66	0.90	-0.12	352
94	0.96	1.85	0.96	-0.12	352
96	1.03	1.85	1.02	-0.13	353
98	1.09	1.92	1.09	-0.14	353
100	1.16	1.90	1.15	-0.15	352
102	1.22	1.92	1.22	-0.16	352
104	1.29	1.99	1.29	-0.18	352
106	1.36	1.96	1.35	-0.19	352
108	1.43	1.96	1.42	-0.20	352
110	1.50	1.96	1.49	-0.22	352
112	1.57	2.00	1.56	-0.23	352
114	1.64	2.07	1.63	-0.25	352
116	1.71	2.08	1.70	-0.26	351
118	1.78	2.05	1.77	-0.28	351
120	1.85	2.07	1.84	-0.29	351
122	1.93	2.16	1.91	-0.31	351
124	2.00	2.20	1.98	-0.33	351
126	2.08	2.24	2.06	-0.35	350
128	2.16	2.29	2.13	-0.37	350
130	2.24	2.44	2.21	-0.39	350

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

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

FECHA: 22 de Julio de 2007

Nº pag.:

Nº SONDEO: 09.

POBLACIÓN: LA MOLINA DE UBIERNA

PROF.:

INCIDENCIAS PREVIAS AL EMPLAZAMIENTO PARA EL ENSAYO DE BOMBEO

El domingo 22 de julio se tenía prevista la realización del ensayo de bombeo en La Molina de Ubierna.

Antes del inicio de los trabajos, me llama el encargado de Microtec comunicándome que ha tenido una avería en el coche que le imposibilita llegar hoy al bombeo.

Al llegar al emplazamiento, nos encontramos con el campo que, obligatoriamente, se tiene que atravesar para acceder al sondeo sin cosechar. El encargado de suministros Genil, se pone en contacto con la madre del propietario y le dice que la semana que viene estará el terreno cosechado y que se podrá realizar el ensayo. Se revisa otros posibles accesos al pozo viendo que no existen; además está el problema añadido de donde verter el agua extraída con toda la zona a punto de cosechar (se crearían blandones que dificultarían la cosecha inminente).

Ante esta situación, se decide con el encargado de Microtec y de Suministros Genil que no se puede realizar hoy domingo el aforo comunicándolo también a la Dirección de Obra.

Los operarios del bombeo se han quedado en la zona por si la cosecha se realizara estos próximos días.





Detalles de todo el entorno del piezómetro sin cosechar.

Fdo.: Antonio Sánchez

ENSAYO DE BOMBEO

Localidad La Molina de Ubierna
 N° Registro IPA 1909-7-0008
 Profundidad Sondeo 130 m
 Coordenadas UTM Pozo Piezómetro
 X 448559
 Y 4706700
 Z 870

Fecha Ensayo 15-16 de octubre de 2007
 Nivel estático inicial 15,00 m
 Profund. Aspiración 99 m
 Bomba Grundfos modelo SP-45-31 50CV
 Grupo FIAT ALFO 250KVA 400CV
 Alternador MECC ALTE

Piezómetro (n° IPA)

Profundidad m
 Distancia m
 Dirección (norte) °E

Régimen de bombeo

Escalón	Caudal (l/s)	Duración (min)		Descenso (m)	
		Total	Parcial	Parcial	Total
1	15	3	3	65,00	65,00
2	3	33	30	70,40	78,00
3	1	93	60	-3,55	4,74
4	2	143	50	72,99	78,00
5	1	960	817	-1,64	6,00
6	1,5	1010	50	56,05	62,05
7	0,7	1040	30	8,52	70,57
8	1	1120	80	7,34	63,23

Síntesis litológica

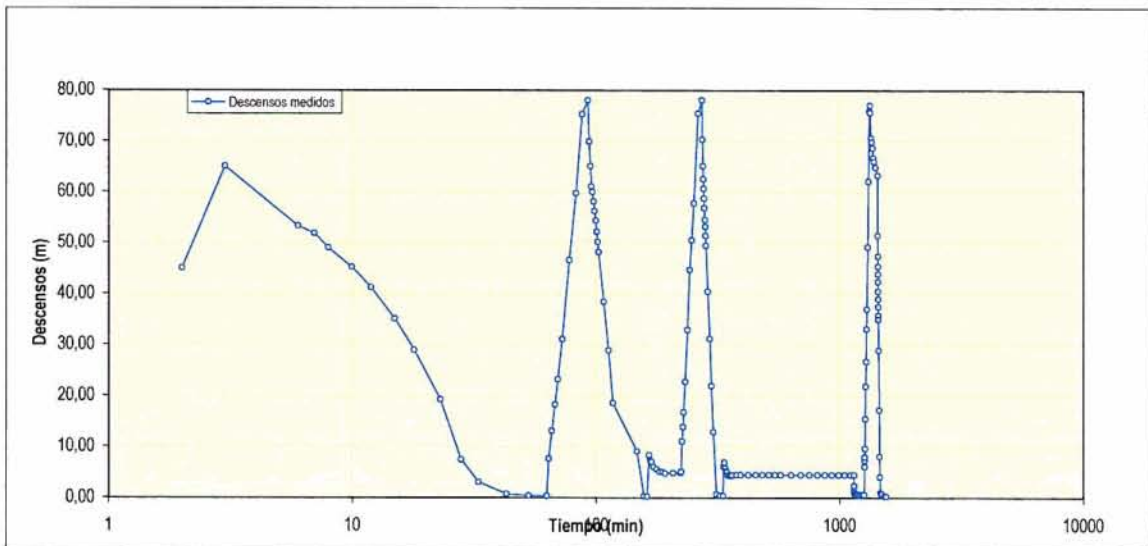
De 0 a 85 m, calcrenitas y calizas beige y rojizas.
 De 85 a 130 m, margas y calizas margosas grises.

Perforación		Entubación		Rejilla	
0-6 m	f 380 mm	0-6 m	f 300 mm	40-46 m	4 mm
6-130 m	f 220 mm	0-130 m	f 180 mm	52-58 m	4 mm
				64-70 m	4 mm

Fecha	Hora	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)	Pozo bombeo		Piezómetro		Q (l/s)	Observaciones
				Profund. (m)	Descenso (m)	Profund. (m)	Descenso (m)		
15-oct-07	15:00	0	0	15,00					
15-oct-07	15:01	1	1					15	agua turbia, color amarillento
15-oct-07	15:02	2	2	60,00	45,00			15	agua muy turbia, color marrón
15-oct-07	15:03	3	3	80,00	65,00			15	
15-oct-07	15:06	3	6	68,22	53,22			0	Recuperación
15-oct-07	15:07	4	7	66,78	51,78			0	
15-oct-07	15:08	5	8	64,00	49,00			0	
15-oct-07	15:10	7	10	60,16	45,16			0	
15-oct-07	15:12	9	12	56,13	41,13			0	
15-oct-07	15:15	12	15	50,00	35,00			0	
15-oct-07	15:18	15	18	43,88	28,88			0	
15-oct-07	15:23	20	23	34,14	19,14			0	
15-oct-07	15:28	25	28	22,38	7,38			0	
15-oct-07	15:33	30	33	18,02	3,02			0	
15-oct-07	15:43	40	43	15,67	0,67			0	
15-oct-07	15:53	50	53	15,38	0,38			0	
15-oct-07	16:03	60	63	15,33	0,33			0	
15-oct-07	16:04	1	64	22,60	7,60			3	
15-oct-07	16:06	3	66	28,02	13,02			3	
15-oct-07	16:08	5	68	33,16	18,16			3	
15-oct-07	16:10	7	70	38,09	23,09			3	
15-oct-07	16:13	10	73	46,04	31,04			3	
15-oct-07	16:18	15	78	61,57	46,57			3	
15-oct-07	16:23	20	83	74,68	59,68			3	
15-oct-07	16:28	25	88	90,22	75,22			3	
15-oct-07	16:33	30	93	93,00	78,00			3	
15-oct-07	16:34	1	94	84,86	69,86			0	
15-oct-07	16:35	2	95	80,00	65,00			0	
15-oct-07	16:36	3	96	76,00	61,00			0	
15-oct-07	16:37	4	97	74,96	59,96			0	
15-oct-07	16:38	5	98	73,06	58,06			0	
15-oct-07	16:39	6	99	71,21	56,21			0	
15-oct-07	16:40	7	100	69,32	54,32			0	
15-oct-07	16:41	8	101	67,13	52,13			0	
15-oct-07	16:42	9	102	65,12	50,12			0	
15-oct-07	16:43	10	103	63,10	48,10			0	
15-oct-07	16:48	15	108	53,35	38,35			0	
15-oct-07	16:53	20	113	43,79	28,79			0	
15-oct-07	16:58	25	118	33,50	18,50			0	
15-oct-07	17:28	30	148	24,00	9,00			0	
15-oct-07	17:38	40	158	15,26	0,26			0	
15-oct-07	17:43	45	163	15,21	0,21			0	
15-oct-07	17:46	3	166	23,29	8,29			1	pH:7,18 T*:14,6°C, Cond:483 µS/cm
15-oct-07	17:48	5	168	22,29	7,29			1	agua turbia, color amarillento
15-oct-07	17:50	7	170	21,95	6,95			1	
15-oct-07	17:53	10	173	20,94	5,94			1	
15-oct-07	17:58	15	178	20,53	5,53			1	
15-oct-07	18:03	20	183	20,03	5,03			1	
15-oct-07	18:08	25	188	19,93	4,93			1	Agua clara
15-oct-07	18:13	30	193	19,71	4,71			1	
15-oct-07	18:28	45	208	19,74	4,74			1	pH:6,78 T*:15,5°C Cond:474 µS/cm

15-oct-07	18:43	60	223	19,74	4,74	1	
15-oct-07	18:44	1	224	20,01	5,01	2	pH:6,52 T*:15,6°C Cond:474 µS/cm
15-oct-07	18:46	3	226	25,95	10,95	2	Agua clara
15-oct-07	18:48	5	228	28,80	13,80	2	
15-oct-07	18:50	7	230	31,67	16,67	2	
15-oct-07	18:53	10	233	37,61	22,61	2	
15-oct-07	18:58	15	238	47,80	32,80	2	Se toma muestra para laboratorio
15-oct-07	19:03	20	243	59,63	44,63	2	
15-oct-07	19:08	25	248	65,42	50,42	2	
15-oct-07	19:13	30	253	72,67	57,67	2	Agua algo turbia
15-oct-07	19:23	40	263	90,36	75,36	2	Turbidez alta
15-oct-07	19:33	50	273	93,00	78,00	2	
15-oct-07	19:34	1	274	85,23	70,23	0	Recuperación
15-oct-07	19:35	2	275	80,02	65,02	0	
15-oct-07	19:36	3	276	77,43	62,43	0	
15-oct-07	19:37	4	277	75,61	60,61	0	
15-oct-07	19:38	5	278	73,66	58,66	0	
15-oct-07	19:39	6	279	71,75	56,75	0	
15-oct-07	19:40	7	280	69,43	54,43	0	
15-oct-07	19:41	8	281	68,10	53,10	0	
15-oct-07	19:42	9	282	66,29	51,29	0	
15-oct-07	19:43	10	283	64,39	49,39	0	
15-oct-07	19:48	15	288	55,33	40,33	0	
15-oct-07	19:53	20	293	46,06	31,06	0	
15-oct-07	19:58	25	298	36,80	21,80	0	
15-oct-07	20:03	30	303	27,80	12,80	0	
15-oct-07	20:13	40	313	15,62	0,62	0	
15-oct-07	20:23	50	323	15,35	0,35	0	
15-oct-07	20:33	60	333	15,32	0,32	0	
15-oct-07	20:34	1	334	21,00	6,00	1	Agua turbia
15-oct-07	20:37	4	337	21,82	6,82	1	
15-oct-07	20:40	7	340	20,70	5,70	1	pH:6,86 T*:12,7°C, Cond:472 µS/cm
15-oct-07	20:43	10	343	20,14	5,14	1	
15-oct-07	20:45	12	345	19,93	4,93	1	
15-oct-07	20:48	15	348	19,31	4,31	1	
15-oct-07	20:53	20	353	19,25	4,25	1	
15-oct-07	20:58	25	358	19,28	4,28	1	
15-oct-07	21:03	30	363	19,32	4,32	1	
15-oct-07	21:18	45	378	19,36	4,36	1	Agua clara
15-oct-07	21:33	60	393	19,36	4,36	1	
15-oct-07	22:03	90	423	19,36	4,36	1	
15-oct-07	22:33	120	453	19,36	4,36	1	
15-oct-07	23:03	150	483	19,36	4,36	1	
15-oct-07	23:33	180	513	19,36	4,36	1	
16-oct-07	0:03	210	543	19,36	4,36	1	
16-oct-07	0:33	240	573	19,36	4,36	1	pH:6,86 T*:13,1°C, Cond:472 µS/cm
16-oct-07	1:33	300	633	19,36	4,36	1	
16-oct-07	2:33	360	693	19,36	4,36	1	pH:6,86 T*:16,4°C, Cond:471 µS/cm
16-oct-07	3:33	420	753	19,36	4,36	1	
16-oct-07	4:33	480	813	19,36	4,36	1	
16-oct-07	5:33	540	873	19,36	4,36	1	
16-oct-07	6:33	600	933	19,36	4,36	1	
16-oct-07	7:33	660	993	19,36	4,36	1	
16-oct-07	8:33	720	1053	19,36	4,36	1	
16-oct-07	9:33	780	1113	19,36	4,36	1	Se toma muestra para laboratorio
16-oct-07	10:10	817	1150	19,36	4,36	1	pH:6,88 T*:16,4°C Cond:459 µS/cm
16-oct-07	10:11	1	1151	17,26	2,26	0	Recuperación
16-oct-07	10:12	2	1152	16,23	1,23	0	
16-oct-07	10:13	3	1153	15,93	0,93	0	
16-oct-07	10:15	5	1155	15,79	0,79	0	
16-oct-07	10:17	7	1157	15,74	0,74	0	
16-oct-07	10:18	8	1158	15,71	0,71	0	
16-oct-07	10:19	9	1159	15,70	0,70	0	
16-oct-07	10:20	10	1160	15,69	0,69	0	
16-oct-07	10:25	15	1165	15,64	0,64	0	
16-oct-07	10:30	20	1170	15,61	0,61	0	
16-oct-07	10:35	25	1175	15,61	0,61	0	
16-oct-07	10:40	30	1180	15,61	0,61	0	
16-oct-07	10:50	40	1190	15,61	0,61	0	
16-oct-07	11:00	50	1200	15,60	0,60	0	
16-oct-07	11:10	60	1210	15,35	0,35	0	
16-oct-07	11:25	75	1225	15,54	0,54	0	
16-oct-07	11:40	90	1240	15,52	0,52	0	
16-oct-07	11:55	105	1255	15,51	0,51	0	
16-oct-07	12:10	120	1270	15,50	0,50	0	
16-oct-07	12:11	1	1271	21,00	6,00	1,5	Agua clara
16-oct-07	12:12	2	1272	22,21	7,21	1,5	pH:7,05 T*:14°C, Cond:459 µS/cm
16-oct-07	12:13	3	1273	22,88	7,88	1,5	
16-oct-07	12:15	5	1275	24,60	9,60	1,5	
16-oct-07	12:20	10	1280	30,40	15,40	1,5	
16-oct-07	12:25	15	1285	36,73	21,73	1,5	
16-oct-07	12:30	20	1290	41,60	26,60	1,5	
16-oct-07	12:35	25	1295	48,00	33,00	1,5	

16-oct-07	12:40	30	1300	51,92	36,92	1,5	
16-oct-07	12:50	40	1310	64,09	49,09	1,5	El agua comienza a enturbiarse
16-oct-07	13:00	50	1320	77,05	62,05	1,5	agua muy turbia, color marrón
16-oct-07	13:10	60	1330	90,85	75,85	0,7	Se regula el caudal
16-oct-07	13:18	68	1338	92,00	77,00	0,7	
16-oct-07	13:20	70	1340	90,57	75,57	0,7	
16-oct-07	13:30	80	1350	85,57	70,57	0,7	
16-oct-07	13:40	90	1360	84,81	69,81	1	Se aumenta de nuevo a 1 l/s
16-oct-07	13:50	100	1370	83,62	68,62	1	pH:6,75 T*:16,6°C Cond:463 µS/cm
16-oct-07	14:00	110	1380	81,65	66,65	1	Agua algo turbia
16-oct-07	14:10	120	1390	80,88	65,88	1	
16-oct-07	14:30	140	1410	79,78	64,78	1	
16-oct-07	15:00	170	1440	78,23	63,23	1	
16-oct-07	15:01	1	1441	66,37	51,37	0	Recuperación
16-oct-07	15:02	2	1442	62,27	47,27	0	Medidas con el equipo de impulsión introducido
16-oct-07	15:03	3	1443	60,28	45,28	0	
16-oct-07	15:04	4	1444	58,78	43,78	0	
16-oct-07	15:05	5	1445	57,26	42,26	0	
16-oct-07	15:06	6	1446	55,38	40,38	0	
16-oct-07	15:07	7	1447	53,89	38,89	0	
16-oct-07	15:08	8	1448	52,40	37,40	0	
16-oct-07	15:09	9	1449	50,70	35,70	0	
16-oct-07	15:10	10	1450	49,91	34,91	0	
16-oct-07	15:15	15	1455	43,82	28,82	0	
16-oct-07	15:20	20	1460	32,08	17,08	0	
16-oct-07	15:25	25	1465	23,01	8,01	0	
16-oct-07	15:30	30	1470	19,03	4,03	0	
16-oct-07	15:40	40	1480	15,97	0,97	0	
16-oct-07	15:50	50	1490	15,71	0,71	0	
16-oct-07	16:00	60	1500	15,61	0,61	0	Medidas con sonda manual
16-oct-07	16:40	100	1540	15,22	0,22	0	
16-oct-07	17:00	120	1560	15,19	0,19	0	



**INSPECCIÓN Y VIGILANCIA DE LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E
 INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA
 CUENCA DEL EBRO, (2ª FASE)**

ENSAYO DE BOMBEO

FECHA: 15-16/10/07		Nº pág:
Nº SONDEO:	POBLACIÓN: La Molina de Ubierna	PROFUNDIDAD: 130 m
HORAS DE BOMBEO: 19 Horas y 15 minutos	HORAS DE RECUPERACIÓN: 5 h y 45 min (5 h y 5 min con el equipo introducido y 40 minutos con el equipo extraído)	

Ensayo de bombeo del sondeo de "Quiñones" en La Molina de Ubierna

El ensayo de bombeo comienza el 15 de octubre de 2007 a las 15:00 h. Lo realiza la empresa Boins, S.L. de Hellín (Albacete), con un equipo formado por grupo FIAT ALFO 250KVA 400CV, alternador Mecc Alte, tubería de impulsión con diámetro interior de 70 mm, bomba de aspiración marca Grundfos, modelo Sp 45-31 de 50 CV de potencia con 31 rodetes de impulsión.

El nivel estático inicial medido con la sonda de impulsión dentro, estaba a 15,00 m y la profundidad de la bomba de aspiración a 99 m.

El agua bombeada es extraída mediante manguera flexible a una acequia a unos 150 m de distancia.

Se realizaron ocho escalones según la tabla adjunta:

	Duración (minutos)	Caudal (l/s)	Descenso acumulado (m)
Escalón 1	3	15	65,00
Escalón 2	30	3	78,00
Escalón 3	60	1	4,74
Escalón 4	50	2	78,00
Escalón 5	817	1	6,00
Escalón 6	50	1,5	62,05

Escalón 7	30	0,7	70,57
Escalón 8	80	1	63,23

Dado el caudal estimado durante la perforación, se inicia el primer escalón con 15 l/s (con la idea de realizar el ensayo a caudal máximo).

A los 3 minutos de bombeo, se detiene el mismo pues el nivel ya se encuentra a 80 m de profundidad.

A continuación, se mide recuperación durante 60 minutos, llegando el nivel a 15,33 m.

Se reanuda el bombeo con 3 l/s, el cual se mantiene durante 30 minutos, tiempo en el que el nivel desciende hasta la rejilla.

Se mide de nuevo recuperación durante 45 minutos, llegando el nivel a 15,21 m.

Se reanuda el bombeo con 1 l/s, durante 60 minutos, con 4,74 m de descenso acumulado, y estabilizado el nivel, se decide aumentar el caudal a 2 l/s.

Este escalón, se mantuvo durante 50 minutos, descendiendo el nivel de nuevo hasta la rejilla.

Se mide recuperación durante 60 minutos llegando el nivel hasta 15,32 m

Se reanuda el bombeo con 1 l/s, caudal que se mantuvo durante 817 minutos, estabilizándose el nivel a los 45 minutos en 19,36 m de profundidad.

A continuación se decide detener el bombeo para tomar una nueva medida de recuperación, la cual dura 120 minutos, quedando el nivel a 15,50 m de profundidad.

Se reanuda de nuevo el bombeo con 1,5 l/s, este escalón dura 50 minutos, llegando el nivel a 77,05 m, momento en que se regula el caudal hasta 0,7 l/s. Con este caudal se bombea durante 30 minutos, pasando el nivel a 85,57 m, para posteriormente volver a regular el caudal a 1 l/s.

Este último escalón se mantuvo hasta el final del ensayo, quedando el nivel sin estabilizar en 78,23 m de profundidad.

El agua se enturbiaba en cada cambio de caudal, y cuando el nivel descendía por debajo de los 60 m de profundidad.

Se mide conductividad, pH y Tª a lo largo del ensayo, obteniéndose los siguientes resultados:

Caudal (l/s)	Tiempo acumulado (min)	pH	Conductividad (µS/cm)	Tª (°C)
1	166	7,18	483	14,6
1	208	6,78	474	15,5
2	224	6,52	474	15,6
1	340	6,86	472	12,7
1	573	6,86	472	13,1
1	693	6,86	471	16,4
1	817	6,88	459	16,4
1,5	1272	7,05	459	14,0
1	1400	6,75	463	16,6

Después del bombeo, se mide recuperación con el equipo de impulsión introducido durante 60 minutos, quedando el nivel en 15,61 m.

A continuación, tras extraer el equipo de impulsión, se mide recuperación durante 40 minutos, quedando el nivel en 15,19 m.

Simultáneamente, se controlaron el manantial de abastecimiento de la localidad de La Molina de Ubierna (coordenadas X: 447944, Y: 4706845) y el manantial de la Fuente de Perales (el cual no se vió afectado por ensayo de bombeo).

Los resultados del control de ambos manantiales se adjuntará en un informe aparte.



Vista del emplazamiento durante la introducción de la tubería



Introduciendo tuberías



Descendiendo el tubo aforador



Primer escalón (agua algo turbia, 15 l/s)



Tercer escalón (agua de turbidez media, 1 l/s)



Tercer escalón (agua clara, 1 l/s)



Cuarto escalón (agua muy clara, 2 l/s)



Quinto escalón (agua clara, 1 l/s)



Séptimo escalón agua muy turbia (0,7 l/s)



Momentos finales del ensayo, octavo escalón (1 l/s, agua turbia blanquecina)

Fdo: Luis Almansa Calzado.

EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO (2º FASE)

AFORO DEL SONDEO LA MOLINA DE UBIERNA (Código IPA: 1909-7-0008)

Localización Geográfica (UTM, Uso 30): X = 448.559 Y = 4.706.700 Z = 870 m

RESUMEN DE UNIDADES	
Profundidad de la bomba	100 m
Horas de bombeo	19:15 h.
Horas de recuperación	5:45 h

ENSAYO DE BOMBEO (1ª parte)

Llegada del equipo de aforos a fecha 11 de octubre de 2007 al sondeo a las 14:00 horas (Figura 1). La maquinaria está formada por un equipo de aforo, con un grupo generador marca Mecc Alte de 250 KVA, motor Fiat Alfo de 400 CV y una tubería de impulsión de 70 mm de diámetro. Se utiliza una bomba Grudfos modelo SP- 45-31 con una potencia de 50 CV situada a 100 m de profundidad.



Figura 1. Situación de la máquina de aforos.

El ensayo de bombeo se comienza el 15 de octubre de 2007 a las 15:00 h, donde las características son las que se describen en la siguiente tabla:

LA MOLINA DE UBIERNA					
	Q (l/s)	t (min)	N inicial	N final	s (m)
Escalón 1	15	3	15	80	65
Recuperación 1	-	60	-	-	-
Escalón 2	3	30	16,05	100	83,95
Recuperación 2	-	45	-	-	-
Escalón 3	1	60	15,21	19,74	4,53
Escalón 4	2	50	19,74	100	80,26
Recuperación 3	-	60	-	-	-
Escalón 5	1	840	15,32	19,36	4,04
Recuperación 4	-	120	-	-	-
Escalón 6	1,5-0,7	170	15,50	78,23	62,73
Recuperación 5	-	60	-	-	-

- **Escalón 1**

El Escalón 1 comienza a las 15:00 h y se acaba a las 15:03 h, teniendo una duración de 3 minutos y con un caudal de 15 l/s (Figura 2). El ensayo de bombeo comienza con dicho caudal, ya que se espera que este sondeo tenga un importante volumen de agua, pero tras 3 min. de bombeo se pone final a dicho escalón debido a que el nivel de agua alcanza la profundidad a partir de la cual no existe filtro. El nivel inicial medido en el Escalón 1 es de 15 m y al finalizar este primer Escalón el nivel del agua se encuentra a 80 m.



Figura 2. Caudal extraído del Escalón 1

Posteriormente, a las 15:03 h se comienza la recuperación (Recuperación 1) con una duración estimada de 60 min, donde el nivel del agua asciende hasta alcanzar los 15,33 m de profundidad.

• **Escalón 2**

Debido a lo ocurrido en la primera parte del ensayo, donde con un caudal importante el agua del sondeo se alcanzó rápidamente la rejilla, se decide repetir el ensayo con las mismas condiciones, es decir, se utiliza una bomba Grudfos modelo SP- 45-31 con una potencia de 50 CV situada a 100 m de profundidad, y se bombea a un caudal de 3 l/s.

En esta segunda parte se realiza un escalón (Escalón 2) que comienza a las 16:03 h y se acaba a las 16:33 h, teniendo una duración de 30 min., con un caudal de 3 l/s (Figura 3). El nivel inicial medido en el Escalón 2 es de 22,60 m y al finalizar este primer Escalón el nivel del agua se encuentra a 100 m.



Figura 3. Caudal extraído del Escalón 2

Inmediatamente después, a las 16:33 h comienza la recuperación (Recuperación 2) con una duración estimada de 45 min., donde el nivel del agua asciende hasta alcanzar los 15,21 m de profundidad.

• **Escalón 3**

Debido a lo ocurrido en el Escalón 2, donde con un caudal de 3 l/s el nivel alcanzó rápidamente la rejilla, se decide repetir el ensayo con las mismas condiciones, es decir, se utiliza una bomba Grudfos modelo SP- 45-31 con una potencia de 50 CV situada a 100 m de profundidad, y se bombea a un caudal de 1 l/s.

En esta segunda parte se realiza un tercer escalón (Escalón 3) que comienza a las 17:15 h y se acaba a las 18:15 h, teniendo una duración de 60 min., con un caudal de 1 l/s (Figura 4). El nivel inicial medido en el Escalón 3 es de 15,21 m y al finalizar este Escalón el nivel del agua se encuentra a 19,74 m.



Figura 4. Caudal extraído del Escalón 3

- **Escalón 4**

Debido a la estabilidad alcanzada en el Escalón 3, se decide aumentar el caudal hasta 2 l/s (Figura 5) dando comienzo a un cuarto escalón (Escalón 4). El Escalón 4 se comienza a las 18:15 h y se finaliza a las 19:05 h, teniendo una duración de 50 min., una vez que alcanza la profundidad de la rejilla.



Figura 5. Caudal extraído del Escalón 4

Inmediatamente después, a las 19:05 h comienza la recuperación (Recuperación 3) con una duración estimada de 60 min., donde el nivel del agua asciende hasta alcanzar los 15,32 m de profundidad.

- **Escalón 5**

Debido a lo ocurrido en el Escalón 4, donde con un caudal de 2 l/s el nivel alcanzó rápidamente la rejilla, se realiza un quinto escalón (Escalón 5) que comienza a las 20:10 h y se acaba a las 10:10 h (16/10/2007), teniendo una duración de 14 horas, con un caudal de 1 l/s (Figura 6).

El nivel inicial medido en el Escalón 5 es de 15,32 m y al finalizar este Escalón el nivel del agua se encuentra a 19,36 m.



Figura 6. Caudal extraído del Escalón 5

Inmediatamente después, a las 10:10 h se comienza la recuperación (Recuperación 4) con una duración estimada de 120 min., donde el nivel del agua asciende hasta alcanzar los 15,50 m de profundidad.

- **Escalón 6**

Una vez finalizada la Recuperación 4, se decide realizar un nuevo escalón (Escalón 5). El Escalón 5 comienza a las 12:10 h y finaliza a las 15:00 h, teniendo una duración de 170 min. El nivel inicial medido en el Escalón 6 es de 15,50 m y al finalizar este Escalón el nivel del agua se encuentra a 78,23 m.



Figura 7. Caudal extraído del Escalón 6

Inmediatamente después, a las 15:00 h comienza la recuperación (Recuperación 5) con una duración estimada de 60 min, donde el nivel del agua asciende hasta alcanzar los 15,61 m de profundidad

Simultáneamente al ensayo de bombeo se toman medidas de CE, T^a y pH en cada escalón:

- **Escalón 3 (Q= 1 l/s)**

Inicio del Escalón 3: CE= 483 μ S/cm; T^a = 14,6 C ; pH= 7,18.

Final del Escalón 3: CE= 474 μ S/cm; T^a = 15,5 C ; pH= 6,78.

- **Escalón 4 (Q= 2 l/s)**

Media del Escalón 4: CE= 474 μ S/cm; T^a = 15,6 C ; pH= 6,52,.

- **Escalón 5 (Q= 1 l/s)**

Inicio del Escalón 5: CE= 472 μ S/cm; T^a = 12,7 C ; pH= 6,86.

Final del Escalón 5: CE= 459 μ S/cm; T^a = 15,2 C ; pH= 6,88.

- **Escalón 6 (Q= 1,5 – 0,7 l/s)**

Inicio del Escalón 6: CE= 459 μ S/cm; T^a = 14 C ; pH= 7,05.

Final del Escalón 6: CE= 464 μ S/cm; T^a = 14,6 C ; pH= 7,05.

Elena Malo Moreno
Geóloga



MINISTERIO
DE EDUCACION
Y CIENCIA



Instituto Geológico
y Minero de España

INFORME ENSAYO DE BOMBEO

**PIEZÓMETRO N° 1909-7-0008
(09.124.001)**

LA MOLINA DE UBIERNA (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 La Molina de Ubierna (Burgos), de 130 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, $(t_b+tr)/tr$, lo cual no implica que se trate del método de Recuperación de Theis.

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL SONDEO

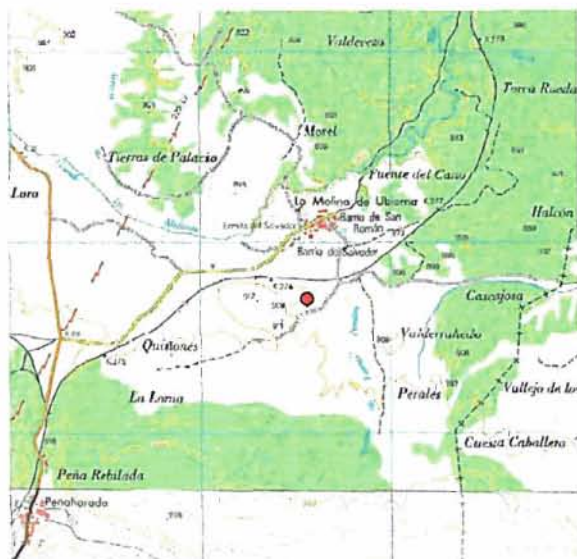
- Hoja del MTN a escala 1: 50.000 nº 19-09 (167). Montorio.
- Término municipal de Merindad de Río Ubierna (Burgos). El sondeo se ubica a 380 metros al sur de la población de La Molina de Ubierna, a uno 110 metros de la vía de ferrocarril (figuras 1, 2 y 3).
- Referencia catastral. Polígono 510, Parcela 5241.
- Coordenadas UTM:

USO: 30T

X: 448.559

Y: 4.706.700

Z: 898 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.) Bureba (09.024) definida sobre los afloramientos carbonatados, fundamentalmente cretácicos, del arco de Rojas-Santa Casilda en la cuenca del Ebro. Tal como se muestra en la figura 4, parte importante de estos afloramientos corresponden a la cuenca del Duero, por lo que el límite meridional de la unidad es convencional, y se hace coincidir con la divisoria superficial Ebro-Duero, que a grandes rasgos se supone coincide con la divisoria hidrogeológica.

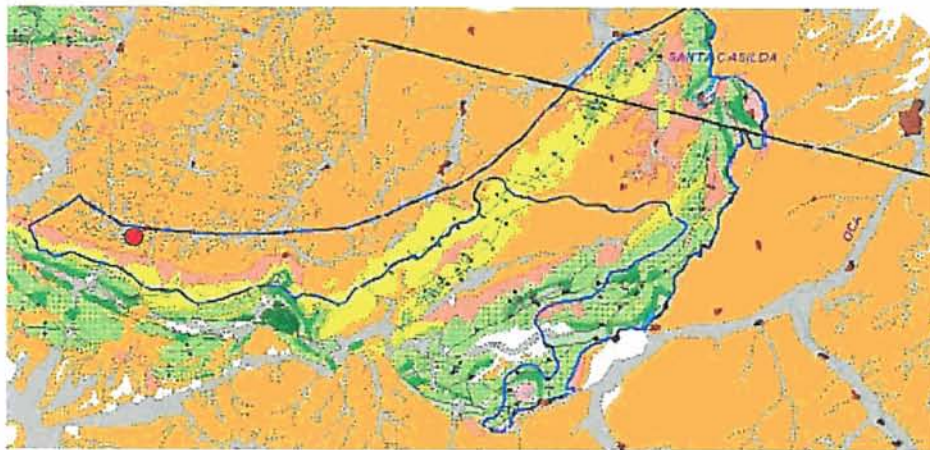


Figura 4. Masas de agua Subterránea de La Bureba

Las estructuras más características son la Franja Diapírica de Montorio-Santa Casilda, el anticlinal de Rojas, desarrollado sobre materiales del Cretácico superior, el anticlinal de Buezo, la cubeta terciaria de San Pedro, encerrada por ambos anticlinales, y el diapiro de Salinillas de Bureba. Completan esta estructura los pliegues NO-SE y los cabalgamientos del Cretácico superior de Alba sobre la cuenca del Duero.

Las formaciones acuíferas más importantes corresponden a los niveles carbonatados del Cretácico superior, formado por dos unidades calcáreas que pueden llegar a tener 450 m de



potencia: las calizas de la serie Turoniense – Santiense inferior, muy permeables por fisuración y carstificación y la serie calcárea del Santiense medio y superior, que constituye un nivel permeable por fisuración y carstificación de importancia regional. Ambos niveles están separados por una serie margosa del Santiense inferior y medio de unos 28 a 80 m de espesor. Las calizas y margas del Cenomaniense (250 m), de baja permeabilidad, definen el nivel de base del acuífero Turoniense-Santiense.

La recarga procede en su mayor parte de la infiltración de las lluvias caídas sobre la superficie permeable, por aportes diferidos a través de los conglomerados terciarios y, posiblemente también por transferencia lateral de otras unidades adyacentes, como la de Sedano -La Lora.

Las descargas significativas en la mitad meridional son las del manantial de San Indalecio sobre el río Oca, al sur de Villafranca-Montes de Oca, que drena conjuntamente 10 L/s de los dos acuíferos cretácicos a unos 970 m s.n.m. Más al norte, la estructura anticlinal de Buezo muestra varios puntos de drenaje: uno de ellos, Pozo Negro, se localiza a 861 m s.n.m. en las faldas del Santuario de Santa Casilda, donde el manantial de Pozo Blanco drena el acuífero Turoniense-Coniaciense, con unos 30 l/s.

En la estructura anticlinal de Rojas, representativa del acuífero del Santiense superior, destaca el manantial utilizado por la planta embotelladora de Aguas de Santolín, a unos 740 m s.n.m, con un caudal próximo a 10 l/s, regulado actualmente por un sondeo.

El piezómetro se encuentra situado en un afloramiento en el sector más occidental de la unidad (figura 4). La estructura de la zona está en gran medida oculta por materiales terciario discordantes sobre los materiales Cretácicos. Por las características del entorno el sondeo se encontraría en el bloque S de la denominada falla de Ubierna, posiblemente sobre una estructura anticlinal de dimensiones kilométricas y con dirección E-W. El buzamiento, si se supone la continuidad de la estructura este sería de hasta unos 40 grados hacia el N.

En el extremo oeste del afloramiento se sitúa el importante manantial de Las Fuentes (25 L/seg), situado a 660 metros en dirección WNW del sondeo

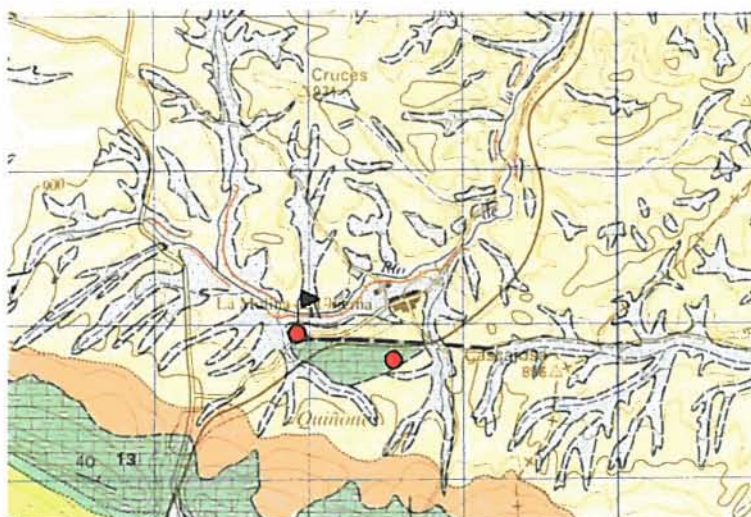


Figura 5. Situación del sondeo en la hoja nº 167 (Montorio)



INCIDENCIAS HIDROGEOLÓGICAS DE LA PERFORACIÓN

Según la cartografía MAGNA de la hoja nº 167 (Montorio), el sondeo se encuentra emboquillado en materiales del Santoniense medio y superior, constituidos por calizas y calcarenitas bioclásticas con Lacazinas y miliolidos.

Hasta el metro 24 la litología atravesada permite identificarla como pertenecientes a la Fm. Tubilla del Agua. A continuación se atraviesa la Fm. Nocedo de Burgos, caracterizada por la presencia de calizas y, sobre todo, dolomías que hacia el metro 100 cambia gradualmente a una unidad esencialmente margosa (Fm. Nidaguila).

La columna atravesada ha sido la siguiente:

- 0-24 m: Dolomías amarillentas y calizas grises blanquecinas recristalizadas.
- 24-68 m: Calizas blanco-amarillentas y dolomías amarillo-rosadas.
- 68-90 m: Calizas grises a blanquecinas, con dolomías en proporción variable.
- 90-130 m: Calizas dolomíticas grises y calizas margosas grises.

El primer aporte de agua se detectó en el metro 20. La testificación geofísica del sondeo identificó además los siguientes tramos con potencial interés:

Tramos Productivos		Espesor m
Desde	Hasta	
37,5	39,5	2,0
47,0	49,0	2,0
51,0	52,0	1,0
54,0	55,5	1,5
64,0	65,0	1,0
66,5	67,0	0,5
67,5	68,5	1,0

El sondeo quedó entubado como sigue:

ENTUBACIÓN				
TRAMO (m)	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Tipo	Filtro
0-6	300	5	Acero al carbono	Ciega
0-40	300	4	Acero al carbono	Ciega
40-46	180	4	Acero al carbono	Filtro
46-52	180	4	Acero al carbono	Ciega
52-58	180	4	Acero al carbono	Filtro
58-64	180	4	Acero al carbono	Ciega
64-70	180	4	Acero al carbono	Filtro
70-130	180	4	Acero al carbono	Ciega



Tras el acabado del sondeo, el nivel piezométrico se situó a 15,58 metros de profundidad, que representa una cota de 833 m.s.n.m, 15 metros superior que la cota de surgencia del manantial de Las Fuentes.

INCIDENCIAS DEL ENSAYO DE BOMBEO

El ensayo comenzó el 15 de octubre de 2007, a las 15:00 horas y tuvo una duración de 24 horas. El control de niveles se efectuó en el pozo de bombeo, el agua se vertió mediante una manguera de 150 metros a una acequia y el control del caudal se efectuó mediante tubo Pitot.

La aspiración se situó a 99 metros de profundidad. El equipo de bombeo consistió en un grupo FIAT ALFO 250KVA 400CV, alternador Mecc Alte, tubería de impulsión con diámetro interior de 70 mm, bomba de aspiración marca Grundfos, modelo Sp 45-31 de 50 CV de potencia.

El ensayo se planificó como un bombeo continuo con un caudal inicial de 15 L/seg, pero dado que el descenso a los tres minutos amenazaba alcanzar la rejilla se paró el bombeo y se midió la recuperación durante una hora para reanudar el bombeo con un caudal de 3 L/seg. Los descensos continuaron siendo muy importantes, por lo que se repitió la secuencia anterior y así sucesivamente varias veces, por lo que en realidad se disponen de una serie de cinco ensayos de bombeos de corta duración, unas veces de caudal continuo y otras escalonados, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

Escalón	Tiempo min	Caudal l/seg.	Duración Bombeo min	Duración Recuperación min
Ensayo 1	0	15	3	60
Ensayo 2	63	3	30	70
Ensayo 3	163	1	60	60
	223	2	50	
Ensayo 4	333	1	817	120
Ensayo 5	1270	1,5	50	
	1320	0,7	30	
	1350	1	80	

Durante el ensayo se controló el caudal de los manantiales de Las Fuentes y Fuente Perales, los cuales no consta que fueran afectados ya que la diferencias de caudal detectadas entre los diferentes aforos caen dentro del margen de error de la determinación de los mismos.

El agua salió turbia al principio y aclaró hacia el minuto 378. En el minuto 1310, sin que mediase cambio de caudal, el agua se enturbio considerablemente en breves minutos, sin que llegase a aclarar totalmente al final de la prueba. Al parecer el enturbiamiento del agua se producía en los incrementos de caudal y siempre que el nivel dinámico descendía por debajo de 60 metros.

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

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Conductividad (μS/cm)	pH
166	14,6	483	7,18
208	15,5	474	6,78
224	15,6	474	6,52
340	12,7	472	6,86
573	13,1	472	6,86
693	16,4	471	6,86
1150	16,4	6,88	459
1272	14,0	459	7,05
1370	16,6	463	6,75

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

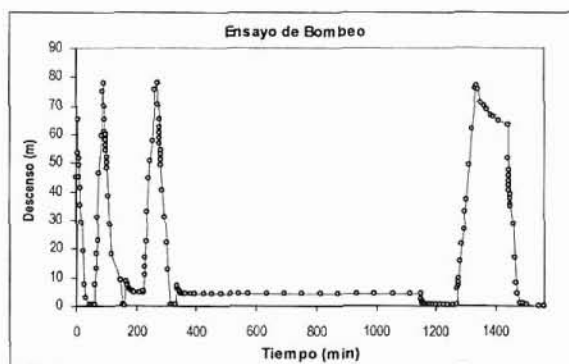


Figura 6. Curva de descenso-tiempo del conjunto de ensayos.

INTERPRETACIÓN

La interpretación de la prueba de bombeo se ha efectuado considerando que se han realizado cinco ensayos de bombeo consecutivos con sus correspondientes recuperaciones. No se ha considerado el déficit de recuperación existente tras cada escalón debido a que su magnitud es en todos los casos inferior a 50 cm, de muy escasa entidad en relación con los descensos registrados durante los ensayos, por lo que todos los descensos están referidos al nivel estático inicial.

El método utilizado para la calibración ha sido en todos los casos el de prueba-error (método directo) con el modelo teórico de Hantush.

Excepto el ensayo nº 4, se ha requerido corregir los descensos medidos mediante el algoritmo de Dupuit, debido a la fuerte disminución del espesor saturado durante el bombeo.

Ensayo nº 1

A efectos prácticos el ensayo se ha asimilado a un sobrebombeo de 15 L/seg durante 3 minutos, ya que en ese breve espacio de tiempo el nivel dinámico llegó a la aspiración.

La interpretación sólo ha sido posible en la recuperación, y ha arrojado una transmisividad de 1,55 m²/día (figura 7). La calibración obtenida no es perfecta, ya que no ha sido posible



reproducir la rápida recuperación que se identifica en el gráfico para tiempos adimensionales $(tb+tr/tr)$ inferiores a 1,2 .

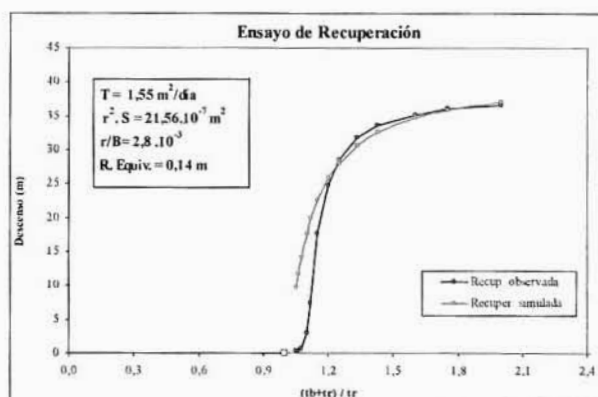


Figura 7

Ensayo nº 2

El ensayo es asimilable a un bombeo de 30 minutos de duración con un caudal constante de 3 L/seg.

Los resultados obtenidos difieren ligeramente según se trate de bombeo o recuperación. En todo caso, estos son coherentes entre sí, así como con los obtenidos en el ensayo nº 1.

La deficiencias en la calibración obedecen a las mismas causas que en el caso anterior: no se consigue simular la rápida recuperación que acontece tras un inicio muy lento (figura 9) y, en bombeo, tampoco se puede simular la estabilización detectada a partir del minuto 25 (figura 8).

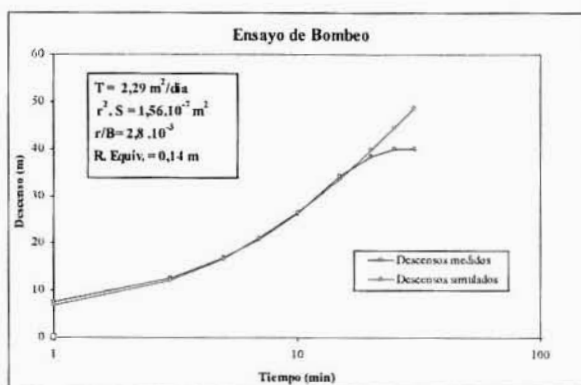


Figura 8

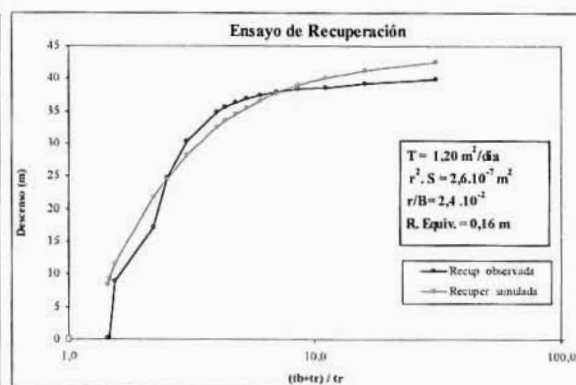


Figura 9

Ensayo nº 3

El ensayo es asimilable a un bombeo con dos escalones de 1 y 2 L/seg y 60 y 50 minutos, respectivamente, de duración.

En el caso del ensayo de bombeo, la curva de campo es anómala en lo que respecta al primer escalón, ya que en el transcurso del mismo, tras el lógico descenso de niveles que acontece en los primeros diez minutos, estos comienzan a recuperar. Este fenómeno no ha podido ser simulado y no se muestra en la gráfica de la figura nº 10, que sólo muestra la simulación del segundo escalón.

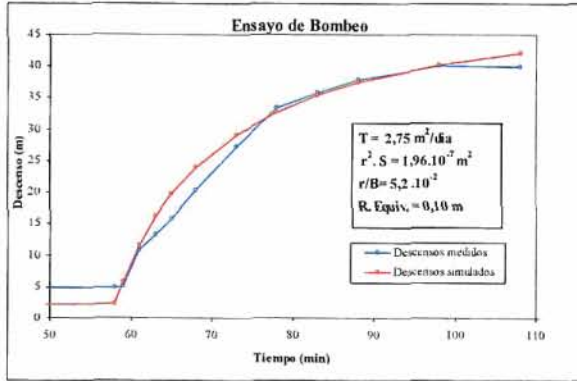


Figura 10

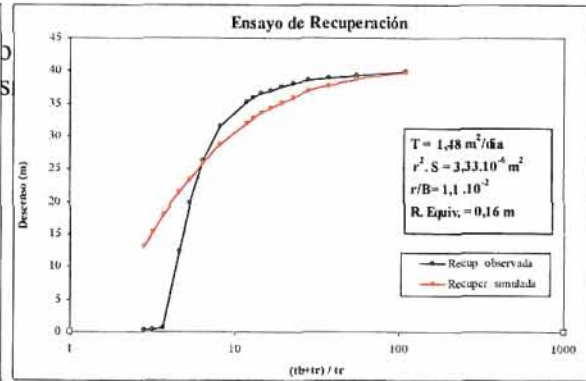


Figura 11

Ensayo nº 4

El ensayo es asimilable a un bombeo con un caudal de 1 L/seg y 817 minutos de duración, del que se ha controlado la recuperación durante 120 minutos.

El ensayo en la fase de bombeo (figura 12) repite en su inicio el anómalo comportamiento del caso anterior: un descenso inicial en los primeros minutos, seguido por una recuperación no justificada por cambio del régimen de bombeo. A continuación los niveles evolucionan de manera descendente hacia una estabilización compatible con un modelo de acuífero semiconfinado.

La evolución de la recuperación es en este caso completamente diferente a las anteriores, ya la mayor parte de la misma se produce en los momentos iniciales (figura 13).

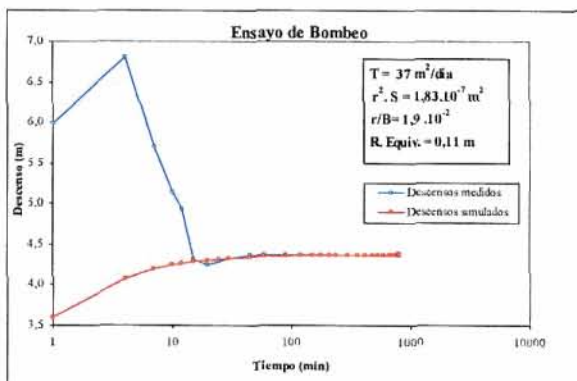


Figura 12

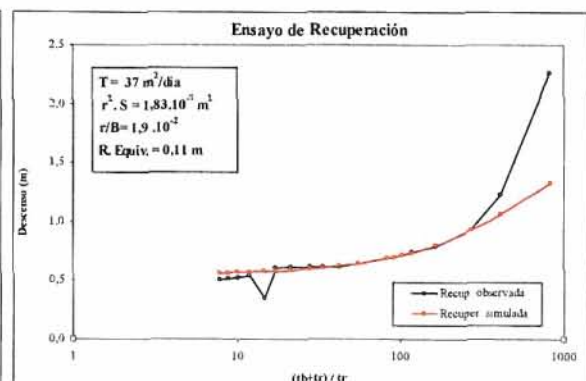


Figura 13



Los resultados obtenidos son completamente diferentes en lo que respecta a la transmisividad, que en este caso es muy superior ($37 \text{ m}^2/\text{día}$). Los restantes parámetros son similares a los obtenidos en los ensayos anteriores.

Ensayo nº 5

El ensayo consistió en un bombeo escalonado con caudales de 1.5, 0.7 y 1 L7seg y duración de 50, 30 y 80 minutos, respectivamente.

Los parámetros obtenidos son idénticos en bombeo y recuperación y del mismo orden de magnitud que los obtenido en recuperación en los tres primeros ensayos.

La morfología de la curva de recuperación y las dificultades para su correcta calibración es similar a la de esos tres ensayos.

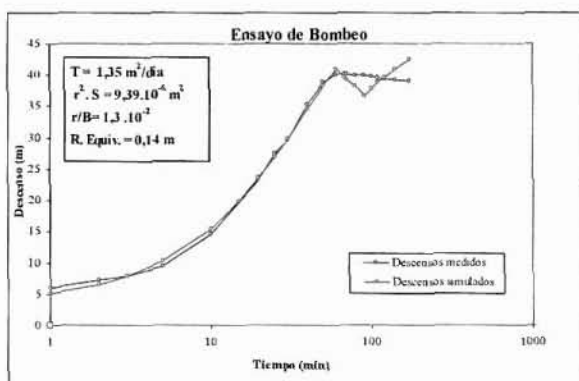


Figura 14

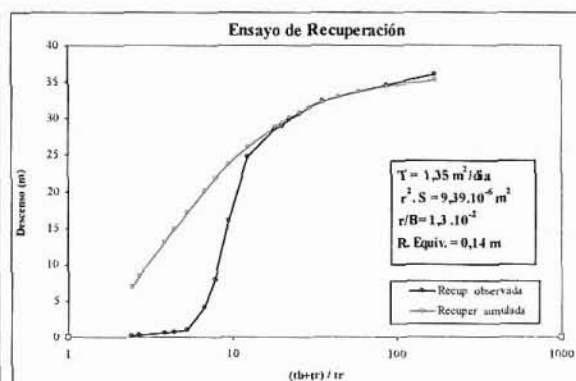


Figura 15

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se sintetizan en el siguiente cuadro.

Ensayo	Metodo de interpretación	Transmisividad $\text{m}^2/\text{día}$	$r^2.S$ m^2	r/B	R. Equiv. m
Ensayo 1	Simulación recuperación (Solución de Hantush)	1,55	1,56E-07	2,82E-03	0,14
	Simulación bombeo (Solución de Hantush)	2,29	1,56E-07	2,82E-03	0,14
Ensayo 2	Simulación recuperación (Solución de Hantush)	1,20	2,65E-07	2,40E-02	0,16
	Simulación bombeo (Solución de Hantush)	2,75	1,96E-07	5,25E-03	0,10
Ensayo 3	Simulación recuperación (Solución de Hantush)	1,48	3,33E-06	1,07E-02	0,16
	Simulación bombeo (Solución de Hantush)	37	1,83E-05	1,86E-02	0,11
Ensayo 4	Simulación recuperación (Solución de Hantush)	37	1,83E-05	1,86E-02	0,11
	Simulación bombeo (Solución de Hantush)	1,35	9,39E-06	1,29E-02	0,14
Ensayo 5	Simulación recuperación (Solución de Hantush)	1,35	9,39E-06	1,29E-02	0,14

Cabe llamar la atención sobre los siguientes aspectos:



- Los ensayos 1, 2, 3 y 5 son muy similares entre sí, tanto en resultados como en las características de las curvas de descenso-tiempos obtenidas. En bombeo todos ellos muestran una estabilización para un valor del descenso –una vez realizada la corrección de Dupuit- en torno a 40 metros que no se puede simular mediante semiconfinamiento.

En recuperación, todos ellos evolucionan de manera similar, y tras un inicio de recuperación extraordinariamente lenta, a partir de un determinado valor del descenso corregido (Dupuit) en torno a 35 metros este valor desciende rápidamente, sin que pueda ser simulado correctamente. A continuación, la curva de campo tiende a cortar los ejes de coordenadas en el origen, adquiriendo una forma asimilable a una sigmoide. Cabe la posibilidad que ambos fenómenos sea consecuencia de la transformación realizada al aplicar la corrección de Dupuit y no de las características físicas y de funcionamiento del acuífero. También puede ser que esa transformación tuviera un posible rango de validez (del que se desconoce referencias en la literatura técnica) por lo que en tal caso se ignora la validez de los resultados obtenidos.

Los valores de la transmisividad obtenidos en bombeo suelen duplicar el valor del obtenido en recuperación en los ensayos en los que los bombeos fueron de corta duración, pero no en los de mas larga duración (ensayos 4 y 5). Ello sugiere la posible existencia de una barrera impermeable que no es detectada en los bombeos mas cortos. Esa hipotética barrera presumiblemente consistiría en la falla WE situada 120 metros al norte.

- El ensayo nº 4 presenta características completamente diferentes a los demás, tanto en la forma de las curvas de descenso-tiempo como en el valor obtenido de la transmisividad, que en este caso es más de un orden de magnitud superior al obtenido por los restantes ensayos. Ello parece ser debido a los siguientes factores: 1) el descenso inducido en este bombeo es muy pequeño, por lo que ningún nivel productivo queda colgado y no se produce desaturación del acuífero, 2) no se requiere efectuar la corrección de Dupuit, por lo que tampoco se introduce las incertidumbres inherentes a esta corrección.

Otra diferencia sensible es que los ensayos 1, 2, 3 y 5 ha requerido para su calibración admitir que el agua suministrada por el almacenamiento en el sondeo es superior a la que correspondería al radio nominal de la perforación, por lo que ha habido que adoptar un Radio Equivalente ligeramente superior, mientras que el ensayo nº 4 no ha requerido dicha corrección.

- El acuífero tiene un comportamiento asimilable a un semiconfinado, con un valor del parámetro r/B relativamente alto. Ello puede ser debido a la percolación procedente de niveles acuíferos que van quedando descolgados a medida que desciende el nivel durante el bombeo o que no han sido ranurados.
- Dada la menor complejidad para la interpretación del ensayo nº 4, se considera (no sin reservas) que la transmisividad obtenida en el mismo, $37 \text{ m}^2/\text{día}$, es la representativa.



ANEXO Nº 1

ESTADILLO ENSAYO DE BOMBEO

Localidad: **La Molina de Ubierna (Burgos)**
 Hoja MTN **19-09 (167) Montorio**

Nº de Inventario Pozo de bombeo:	1909-7-0008	Coordenadas sondeo:	448559 4706700 898
Nº de Inventario Piezómetro:	--	Coordenadas Piezómetro:	
Profundidad del sondeo:	130 m	Distancia del piezómetro:	
Nivel estático:	15 m	Toponimia./Ref.Catastral.	Polígono 510, Parcela 5241
Profundidad techo Fm. acuífera (m)	20 m	Fecha ensayo:	15 de octubre de 2007
Profundidad muro Fm acuífera (m)	70 m	Bomba:	Grundfos modelo SP-45-31 50CV
Longitud del filtro (Screen length)	18 m	Grupo :	FIAT ALFO 250KVA 400CV
φ perforación (annulus diameter)	220 mm	Profundidad bomba:	99 m
φ pantalla (casing diameter)	180 mm		

Hora	Caudal l/seg.	Tiempo min	Pozo de bombeo		Piezómetro		Observaciones
			Profund. m.	Descen. m.	Profund. m.	Descen. m.	
15:00	0	0	15,00				
15:02	15	2	60,00	45,00			agua turbia, color amarillento
15:03	15	3	80,00	65,00			agua muy turbia, color marrón
15:06	0	6	68,22	53,22			Recuperación
15:07	0	7	66,78	51,78			
15:08	0	8	64,00	49,00			
15:10	0	10	60,16	45,16			
15:12	0	12	56,13	41,13			
15:15	0	15	50,00	35,00			
15:18	0	18	43,88	28,88			
15:23	0	23	34,14	19,14			
15:28	0	28	22,38	7,38			
15:33	0	33	18,02	3,02			
15:43	0	43	15,67	0,67			
15:53	0	53	15,38	0,38			
16:03	0	63	15,33	0,33			
16:04	3	64	22,60	7,60			
16:06	3	66	28,02	13,02			
16:08	3	68	33,16	18,16			
16:10	3	70	38,09	23,09			
16:13	3	73	46,04	31,04			
16:18	3	78	61,57	46,57			
16:23	3	83	74,68	59,68			
16:28	3	88	90,22	75,22			
16:33	3	93	93,00	78,00			
16:34	0	94	84,86	69,86			
16:35	0	95	80,00	65,00			
16:36	0	96	76,00	61,00			
16:37	0	97	74,96	59,96			
16:38	0	98	73,06	58,06			
16:39	0	99	71,21	56,21			
16:40	0	100	69,32	54,32			
16:41	0	101	67,13	52,13			
16:42	0	102	65,12	50,12			
16:43	0	103	63,10	48,10			
16:48	0	108	53,35	38,35			
16:53	0	113	43,79	28,79			
16:58	0	118	33,50	18,50			



Hora	Caudal l/seg.	Tiempo min	Pozo de bombeo		Piezómetro		Observaciones
			Profund. m.	Descen. m.	Profund. m.	Descen. m.	
17:28	0	148	24,00	9,00		0,00	
17:38	0	158	15,26	0,26		0,00	
17:43	0	163	15,21	0,21		0,00	
17:46	1	166	23,29	8,29		20,00	pH:7,18 T°:14,6°C, Cond:483 µS/cm
17:48	1	168	22,29	7,29		20,00	agua turbia, color amarillento
17:50	1	170	21,95	6,95		20,00	
17:53	1	173	20,94	5,94		20,00	
17:58	1	178	20,53	5,53		20,00	
18:03	1	183	20,03	5,03		20,00	
18:08	1	188	19,93	4,93		20,00	Agua clara
18:13	1	193	19,71	4,71		20,00	
18:28	1	208	19,74	4,74		20,00	pH:6,78 T°:15,5°C Cond:474 µS/cm
18:43	1	223	19,74	4,74		20,00	
18:44	2	224	20,01	5,01		40,00	pH:6,52 T°:15,6°C Cond:474 µS/cm
18:46	2	226	25,95	10,95		40,00	Agua clara
18:48	2	228	28,80	13,80		40,00	
18:50	2	230	31,67	16,67		40,00	
18:53	2	233	37,61	22,61		40,00	
18:58	2	238	47,80	32,80		40,00	Se toma muestra para laboratorio
19:03	2	243	59,63	44,63		40,00	
19:08	2	248	65,42	50,42		40,00	
19:13	2	253	72,67	57,67		40,00	Agua algo turbia
19:23	2	263	90,36	75,36		40,00	Turbidez alta
19:33	2	273	93,00	78,00		40,00	
19:34	0	274	85,23	70,23		0,00	Recuperación
19:35	0	275	80,02	65,02		0,00	
19:36	0	276	77,43	62,43		0,00	
19:37	0	277	75,61	60,61		0,00	
19:38	0	278	73,66	58,66		0,00	
19:39	0	279	71,75	56,75		0,00	
19:40	0	280	69,43	54,43		0,00	
19:41	0	281	68,10	53,10		0,00	
19:42	0	282	66,29	51,29		0,00	
19:43	0	283	64,39	49,39		0,00	
19:48	0	288	55,33	40,33		0,00	
19:53	0	293	46,06	31,06		0,00	
19:58	0	298	36,80	21,80		0,00	
20:03	0	303	27,80	12,80		0,00	
20:13	0	313	15,62	0,62		0,00	
20:23	0	323	15,35	0,35		0,00	
20:33	0	333	15,32	0,32		0,00	
20:34	1	334	21,00	6,00		20,00	Agua turbia
20:37	1	337	21,82	6,82		20,00	
20:40	1	340	20,70	5,70		20,00	pH:6,86 T°:12,7°C, Cond:472 µS/cm
20:43	1	343	20,14	5,14		20,00	
20:45	1	345	19,93	4,93		20,00	
20:48	1	348	19,31	4,31		20,00	
20:53	1	353	19,25	4,25		20,00	
20:58	1	358	19,28	4,28		20,00	
21:03	1	363	19,32	4,32		20,00	
21:18	1	378	19,36	4,36		20,00	Agua clara
21:33	1	393	19,36	4,36		20,00	
22:03	1	423	19,36	4,36		20,00	



Hora	Caudal l/seg.	Tiempo min	Pozo de bombeo		Piezómetro		Observaciones
			Profund. m.	Descen. m.	Profund. m.	Descen. m.	
22:33	1	453	19,36	4,36		20,00	
23:03	1	483	19,36	4,36		20,00	
23:33	1	513	19,36	4,36		20,00	
0:03	1	543	19,36	4,36		20,00	
0:33	1	573	19,36	4,36		20,00	pH:6,86 T°:13,1°C, Cond:472 µS/cm
1:33	1	633	19,36	4,36		20,00	
2:33	1	693	19,36	4,36		20,00	pH:6,86 T°:16,4°C, Cond:471 µS/cm
3:33	1	753	19,36	4,36		20,00	
4:33	1	813	19,36	4,36		20,00	
5:33	1	873	19,36	4,36		20,00	
6:33	1	933	19,36	4,36		20,00	
7:33	1	993	19,36	4,36		20,00	
8:33	1	1053	19,36	4,36		20,00	
9:33	1	1113	19,36	4,36		20,00	Se toma muestra para laboratorio
10:10	1	1150	19,36	4,36		20,00	pH:6,88 T°:16,4°C Cond:459 µS/cm
10:11	0	1151	17,26	2,26		0,00	Recuperación
10:12	0	1152	16,23	1,23		0,00	
10:13	0	1153	15,93	0,93		0,00	
10:15	0	1155	15,79	0,79		0,00	
10:17	0	1157	15,74	0,74		0,00	
10:18	0	1158	15,71	0,71		0,00	
10:19	0	1159	15,70	0,70		0,00	
10:20	0	1160	15,69	0,69		0,00	
10:25	0	1165	15,64	0,64		0,00	
10:30	0	1170	15,61	0,61		0,00	
10:35	0	1175	15,61	0,61		0,00	
10:40	0	1180	15,61	0,61		0,00	
10:50	0	1190	15,61	0,61		0,00	
11:00	0	1200	15,60	0,60		0,00	
11:10	0	1210	15,35	0,35		0,00	
11:25	0	1225	15,54	0,54		0,00	
11:40	0	1240	15,52	0,52		0,00	
11:55	0	1255	15,51	0,51		0,00	
12:10	0	1270	15,50	0,50		0,00	
12:11	2	1271	21,00	6,00		30,00	Agua clara
12:12	2	1272	22,21	7,21		30,00	pH:7,05 T°:14°C, Cond:459 µS/cm
12:13	2	1273	22,88	7,88		30,00	
12:15	2	1275	24,60	9,60		30,00	
12:20	2	1280	30,40	15,40		30,00	
12:25	2	1285	36,73	21,73		30,00	
12:30	2	1290	41,60	26,60		30,00	
12:35	2	1295	48,00	33,00		30,00	
12:40	2	1300	51,92	36,92		30,00	
12:50	2	1310	64,09	49,09		30,00	El agua comienza a enturbiarse
13:00	2	1320	77,05	62,05		30,00	agua muy turbia, color marrón
13:10	1	1330	90,85	75,85		14,00	Se regula el caudal
13:18	1	1338	92,00	77,00		14,00	
13:20	1	1340	90,57	75,57		14,00	
13:30	1	1350	85,57	70,57		14,00	
13:40	1	1360	84,81	69,81		20,00	Se aumenta de nuevo a 1 l/s
13:50	1	1370	83,62	68,62		20,00	pH:6,75 T°:16,6°C Cond:463 µS/cm
14:00	1	1380	81,65	66,65		20,00	Agua algo turbia
14:10	1	1390	80,88	65,88		20,00	



Hora	Caudal l/seg.	Tiempo min	Pozo de bombeo		Piezómetro		Observaciones
			Profund. m.	Descen. m.	Profund. m.	Descen. m.	
14:30	1	1410	79,78	64,78		20,00	
15:00	1	1440	78,23	63,23		20,00	
15:01	0	1441	66,37	51,37		0,00	Recuperación
15:02	0	1442	62,27	47,27		0,00	Medidas con el equipo de impulsión introducido
15:03	0	1443	60,28	45,28		0,00	
15:04	0	1444	58,78	43,78		0,00	
15:05	0	1445	57,26	42,26		0,00	
15:06	0	1446	55,38	40,38		0,00	
15:07	0	1447	53,89	38,89		0,00	
15:08	0	1448	52,40	37,40		0,00	
15:09	0	1449	50,70	35,70		0,00	
15:10	0	1450	49,91	34,91		0,00	
15:15	0	1455	43,82	28,82		0,00	
15:20	0	1460	32,08	17,08		0,00	
15:25	0	1465	23,01	8,01		0,00	
15:30	0	1470	19,03	4,03		0,00	
15:40	0	1480	15,97	0,97		0,00	
15:50	0	1490	15,71	0,71		0,00	
16:00	0	1500	15,61	0,61		0,00	Medidas con sonda manual
16:40	0,00	1540	15,22	0,22		0,00	
17:00	0,00	1560	15,19	0,19		0,00	

ANEJO 5

ANÁLISIS QUÍMICOS REALIZADOS



INFORME DE RESULTADO DE ENSAYO Nº 000008558

Solicitado por:

COMPañIA GENERAL DE SONDEOS, S.A.
C/ ANABEL SEGURA, 11 EDIF. A - 4º OF. B 28108 ALCOBENDAS (MADRID)

Denominación de la muestra:

LA MOLINA DE UBIERNA ESC. 4º 2 I/S

Matriz: Agua continental

Nº de muestra: 000008294

Tipo de muestra: Puntual

Tomada por: El cliente

Fecha recepción: 24/10/2007

Inicio análisis: 24/10/2007

Fin análisis: 29/10/2007

DETERMINACION	RESULTADO	METODOLOGIA
AMONIO	0,06 mg/l	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-AMON)
*ANHIDRIDO SILICICO	5,00 mg/l	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-SILI)
*BICARBONATOS	243,65 mg/l	Acidimetría, con anaranjado de metilo (PIE-ALCA)
*BORO	0,03 mg/l	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-BORO)
*CALCIO	96,12 mg/l	Complexometría (PIE-CALC)
*CARBONATOS	< 5 mg/l	Acidimetría, con fenoltaleína (PIE-ALCA)
*CLORUROS	13,73 mg/l	Método Argentométrico de Mohr (PIE-CLOR)
CONDUCTIVIDAD 20 °C	410 µS/cm	Electrometría (PIE-COND)
FOSFATOS	< 0,05 mg P-PO4 ³⁻ /l	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-FOSF)
*HIDROXIDOS	0,00 mg/l	Volumetría (PIE-ALCA)
*HIERRO	< 0,05 mg/l	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-FeAA)
*MAGNESIO	2,67 mg/l	Complexometría (PIE-DURE)
*MANGANESO	< 0,02 mg/l	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-MnAA)
*NITRATOS	24,57 mg/l	Espectrofotometría de absorción (PIE-NITA)
*NITRITOS	< 0,04 mg/l	Espectrofotometría de absorción (PIE-NITI)
pH	7,34 ud. de pH	Electrometría (PIE-PH)
*POTASIO	0,35 mg/l	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
*SODIO	2,50 mg/l	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
*SULFATOS	11,84 mg/l	Espectrofotometría de absorción (PIE-SULF)

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

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

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

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

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

30 de octubre de 2007

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

ANÁLISIS GEOQUÍMICO. DATOS INFORMATIVOS

MACROCONSTITUYENTES

	<u>mg/l</u>	<u>meq/l</u>	<u>% meq/l</u>
CLORUROS	13,73	0,39	7,71
SULFATOS	11,84	0,25	4,91
BICARBONATOS	243,65	3,99	79,49
CARBONATOS	0,00	0,00	0,00
NITRATOS	24,57	0,40	7,89
SODIO	2,50	0,11	2,12
MAGNESIO	2,67	0,22	4,28
CALCIO	96,12	4,80	93,43
POTASIO	0,35	0,01	0,17

CLASIFICACIÓN DEL AGUA:

BICARBONATADA - CÁLCICA

OTROS DATOS DE INTERÉS

Punto de congelación	-0,01 °C
Sólidos disueltos	400,53 mg/l
CO2 libre	17,72 mg/l
Dureza total	25,10 °Francés
Dureza total	251,01 mg/l de CO ₃ Ca
Dureza permanente	51,29 mg/l de CO ₃ Ca
Alcalinidad de bicarbonatos	199,83 mg/l de CO ₃ Ca
Alcalinidad de carbonatos	0,00 mg/l de CO ₃ Ca
Alcalinidad de hidróxidos	0,00 mg/l de CO ₃ Ca
Alcalinidad total	199,83 mg/l de CO ₃ Ca

RELACIONES GEOQUÍMICAS E INDICES DE EQUILIBRIO AGUA-LITOFACIE

$rCl+rSO_4/rHCO_3+rCO_3$	0,16
$rNa+rK/rCa+rMg$	0,02
rNa/rK	12,15
rNa/rCa	0,02
rCa/rMg	21,83
$rCl/rHCO_3$	0,10
rSO_4/rCl	0,64
rMg/rCa	0,05
i.c.b.	0,70
i.d.d.	0,06

Nº Registro: 8294



INFORME DE RESULTADO DE ENSAYO Nº 00009308

Solicitado por:	EPTISA SERVICIOS DE INGENIERIA, S.A. ARAPILES, 14 28015 MADRID ()	
Denominación de la muestra:	LA MOLINA DE UBIERNA ("QUIÑONES") PROYECTO SONDEOS CHEBRO 2ª F. REFERENCIA EP063119	

Matriz: **Agua continental** Nº de muestra: 00008868
 Tipo de muestra: **Puntual**
 Tomada por: **El cliente**
 Fecha muestreo: **16/10/2007** Fecha recepción: **13/11/2007** Inicio análisis: **13/11/2007** Fin análisis: **20/11/2007**

DETERMINACION	RESULTADO	METODOLOGIA
AMONIO	< 0,04 mg/l	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-AMON)
*ANHIDRIDO SILÍCICO	4,98 mg/l	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-SILI)
*BICARBONATOS	253,44 mg/l	Acidimetría, con anaranjado de metilo (PIE-ALCA)
*BORO	0,05 mg/l	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-BORO)
*CALCIO	100,12 mg/l	Complexometría (PIE-CALC)
*CARBONATOS	< 5 mg/l	Acidimetría, con fenoltaleína (PIE-ALCA)
*CLORUROS	10,84 mg/l	Método Argentométrico de Mohr (PIE-CLOR)
CONDUCTIVIDAD 20 °C	399 µS/cm	Electrometría (PIE-COND)
FOSFATOS	0,19 mg P-PO4 ³⁻ /l	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-FOSF)
*HIDROXIDOS	0,00 mg/l	Volumetría (PIE-ALCA)
*HIERRO	< 0,05 mg/l	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-FeAA)
*MAGNESIO	2,19 mg/l	Complexometría (PIE-DURE)
*MANGANESO	< 0,02 mg/l	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-MnAA)
*NITRATOS	20,60 mg/l	Espectrofotometría de absorción (PIE-NITA)
*NITRITOS	< 0,04 mg/l	Espectrofotometría de absorción (PIE-NITI)
pH	7,34 ud. de pH	Electrometría (PIE-PH)
*POTASIO	0,30 mg/l	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
*SODIO	2,39 mg/l	Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
*SULFATOS	10,80 mg/l	Espectrofotometría de absorción (PIE-SULF)

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

21 de noviembre de 2007

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

ANEJO 6
FICHA IPA Y FICHA MMA

Fecha muestreo	Nivel (m)	Caudal (l/s)	Altura de Escala (m)	Cota (m)	Medida PiezoHidro.	Tipo de Medida	Fuente Información	Referencia de medida	Altura de medida
20-11-2003	13.27			854.73	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (099)	BROCAL	0
Observaciones									
21-12-2004	15.6			852.4	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (099)	BROCAL	0
Observaciones									
1 ^a 11-2004	13.58			852.42	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (099)	BROCAL	0
Observaciones Primera medida tras la perforación. Escalfado puesto todavía									
10-11-2004	15.79			852.21	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CHE (099)	BROCAL	0
Observaciones Medida antes de retirar									

OTRAS FOTOS



LaMolinaFin (10/11/2004)



LaMolinaFin2 (10/11/2004)



190970008 (15/12/2004)

FICHA DE PIEZÓMETRO

TOPONIMIA		LA MOLINA DE UBIERNA MMA. QUIÑONES			CÓDIGO IDENTIFICACIÓN		09.124.01	
CÓDIGO IPA		190970008	N° MTN 1:50.000	1909	MUNICIPIO MERINDAD DE RIO UBIERNA (BURGOS)			
CUENCA HIDROGRÁFICA		EBRO						
MASA AGUA SUBTERRÁNEA		024 BUREBA						
U. HIDROGEOLOGÍCA		124 La Bureba (Dominio 1 Pirenaico Vasco-Cantabrico)						
ACUÍFERO(S)		024-03 Cretácico Superior						
COORDENADAS UTM HUSO 30	X	448559	DATOS OBTENIDOS DE:		GIS-Oleicola	REFERENCIA DE LAS MEDIDAS		BROCAL
	Y	4706700						
COTA DEL SUELO msnm	Z	898	DATOS OBTENIDOS DE:		1:25000	ALTURA SOBRE EL SUELO m		0
POLÍGONO					PARCELA			
TITULARIDAD DEL TERRENO		Ayuntamiento de Merindad de Rio Ubierna						
PERSONA DE CONTACTO								
ACCESO								

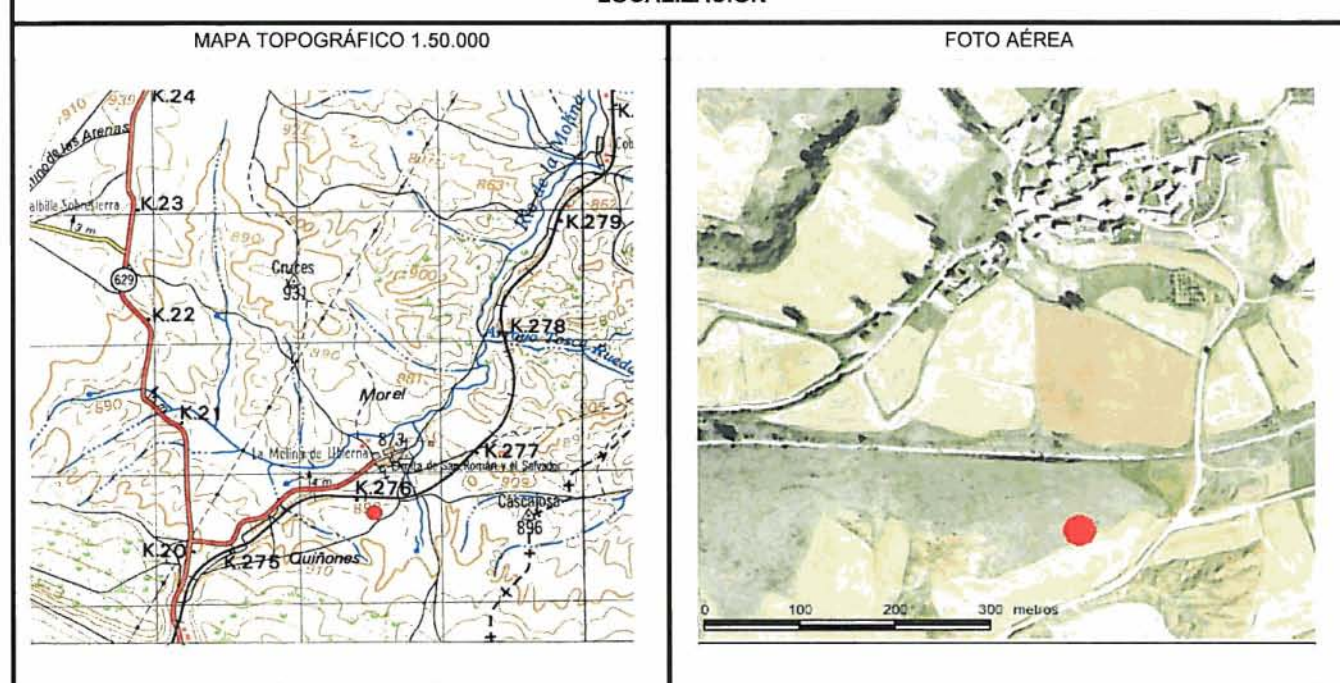
CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y DE USO

USO		PROFUNDIDAD DEL SONDEO						130			EMPAQUE		No	
PERFORACIÓN (m)			ENTUBACIÓN (m)				FILTROS (m)			CEMENTACION				
DESDE	HASTA	Ø(mm)	DESDE	HASTA	Ø(mm)	NATURAL.	DESDE	HASTA	NATURALEZA	DESDE	HASTA			
0	6	380	0	6	300	Metálica	40	46	Puentecillo	0	2			
6	130	220	0	40	180	Metálica	52	58	Puentecillo	4	6			
			46	52	180	Metálica	64	70	Puentecillo					
			58	64	180	Metálica								
			70	130	180	Metálica								

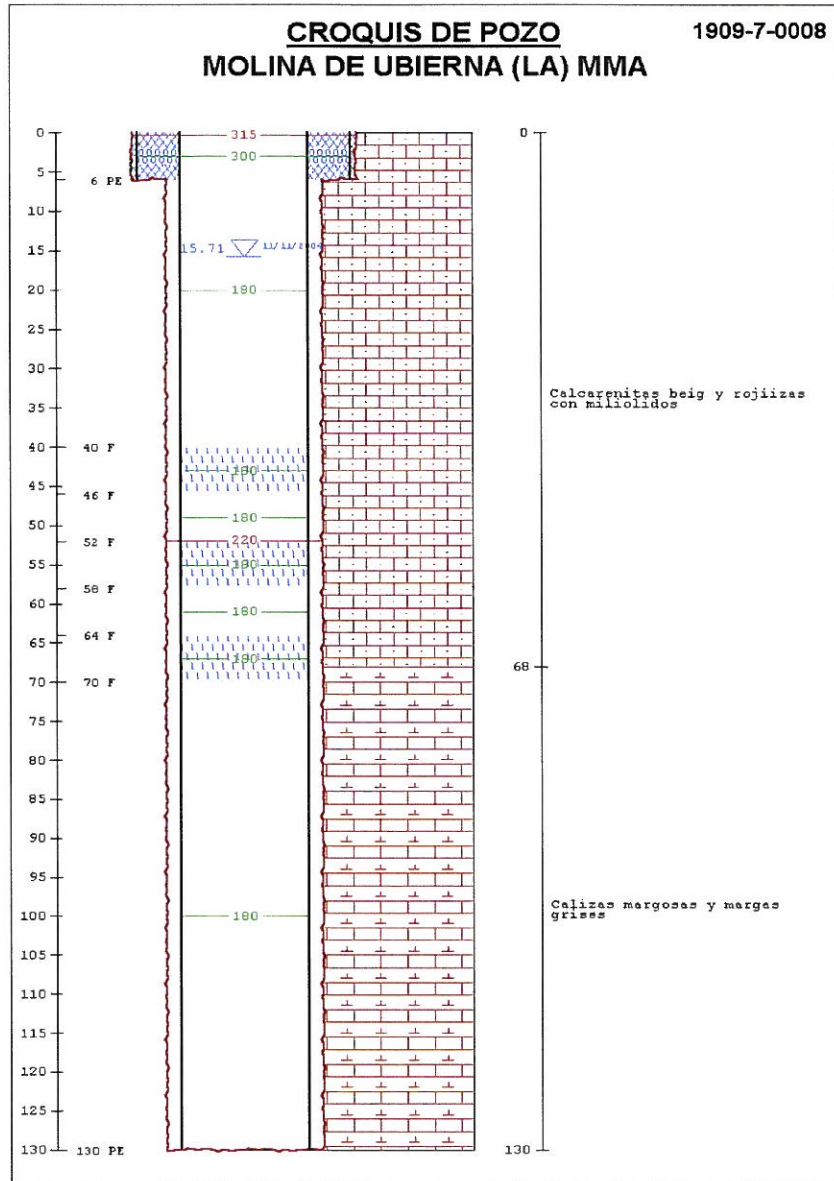
HISTORIA

PERTENECE A REDES HISTÓRICAS	No	PERIODO DE MEDIDAS	10/11/2004
ORGANISMO	CHE (OPH)		

LOCALIZACIÓN



CROQUIS DEL SONDEO Y DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA SUCINTA



FOTOGRAFÍAS DEL EMPLAZAMIENTO : ENTORNO Y DETALLE



FICHA DE PIEZÓMETRO

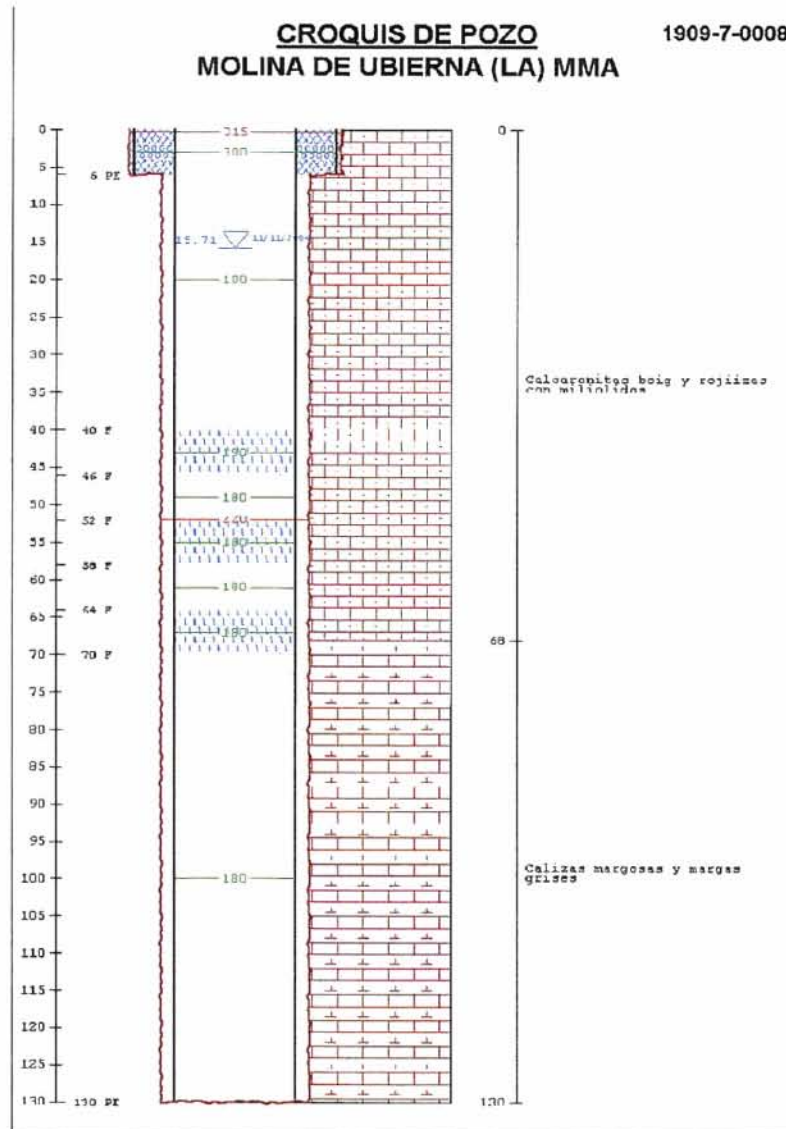
TOPONIMIA		LA MOLINA DE UBIERNA MMA. QUIÑONES		CÓDIGO IDENTIFICACIÓN		09.124.01	
CÓDIGO IPA		190970008	Nº MTN 1:50.000	1909	MUNICIPIO MERINDAD DE RIO UBIERNA (BURGOS)		
CUENCA HIDROGRÁFICA		EBRO					
MASA AGUA SUBTERRÁNEA		024 BUREBA					
U. HIDROGEOLÓGICA		124 La Bureba (Dominio 1 Pirenaico Vasco-Cantabrico)					
ACUÍFERO(S)		024-03 Cretácico Superior					
COORDENADAS UTM HUSO 30	X	448559	DATOS OBTENIDOS DE:	GIS-Oleicola	REFERENCIA DE LAS MEDIDAS	BROCAL	
	Y	4706700					
COTA DEL SUELO msnm	Z	898	DATOS OBTENIDOS DE:	1:25000	ALTURA SOBRE EL SUELO m	0	
POLÍGONO				PARCELA			
TITULARIDAD DEL TERRENO		Ayuntamiento de Merindad de Río Ubierna					
PERSONA DE CONTACTO							
ACCESO							

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y DE USO													
USO		PROFUNDIDAD DEL SONDEO						130		EMPAQUE		No	
PERFORACIÓN (m)			ENTUBACIÓN (m)				FILTROS (m)			CEMENTACION			
DESDE	HASTA	Ø(mm)	DESDE	HASTA	Ø(mm)	NATURAL.	DESDE	HASTA	NATURALEZA	DESDE	HASTA		
0	6	380	0	6	300	Metálica	40	46	Puentecillo	0	2		
6	130	220	0	40	180	Metálica	52	58	Puentecillo	4	6		
			46	52	180	Metálica	64	70	Puentecillo				
			58	64	180	Metálica							
			70	130	180	Metálica							

HISTORIA			
PERTENECE A REDES HISTÓRICAS	No	PERIODO DE MEDIDAS	10/11/2004
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

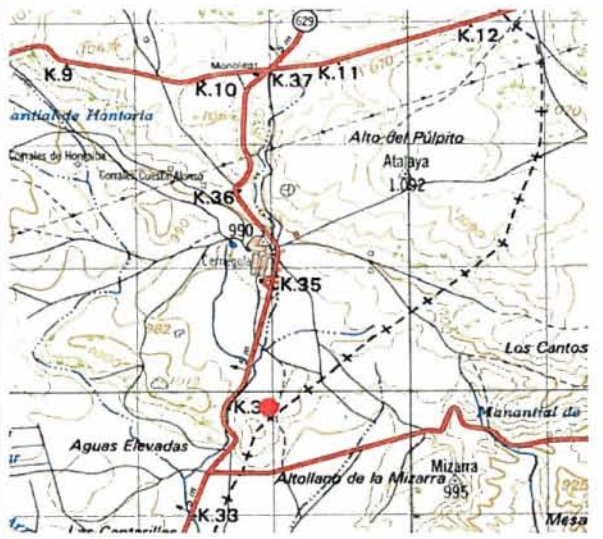



FICHA DE PIEZÓMETRO

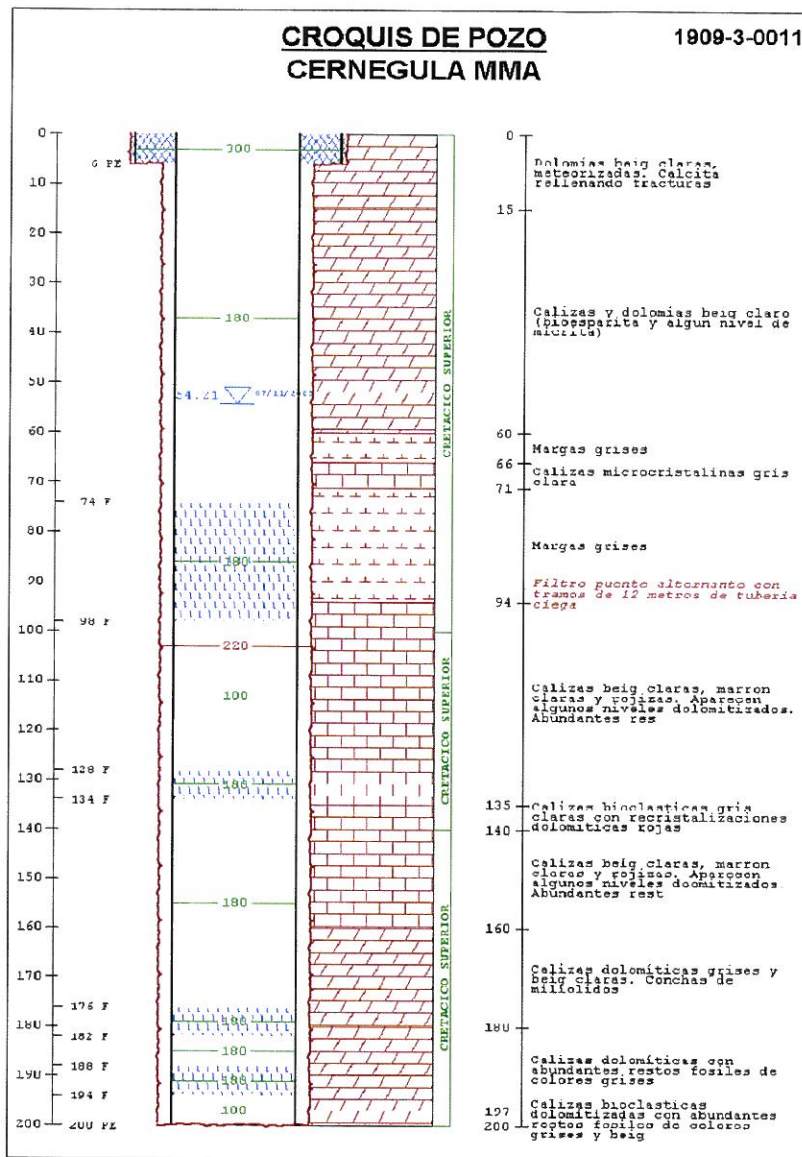
TOPONIMIA		CERNEGULA MMA. LOS CASARES			CÓDIGO IDENTIFICACIÓN		09.102.03	
CÓDIGO IPA		190930011	Nº MTN 1:50.000	1909	MUNICIPIO MERINDAD DE RIO UBIERNA (BURGOS)			
CUENCA HIDROGRÁFICA		EBRO						
MASA AGUA SUBTERRÁNEA		002 PÁRAMO DE SEDANO Y LORA						
U. HIDROGEOLÓGICA		102 Sedano - La Lora (Dominio 1 Pirenaico Vasco-Cantabrico)						
ACUÍFERO(S)		02-03 Cretácico Superior						
COORDENADAS UTM HUSO 30	X	449020	DATOS OBTENIDOS DE:		GIS-Oleicola	REFERENCIA DE LAS MEDIDAS		BROCAL
	Y	4719849						
COTA DEL SUELO msnm	Z	998	DATOS OBTENIDOS DE:		1:25000	ALTURA SOBRE EL SUELO m		0
POLÍGONO		513	PARCELA		5073			
TITULARIDAD DEL TERRENO		Ayuntamiento de Merindad de Río Ubierna						
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	6	315	0	6	300	Metálica	74	80	Puentecillo	0	2		
6	200	220	0	74	180	Metálica	92	98	Puentecillo	4	6		
			80	92	180	Metálica	128	134	Puentecillo				
			98	128	180	Metálica	176	182	Puentecillo				
			134	176	180	Metálica	188	194	Puentecillo				
			182	188	180	Metálica							
			194	200	180	Metálica							

HISTORIA			
PERTENECE A REDES HISTÓRICAS	No	PERIODO DE MEDIDAS	09/11/2004
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

